

**JAHRESBERICHT**  
**2013 | 14**

Das Titelbild zeigt *Giant Unilamellar Vesicles* in unterschiedlichen Größen in einer mit Trypanblau gefärbten Lösung. Bei diesen Liposomen handelt es sich um mikroskopisch kleine, mit Puffer gefüllte Lipidbläschen. Wissenschaftler am Fraunhofer IGB bauen in die Liposomen Transmembranproteine wie die ATP-Synthase ein, um deren katalytische Funktionen unter verschiedenen Umgebungsbedingungen zu studieren.

**JAHRESBERICHT**  
**2013 | 14**

# 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 CBP in Netzwerken
- 19 Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen

### HIGHLIGHTS 2013

- 22 Jubiläumjahr am IGB
- 25 Projekte und Projektgruppen
- 28 Forschungsstrategie »Bioökonomie«
- 30 Fraunhofer-Leitprojekte
- 33 Fraunhofer IGB international
- 38 Berufungen und Preise
- 40 Nachwuchsförderung und Ausstellungen
- 43 Nachhaltige Entwicklung im Dialog

### KOMPETENZEN

- 47 Die Fraunhofer-Gesellschaft
- 48 Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft
- 50 Molekulare Biotechnologie
- 52 Physikalische Prozesstechnik
- 54 Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik
- 56 Zellsysteme
- 58 Fraunhofer CBP
- 60 Projektgruppe BioCat
- 62 Projektgruppe Onkologie
- 64 Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

## AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERGEBNISSE

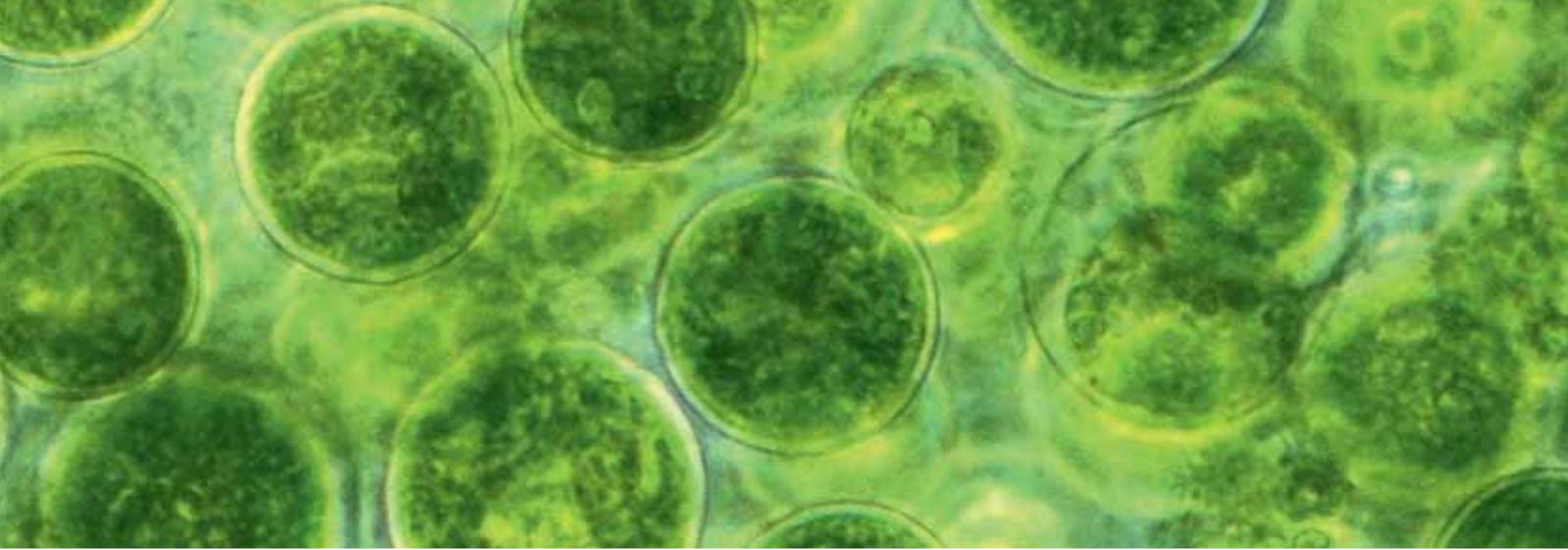
# 2013 →

## 66 MEDIZIN

- 68 In-vitro-Testsysteme zur Evaluierung neuartiger Knochenimplantate
- 70 Einsatz der Raman-Spektroskopie in Medizintechnik und regenerativer Medizin
- 72 Funktionelle Genomanalysen mittels Next-Generation Sequencing
- 74 Strategien für das Herzklappen-Tissue-Engineering und die kardiovaskuläre regenerative Medizin
- 76 Elektronen-Spin-Resonanz (ESR) zur Messung von Radikalen in bestrahlten Lebensmitteln und Medizinprodukten
- 78 Druckbare 3D-Matrices zur Herstellung von künstlichem Knorpel
- 80 FYI-Chip – Nachweis humanpathogener Hefe- und Schimmelpilze im Lab-on-a-Chip

## 82 PHARMAZIE

- 84 In-vitro-Modell für das humane Plattenepithelkarzinom
- 86 Auf der Suche nach neuen Immunmodulatoren
- 88 Entwicklung eines kombinierten In-vitro-/In-silico-Lungentumormodells für die personalisierte Therapie
- 90 Cornea-Testsystem basierend auf einem Organmodell



## 92 CHEMIE

- 94 Laserdruck-Polymerpartikel für Biomaterialanwendungen
- 96 Neue chemische Bausteine aus terpenoiden Abfallströmen
- 98 Lignosezellulose-Bioraffinerie – Erfolgreiche Umsetzung in den Pilotmaßstab
- 100 Schnelltestverfahren zur Materialcharakterisierung – Plasmabewitterung von Oberflächen
- 102 BioConSepT – Von der Pflanze zum Kunststoff
- 104 Neue Enzyme für die Modifizierung von Lignin
- 106 Herstellung biozertifizierter Kosmetika aus nachwachsenden Rohstoffen

## 108 UMWELT

- 110 Wassergewinnung aus Luftfeuchtigkeit mit einem neuartigen Sorptionsverfahren
- 112 Nachhaltige Produktion von Düngemitteln und Bodenverbesserern durch Schließung von Stoffkreisläufen
- 114 Morgenstadt – Wasser in der Stadt der Zukunft
- 116 Gefahrstoffdetektion durch Kombination physikalischer und biologischer Sensorik

## 118 ENERGIE

- 120 Energieumwandlung durch Osmose
- 122 Biogasproduktion aus Nebenprodukten der Verwertung von Krabbenschalen
- 124 Enzymtechnische Herstellung von Methanol und Ameisensäure aus Formaldehyd

## ANHANG

- 127 Patenterteilungen
- 128 Messen, Kongresse, Veranstaltungen
- 129 Messen und Veranstaltungen, Vorschau 2014
- 130 Mitarbeit in Fachverbänden und Gremien, Gutachtertätigkeiten
- 133 Wissenschaftliche Kooperationen
- 136 Lehrtätigkeiten
- 140 Hochschularbeiten
- 143 Veröffentlichungen
- 160 Informationsservice
- 161 Impressum

# »60 JAHRE FRAUNHOFER IGB – 60 JAHRE FORSCHUNG AN GRENZFLÄCHEN – 60 JAHRE INNOVATIONEN FÜR WISSEN- SCHAFT, WIRTSCHAFT UND GESELLSCHAFT«

Im vergangenen Jahr wurde das Fraunhofer IGB 60 und wie bei seiner Gründung im Jahr 1953 trägt das Institut auch heute noch die Grenzflächen im Namen und die Forschung an Grenzflächenphänomenen macht einen großen Teil der Forschung des IGB aus. An Grenzflächen, die zwei Phasen oder Stoffe voneinander trennen, ändern sich die Eigenschaften sprunghaft oder, anders ausgedrückt, sie sind der Ort, an dem das Neue geschieht, wo heute – insbesondere durch das Zusammenwirken verschiedener Disziplinen – Innovationen entstehen.

60 Jahre bedeuten auch 60 Jahre Innovationen und Beiträge für die nachhaltige Entwicklung von Wissenschaft, 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 Grenzflächen von Stoffen, aber auch Disziplinen entscheidend mitbestimmt hat. Heute bedient das Institut mit seinen Kernkompetenzen in den Bereichen Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft, Physikalische Prozesstechnik, Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik, Molekulare Biotechnologie und Zellsysteme die fünf Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie.

Durch die Mitgliedschaft in den Fraunhofer-Verbänden Life Sciences und MATERIALS sowie acht Fraunhofer-Allianzen ist das IGB in der Fraunhofer-Gesellschaft bestens verankert. Darüber hinaus profitiert das Institut durch die enge Verbindung mit den Universitäten Stuttgart, Tübingen, Hohenheim, Würzburg, München und Halle-Wittenberg von den Impulsen der Grundlagenforschung bei der Überführung von Ergebnissen aus der Forschung in die industrielle Umsetzung.

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 sind die großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Prozesse und Produkte durch Industrie und Forschung zunehmend an Bedeutung. Die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen und die Entwicklung effizienter Wertschöpfungsketten, Verfahren und Produkte sind zentrale Forschungsschwerpunkte einer Bioökonomie, die wir mit unseren Arbeiten zur nachhaltigen stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Baden-Württemberg, Deutschland und Europa entscheidend voranbringen wollen. Im vergangenen Jahr haben wir zusammen mit den Universitäten des Landes Baden-Württemberg als Abschluss der Arbeit des Strategiekreises Bioökonomie Wissenschaftsministerin Theresia Bauer im Juli den Bericht »Bioökonomie im System aufstellen« übergeben, der die Basis für die Forschungsstrategie Bioökonomie des Landes Baden-Württemberg darstellte.

Neben den organischen Rohstoffen befasst sich das IGB auch intensiv mit der Entwicklung von Technologien zur Gewinnung von Seltenen Erden Elementen aus Primärroh- und Reststoffen. Im Vordergrund stehen dabei Verfahren zum chemischen und biologischen Laugen sowie zur selektiven Abtrennung mit elektrochemischen und membranbasierten Prozessen. Das IGB ist deshalb auch einer der Partner des Fraunhofer-Leitprojekts »Seltene Erden«.

Weiterhin ist die Entwicklung ressourcen- und energieeffizienter Prozesse ein zentraler Schwerpunkt der Forschungsarbeiten am Fraunhofer IGB. Im Rahmen des vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg und von der Industrie finanzierten Industrie-on-Campus-Projekts »Rohstoff- und Energieeffizienz durch verfahrenstechnische Innovationen« und des Fraunhofer-Leitprojekts »E<sup>3</sup>-Produktion« wird zusammen mit Partnern aus der Industrie und Wissenschaft an der Verbesserung verfahrenstechnischer Prozessketten gearbeitet. Damit leistet das Institut auch einen entscheidenden Beitrag zur Landesstrategie »Ressourceneffizienz«.



Im Bereich Grenzflächen haben wir im vergangenen Jahr durch die Integration des IPF in das IGVT und die Umbenennung in das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP unsere Basis im Bereich der Grundlagenforschung wesentlich erweitert. Mit den Bereichen Plasmadynamik und -diagnostik, Mikrowellentechnologie und Plasmatechnologie wurden die plasmaphysikalischen Grundlagen komplettiert. Zusammen mit dem IGB bildet das IGVP nun ein Kompetenzzentrum im Bereich Plasmatechnologie am Standort Stuttgart mit einer starken internationalen Sichtbarkeit.

Auch bei der Entwicklung neuer biokompatibler Materialien und Materialoberflächen konnten wir im vergangenen Jahr einen großen Erfolg verzeichnen. Zusammen mit Instituten der Universität Stuttgart aus den Bereichen Biologie und Chemie erhielten wir für das Projekthaus »NanoBioMater« eine Förderung durch die Carl-Zeiss-Stiftung. Biologen, Chemiker, Materialwissenschaftler und Ingenieure entwickeln hier zukünftig unter einem Dach intelligente biokompatible Funktionsmaterialien für die Medizintechnik, Diagnostik und Umweltanalytik.

Neben dem verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien werden für eine zukünftige Energieversorgung insbesondere neue Speichersysteme benötigt. An den Standorten Stuttgart und Straubing befassen wir uns deshalb intensiv mit der Entwicklung und Erprobung von thermischen und chemischen Energiespeichern sowie deren Integration in das Energiesystem. Der Spatenstich für das Erweiterungsgebäude der Projektgruppe »Katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung BioCat« und die Übergabe des Förderbescheids für das Centrum für Energiespeicherung, das in den kommenden Jahren gemeinsam mit dem Fraunhofer UMSICHT an den Standorten Straubing und Sulzbach-Rosenberg aufgebaut wird, waren hier wesentliche Highlights. Im Rahmen seiner Forschungsarbeiten wird sich die Fraunhofer-Projektgruppe BioCat im Bereich »Chemische Energiespeicher« intensiv mit der Katalyse zur Herstellung chemischer Energiespeicher und den Prozessen zur Chemiespeicherung befassen.

Neben der Neuausrichtung unserer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sind wir auch stets um die solide und stabile Finanzierung des Institutshaushalts und eine nachhaltige Personalentwicklung des Instituts bemüht, um die zukünftigen Herausforderungen zu bewältigen. Zahlreiche neue Kunden in Industrie, weitere öffentliche Geldgeber und Stiftungen konnten wir auch im vergangenen Jahr als Auftraggeber für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gewinnen.

Die zukünftige Arbeit wird wesentlich geprägt sein durch die im Rahmen unseres Strategie- und Leitbildprozesses entwickelte Vision »Gemeinsam immer besser« und Mission »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, Gesellschaft und Umwelt bei«.

Mit dem Jahresbericht 2013 wollen wir Ihnen einen Einblick in die Entwicklung und Forschungsprojekte des Instituts geben und anhand einiger Highlights den Beitrag des Instituts zur nachhaltigen Entwicklung von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft darstellen. Ich freue mich, wenn wir mit diesem Jahresbericht Ihr Interesse an unseren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten geweckt haben und Sie zukünftig eng mit uns zusammenarbeiten würden. Mit Ihnen wollen wir die Zukunft der Region, Deutschlands und Europas durch Innovationen nachhaltig gestalten und Ihnen Märkte für die Zukunft eröffnen. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude beim Lesen des neuen Jahresberichts und freue mich auf Ihre Anregungen und eine erfolgreiche Zusammenarbeit.

Ihr  
Thomas Hirth

# PROFIL

---

## KURZPROFIL

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

---

### Anwendungsorientiert und interdisziplinär

---

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

Der Erfolg neuer Verfahren und Produkte erfordert mehr denn je das interdisziplinäre Zusammenspiel von Naturwissenschaften und Verfahrenstechnik. Um die 380 Wissenschaftler und Techniker aus Chemie, Physik, Biologie und den Ingenieurwissenschaften arbeiten am Fraunhofer IGB, unseren Projektgruppen und unserem Partnerinstitut IGVP an der Universität Stuttgart erfolgreich zusammen. Diese konstruktive Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen eröffnet in Bereichen wie Medizintechnik, Nanotechnologie, industrieller Biotechnologie oder Umwelttechnologie neue Ansätze und innovative Lösungen.

---

### Kernkompetenzen

---

#### Abteilungen

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

#### Projektgruppen

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

---

### Leitbild: Mission und Vision

---

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

**GEMEINSAM IMMER BESSER.**

---

# KURATORIUM DES FRAUNHOFER IGB

Die Kuratorien der 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. med. Susanne Arbogast**

Roche Diagnostics GmbH

### **Dr. Gerd Eßwein**

Freudenberg New Technologies SE & Co. KG

### **Ltd. Ministerialrätin Dr.**

#### **Renate Fischer**

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

### **Dr. Hans-Jürgen Froese**

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

### **Prof. Dr. Matthias Frosch**

Medizinische Fakultät, Universität Würzburg

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

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

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

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

### **Prof. Dr. Dieter Jahn**

(Vorsitzender bis 17.04.2013)

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

Gambro Dialysatoren GmbH

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

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### **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**

(Vorsitzender ab 18.04.2013)

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-, Technikums- und Pilotmaßstab. So zählen Beratung, Patentrecherchen und Machbarkeitsstudien ebenso zu unserem Angebot wie Analyse- und Prüfleistungen oder der Bau und Testbetrieb von Pilotanlagen. 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 Labors mit einer hervorragenden Ausstattung. Ein neues Technikumsgebäude wird Mitte 2015 bezugsfertig. Unser zentrales Chemikalien- und Schadstofflager wird vom gesamten Stuttgarter Fraunhofer-Institutszentrum genutzt.

### Analytik: Qualitätsmanagement und Akkreditierung

Unser Qualitätssicherungssystem sorgt dafür, dass die Anforderungen in den Referenzlaboratorien des Fraunhofer IGB den gesetzlichen Vorschriften und der Norm DIN EN ISO/IEC 17025 entsprechen. Die Akkreditierung unserer Analytik garantiert, dass auch eigene, am Fraunhofer IGB entwickelte Methoden (Hausverfahren) im erforderlichen Umfang validiert werden und die Qualität unserer Prüfungen auch dann gewährleistet ist, wenn keine genormten Methoden zur Verfügung stehen.

Folgende Prüfarten/Prüfverfahren sind nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert:

- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)
- Ionenchromatographie (IC)
- Gelpermeationschromatographie (GPC)
- Gaschromatographie (GC, GC/MS)
- Atomemissionsspektrometrie (ICP-OES)
- Elektronenspektroskopie zur chemischen Analyse (ESCA/XPS)
- In-vitro Prüfung der Zytotoxizität von Medizinprodukten
- Stofftransport über 2D-Darmtestsystem (Transport-Assay mit Zelllinienmodell)

### Akkreditierte Prüfung der Biokompatibilität und Bioverfügbarkeit

Die Prüfung der Zytotoxizität von Medizinprodukten erfolgt nach DIN ISO 10993-5 mit Zelllinien und mit unserem 3D-Hautmodell (Hausverfahren). Auch unser zweidimensionales Darmtestsystem (Caco-2) wurde in den akkreditierten Prüfbericht aufgenommen und ermöglicht als Hausverfahren die Untersuchung des Transportverhaltens von Substanzen über die intestinale Barriere.



---

### **GMP-Einheit zur Herstellung klinischer Prüfware**

---

Um Medizinprodukte herstellen oder Zell- und Tissue-Engineering-Produkte als Gewebeersatz in die Klinik überführen zu können, entwickeln wir entsprechende Prozesse nach Richtlinien der Guten Herstellungspraxis (Good Manufacturing Practice, GMP) in unserer 215 m<sup>2</sup> umfassenden GMP-Einheit am Standort Stuttgart – auch im Auftrag industrieller Partner. Herstellungserlaubnisse für Kollagen und Knorpel wurden bereits erteilt.

---

### **Gute Laborpraxis – GLP-Prüfeinrichtung**

---

In unserer GLP-Prüfeinrichtung nach Prüfkategorie 9 (»Zellbasierte Testsysteme zur Bestimmung biologischer Parameter«) untersuchen wir unterschiedliche biologische Parameter von Proben/Substanzen nach der Guten Laborpraxis mithilfe zellbasierter Testsysteme. Beispiele sind Bioaktivitätsprüfungen, Immunogenitätsprüfungen, das Screening von TLR-Agonisten/Antagonisten oder antimikrobiellen Substanzen sowie der Nachweis pyrogener und mikrobieller Rückstände.

---

### **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

#### **Mikrobiologische Bewertung**

Prüfung der antimikrobiellen Wirkung von Oberflächen, einschließlich photokatalytischer Eigenschaften

#### **Biochemische und molekularbiologische Analytik**

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

#### **Zellbiologische Analytik**

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

#### **Prüfung von Zell-Material-Wechselwirkungen**

Untersuchung der Zytotoxizität/Biokompatibilität von Medizinprodukten und der Bioverfügbarkeit von Arzneimitteln, Bewertung und Prüfung von Chemikalien (REACH) und Nanomaterialien

---

#### **Weitere Informationen zu**

#### **Infrastruktur und Analytik**

**am IGB finden Sie unter:**

[www.igb.fraunhofer.de/analytik](http://www.igb.fraunhofer.de/analytik)

---

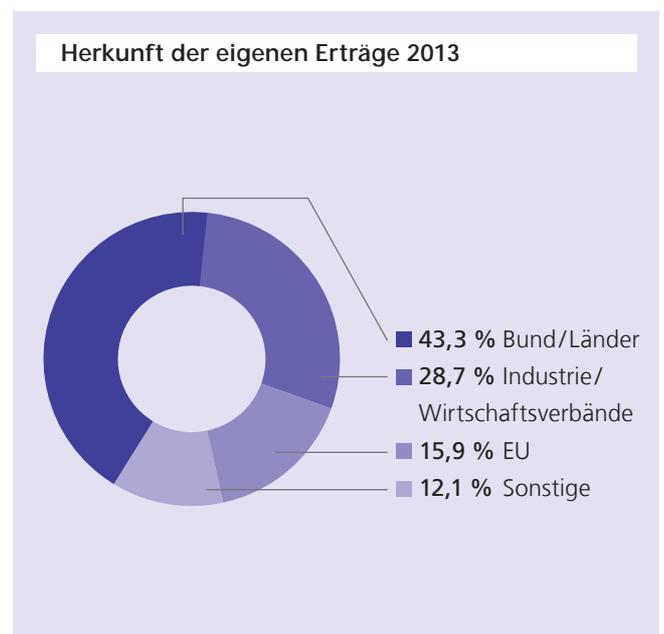
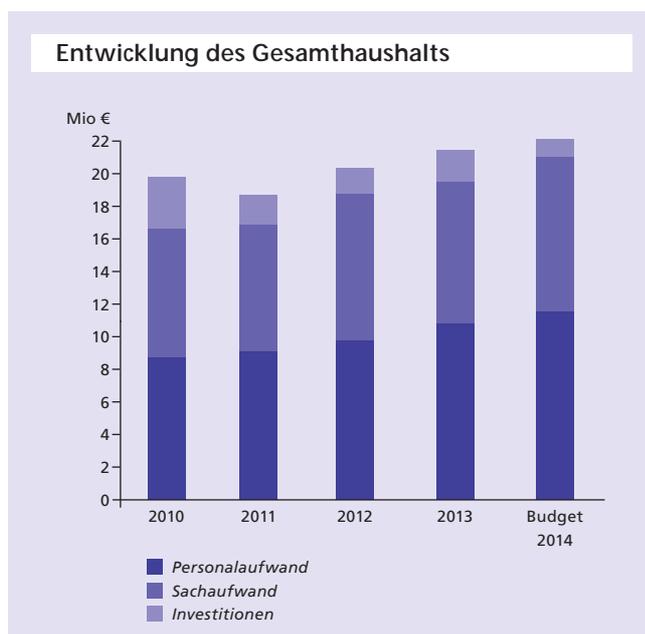


## DAS INSTITUT IN ZAHLEN

### Haushalt

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr ein Volumen von 21,4 Mio €. Auf den Betriebshaushalt entfielen 19,5 Mio €, davon 10,8 Mio € auf den Personalaufwand und 8,7 Mio € auf den Sachaufwand. Investitionen wurden in Höhe von 1,9 Mio € getätigt.

75 Prozent des Betriebshaushaltes waren eigene Erträge. 29 Prozent der Eigenerträge stammen aus Projekten, die unmittelbar für industrielle Auftraggeber abgewickelt wurden.



## Personal

Am 31. Dezember 2013 waren am Fraunhofer IGB 315 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon über 90 Prozent im wissenschaftlichen und technischen Bereich. Der Frauenanteil betrug 56 Prozent. Bei der Projektgruppe am Fraunhofer CBP in Leuna waren zum Jahresende 29 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig (Frauenanteil 45 Prozent).

82 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Doktorandinnen und Doktoranden, zudem technisches Personal und studentische Hilfskräfte, zählte das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP der Universität Stuttgart zum 31. Dezember 2013. Der Frauenanteil am IGVP betrug 35 Prozent.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IGB und IGVP arbeiten eng vernetzt. Bemerkenswert ist auch die kulturelle Vielfalt beider Institute: 49 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kommen aus 27 verschiedenen Nationen außerhalb Deutschlands.

Entwicklung der Mitarbeiterzahlen



\* Das IGVP entstand im Januar 2013 mit Integration des Instituts für Plasmaforschung (IPF) in das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT.

Mitarbeiterzahl zum 31.12.2013	Fraunhofer IGB	Fraunhofer CBP	IGVP
Wissenschaftler	82	8	17
Technisches Personal	73	13	14
Doktoranden	4	–	43
Verwaltungsmitarbeiter/Sekretariate	35	2	3
Auszubildende	10	–	1
Stipendiaten	3	–	–
Studienarbeiter/Diplomanden/Praktikanten	24	1	(19)*
Studentische/wissenschaftliche Hilfskräfte	84	5	4
<b>Gesamt</b>	<b>315</b>	<b>29</b>	<b>82</b>

\* Abschlussarbeiten.

# 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



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



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



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



**Controlling**  
 Dipl.-Kfm. Michael Bangert  
 Telefon +49 711 970-4019  
 michael.bangert@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
- Physikalisch-chemische Wassertechnologien
- Nährstoffmanagement
- Aseptische Technologien
- Prototypenentwicklung



**Business Development**  
Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg MBA  
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



**European Business Development**  
Dipl.-Oec. Tanja Gaudig  
Telefon +49 711 970-4096  
tanja.gaudig@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



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

## UMWELTBIOTECHNOLOGIE UND BIOVERFAHRENSTECHNIK



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



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



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

- Algentechnik
- Bioprozesstechnik
- Bioenergie
- Integriertes Wassermanagement

## ZELLSYSTEME



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



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

- Biomaterialien und In-vitro-Testsysteme
- Kardiovaskuläres Tissue Engineering, Bioimaging und Bioreaktoren
- GMP-Herstellung von zellbasierten Produkten

## 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@igb.fraunhofer.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 eine 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 Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP an der Universität Stuttgart (Seiten 64 und 65) ist dem Fraunhofer IGB über den Lehrstuhl von Professor Hirth besonders eng verbunden.

- **Priv.-Doz. Dr. Susanne Bailer**  
Lehrbefugnis in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart
- **Dr. Kirsten Borchers**  
Lehrauftrag der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart
- **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
- **Prof. Dr. Petra Kluger**  
Professur für Tissue Engineering an der Hochschule Reutlingen, Fakultät Angewandte Chemie; 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 Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart
- **Prof. Dr. Katja Schenke-Layland**  
Professorin für Biomaterialien in der Kardiovaskulären Regenerativen Medizin, Universitäts-Frauenklinik, Eberhard Karls Universität Tübingen; Adjunct Associate Professorin an der Medizinischen Fakultät, Abteilung Kardiologie, University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, Kalifornien, USA
- **Dr.-Ing. Ursula Schließmann**  
Lehrtätigkeit in der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Universität Stuttgart



---

■ **Prof. Dr. Volker Sieber**

Professur und Lehrstuhl für Chemie Biogener Rohstoffe,  
Technische Universität München

■ **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 über 20 teilnehmenden Instituten frühzeitig erarbeitet. Das Fraunhofer IGB war an diesem Prozess maßgeblich beteiligt; Sprecher des Netzwerks ist Professor Thomas Hirth. Auf Basis der Projektergebnisse wurde u. a. ein Leitfaden für die Nachhaltigkeitsberichterstattung nach dem international anerkannten Berichtsstandard der Global Reporting Initiative (GRI) innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft erarbeitet. Aufgrund ihrer Vorreiterrolle in der deutschen Forschungslandschaft koordiniert die Fraunhofer-Gesellschaft seit 2013 ein vom BMBF gefördertes Forschungsvorhaben, um einen Ansatz zu entwickeln, der Forschungseinrichtungen als Leitfaden für ein forschungsspezifisches Nachhaltigkeitsmanagement dient.

[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 für Fraunhofer von strategischer Bedeutung. Das Fraunhofer IGB engagiert sich im Netzwerk International Business Development. Gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten findet hier ein Austausch zu konkreten Fragestellungen bei Kooperationen mit internationalen Partnern statt. Auf der Basis von Best-Practice-Beispielen können Kooperationsprojekte noch ressourceneffizienter angebahnt und verfolgt werden.

---

### Fraunhofer-EU-Netzwerk

---

Das EU-Netzwerk bietet allen Fraunhofer-Mitarbeitern eine Plattform für den Informations- und Erfahrungsaustausch zu strategischen Aspekten und zur effektiven Handhabung von Antrags- und Angebotsverfahren sowie der Umsetzung EU-finanzierter Projekte.

---

### 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 CBP IN NETZWERKEN

---

---

### Spitzencluster BioEconomy

---

Der Spitzencluster BioEconomy verbindet die für die Bioökonomie relevanten Forschungs- und Industriebereiche in Mitteldeutschland. Ziel des Clusters ist die nachhaltige Wertschöpfung aus Non-Food-Biomasse wie Holz zur Herstellung von Werkstoffen, Chemieprodukten und Energie. Bei der Skalierung und industriellen Umsetzung der entwickelten Produktionsverfahren übernimmt das Fraunhofer CBP eine zentrale Rolle.

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

---

### Wissenschaftscampus Pflanzenbasierte Bioökonomie Halle (WCH)

---

Der Wissenschaftscampus Halle verfolgt den systematischen und nachhaltigen Aufbau eines disziplinübergreifenden Zentrums für pflanzenbasierte Bioökonomie. Damit liefert der WCH wichtige Grundlagen für zukünftige Anwendungen, wie sie im regional benachbarten Spitzencluster BioEconomy wirtschaftlich umgesetzt werden, sowie interdisziplinär geschulte Fachkräfte für die Wirtschaft. Das Fraunhofer CBP ist assoziiertes Mitglied des WCH.

[www.sciencecampus-halle.de](http://www.sciencecampus-halle.de)

---

### Kompetenzzentrum für Holzverbundwerkstoffe und Holzchemie (Wood k plus)

---

Das Kompetenzzentrum Wood k plus gehört zu den führenden Forschungseinrichtungen auf den Gebieten der Holzverbundwerkstoffe und der Holzchemie. Das Fraunhofer CBP ist Partner im COMET-Programm (Competence Center of Excellent Technologies) und bringt dort seine Kompetenzen in den Bereichen Lignozellulose-Fraktionierung sowie Entwicklung biotechnologischer und chemischer Prozesse ein.

[www.wood-kplus.at](http://www.wood-kplus.at)

---

## 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. Darüber hinaus forschen Fraunhofer-Institute innerhalb von Fraunhofer-Forschungsprogrammen zusammen. Das IGB ist hier an den Übermorgen-Projekten »Molecular Sorting« und »SKIN HEAL« sowie den Leitprojekten »Zellfreie Bioproduktion«, »Seltene Erden« und »E<sup>3</sup>-Produktion« 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. Verbundvorsitzender ist Prof. Dr. Thomas Hirth.

[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 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 bündelt das Angebot der Fraunhofer-Gesellschaft in den Bereichen 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 Wärme und die Projektgruppe BioCat an chemischen Energiespeichern.

*[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 stellvertretender Sprecher 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 der industriellen Reinigung, 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. Die Geschäftsstelle der Allianz befindet sich am Fraunhofer IGB, Geschäftsführer ist Prof. Dr. Dieter Bryniok.

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

---

# HIGHLIGHTS 2013

## JUBILÄUMSJAHR AM IGB

---

### 60 Jahre Forschung an Grenzflächen – 1 + 2 + 3 Festsymposium am Fraunhofer IGB

---

Mit einem Festsymposium feierte das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB am 25. September 2013 sein 60-jähriges Bestehen. 1953 als kleines Forschungslabor für Physik und Chemie der Grenzflächen in Kirchheimbolanden in der Pfalz gegründet, trägt das Institut auch heute noch die Grenzflächen in seinem Namen.

An einer Grenzfläche, der nur wenige Atom- oder Moleküllagen dünnen Übergangsschicht zwischen zwei Phasen oder Stoffen, ändern sich die physikalisch-chemischen Eigenschaften nahezu sprunghaft. So sind Grenzflächen der Ort, an dem das Neue geschieht. Heute werden mit vielfältigen Wechselbeziehungen der Grenzflächenforschung zu anderen Disziplinen am Institut Innovationen realisiert.

»Dank der intensiven Unterstützung der Bundes- und Landesministerien und der Fraunhofer-Gesellschaft konnten wir unsere Forschung konsequent auf die Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Energie und Umwelt ausrichten und wichtige Zukunftsthemen wie Nachhaltigkeit und Bioökonomie im Institut verankern«, beschrieb Prof. Dr. Thomas Hirth in seiner Begrüßung zum Festsymposium »60 Jahre Forschung an Grenzflächen« seine strategischen Schwerpunkte am IGB.

Fraunhofer-Präsident Prof. Dr. Reimund Neugebauer freute sich in seinem Grußwort, dass er gemeinsam mit seinem Kollegen Hirth vor knapp einem Jahr bei der Einweihung des Fraunhofer CBP in Leuna Bundeskanzlerin Angela Merkel begrüßen konnte. Der Rektor der Universität Stuttgart, Prof. Dr. Wolfram Ressel, bedankte sich für die vertrauensvolle und für

beide Seiten fruchtbare Zusammenarbeit mit dem IGB und seinem Partnerinstitut an der Universität, welches in Personalunion von Prof. Dr. Thomas Hirth geleitet wird. Vertreter des Bundes und des Landes Baden-Württemberg, darunter Minister Dr. Fritz Holzwarth vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), MD Rolf Schumacher vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg und Swantje Nilsson vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) würdigten in ihren Grußworten die Entwicklung des IGB zu einer innovativen Forschungseinrichtung, die, geprägt durch die jeweiligen Institutsleiter, die Forschung an Grenzflächenphänomenen entscheidend mitbestimmt habe. Sie betonten, dass es Hirth gelungen sei, mit den Themen Bioökonomie und Nachhaltigkeit den Weg in Richtung einer biobasierten und nachhaltigen Wirtschaft in Baden-Württemberg, Deutschland und Europa mitzugestalten.

Die heutigen Kompetenzbereiche des IGB veranschaulichten Prof. Dr. Wolfgang Peukert von der Universität Erlangen und Prof. Dr. Christoph Syldatk vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Festvorträgen zur Grenzflächenverfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik. Einen weiteren Höhepunkt bildeten die Kurzvorträge von fünf IGB-Nachwuchswissenschaftlern nach dem Muster eines Elevator Pitches. Philipp Grimmer, Lea König, Florian Groeber, Matthias Stier und Silke Grumaz präsentierten Ideen und Forschungsansätze aus dem Umfeld ihrer Forschungsschwerpunkte und brachten so aktuelle Themen am Institut auf den Punkt: Einen innovativen Ansatz für einen eisfreien Straßenbelag, die sortenreine Auftrennung von



1



2

Seltenen-Erden-Metallen, die automatisierte Herstellung von Hautmodellen in der »Hautfabrik«, die katalytische Umwandlung von Methan und Kohlenstoffdioxid (Biogas) zu Methanol sowie die Aufklärung von Proteinwechselwirkungen mit synthetischen Proteinen. Dr. Johannes Strümpfel, Von Ardenne GmbH, und Dr. Markus Wolperdinger, Linde Engineering Dresden GmbH und seit Anfang 2013 Kuratoriumsvorsitzender des Fraunhofer IGB, rundeten das Programm mit Vorträgen aus Sicht der Industrie ab.

---

### Vom IGf zum IGB

---

Die Wurzeln des IGB liegen in der Pfalz, wo der renommierte Physiker und Chemiker Prof. Dr. Karl Lothar Wolf 1953, zunächst in den Räumen des Gymnasiums, ein Laboratorium für Physik und Chemie der Grenzflächen aufbaute, um sich den Grenzflächenvorgängen an pulverförmigen Festkörpern zu widmen. Kurze Zeit später wurde das Institut ins nah gelegene Marienthal verlegt und 1962 mit einer Handvoll Mitarbeiter von der noch jungen Fraunhofer-Gesellschaft als Fraunhofer-Institut für Physik und Chemie der Grenzflächen IGf übernommen. Als das Institut 1969 an den Hochschulstandort Stuttgart zog, übernahm Prof. Dr. Karl Hamann, Direktor des 2. Instituts für Technische Chemie der Universität Stuttgart und Leiter des florierenden Stuttgarter AiF-Instituts »Forschungsinstitut für Pigmente und Lacke e. V.«, die kommissarische Leitung.

1976 wurde der in der Medizintechnik tätige Verfahrenstechniker Dr.-Ing. Horst Chmiel vom Helmholtz-Institut in Aachen Nachfolger des aus Altersgründen ausgeschiedenen Hamann. Unter seinem Einfluss wurde die Bioverfahrenstechnik am Institut aufgebaut und das Institut noch stärker anwendungsorientiert auf die Verfahrenstechnik fokussiert. So erhielt das Institut seinen heutigen Namen »Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik«, kurz IGB. Einen neuen Schwerpunkt bildeten fortan medizinische Grenzflächenprobleme, quasi als Nahtstelle zwischen den Grenzflächen und der neuen Arbeitsrichtung Medizinische Verfahrenstechnik. Bereits 1978 wurde das heute noch zentrale Gebiet der Umweltbiotechnologie aufgebaut, um Bioprozesse zu entwickeln und zu optimieren – beispielsweise für die Gewinnung



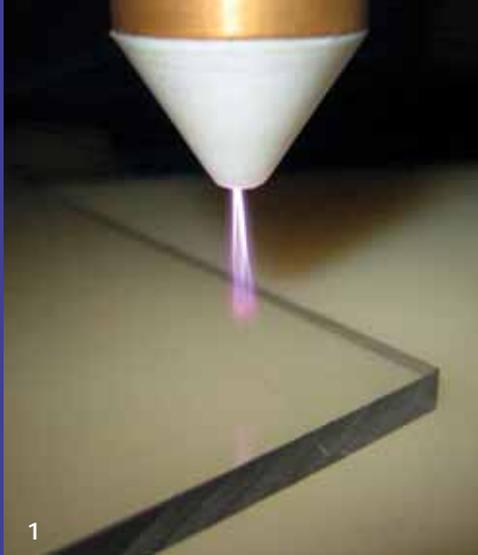
von Biogas aus landwirtschaftlichen Abfällen wie Gülle und Klärschlamm, für die Optimierung der Abwasserreinigung und für die Nutzung der Bioverfahrenstechnik zur Herstellung organischer Säuren. 1979 als Schwerpunkt »Transportvorgänge durch Membranen« vorrangig für den Bereich Medizintechnik begonnen, konnte das Institut zudem die Membrantrenntechnik innerhalb weniger Jahre auf weitere Anwendungen wie Produktaufarbeitung oder Umwelttechnik ausweiten und zu einem Forschungsgebiet mit großer industrieller Relevanz entwickeln.

Mit dem Einzug in ein neues Gebäude mit modern ausgestatteten Labors in Stuttgart-Vaihingen am heutigen Stuttgarter Fraunhofer-Campus 1981, legten die Fraunhofer-Gesellschaft und das Land den Grundstein zu einer fruchtbaren Kooperation der Fraunhofer-Institute zu den naturwissenschaftlichen und technischen Instituten der Universität.

Nach der Berufung Prof. Chmiels an die Universität Saarbrücken wurde zunächst Prof. Dr. Armin Fiechter von der ETH Zürich zum kommissarischen Institutsleiter, dann Dr. Herbert Bauser, Leiter der IGB-Abteilung Grenzflächenverfahrenstechnik, berufen, bis 1994 Prof. Dr. techn. Herwig Brunner von Boehringer Mannheim als Institutsleiter an das Fraunhofer IGB kam. Brunner holte eine Hannoveraner Fraunhofer-Arbeitsgruppe an das IGB, die sich mit der rekombinanten Herstellung und dem Proteindesign von pharmazeutischen Proteinen beschäftigte. Mit einer Nachwuchsforschergruppe zu Proteinscreeningsystemen vertiefte er die molekularbiologischen Kompetenzen auch in Stuttgart und mit der Nachwuchsforschergruppe Biomimetische Grenzflächen baute er eine Brücke von der Biotechnologie zur

Grenzflächenverfahrenstechnik. Ebenso stärkte er die Zellbiologie und baute sie zur Zellsystemforschung aus. Zudem trieb Brunner die Verbindung von Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften voran.

Seit Ende 2007 leitet Prof. Dr. Thomas Hirth, der vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT an das IGB kam, das Institut. Er fokussierte das verfahrenstechnische Institut auf die bedarfsorientierten Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie und richtete es damit auf die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts aus. Mit seinem Netzwerk in der industriellen Biotechnologie brachte er die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, ein Thema, an dem das IGB in den Grundzügen schon in der Vergangenheit forschte, an das IGB zurück. Gleichzeitig verankerte er die Themen Bioökonomie und Nachhaltigkeit am IGB, in der Fraunhofer-Gesellschaft und ebenso in der bundesdeutschen und baden-württembergischen Forschungspolitik. Darüber hinaus dehnte Hirth mit Projektgruppen zur Onkologie, zur Chemo- und Biokatalyse und einem Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse die Wirkungsstätten auf die Standorte Würzburg, Straubing und Leuna aus. Im Jubiläumsjahr 2013 schließlich gelang es, mit der Integration des Instituts für Plasmaforschung (IPF) in das dem IGB eng verbundene Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT der Universität, die Plasmaaktivitäten in Stuttgart zu bündeln und gleichzeitig die Wurzeln des IGB in der Grenzflächentechnik zu kräftigen.



1



2

## PROJEKTE UND PROJEKTGRUPPEN

### Aus IPF und IGVT wird IGVP

1

Zu Beginn des Jahres 2013 wurde auf Beschluss des Senats und des Universitätsrats der Universität Stuttgart das Institut für Plasmaforschung (IPF) in das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT, unser Partnerinstitut an der Universität Stuttgart, eingegliedert. Der neue Name des gewachsenen Instituts lautet Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP.

Die Forschung des IGVP ist in zwei neu formierten Abteilungen organisiert. Die Abteilung »Grenzflächenverfahrenstechnik« umfasst die Gruppen Biologische, Chemische, Medizinische, Physikalisch-technische und Umwelt-Grenzflächenverfahrenstechnik, die Abteilung »Plasma- und Grenzflächenphysikalische Prozesse« die Gruppen Plasmatechnologie, Mikrowellentechnologie, Plasmadynamik und -diagnostik sowie Grenzflächenphysik. Mit der Integration des IPF wurden die plasmaphysikalischen Grundlagen am Universitätsinstitut komplettiert und mit der Plasmachemie und Plasmaverfahrenstechnik vereint.

### Straubinger Fraunhofer-Projektgruppe BioCat positiv evaluiert

Seit ihrer Gründung im Jahr 2009 hat sich die mit Mitteln des Freistaats Bayern finanzierte Fraunhofer-Projektgruppe BioCat zu einer festen Institution in Straubing entwickelt. Damit sie auch weiterhin erfolgreich arbeiten darf, musste sie sich nach Ablauf der ersten drei Jahre einer ausführlichen Evaluierung durch unabhängige Gutachter aus Industrie und akademischer Forschung unterziehen. Bereits Ende 2012 hatte die Projektgruppe um Prof. Dr. Volker Sieber die bisherigen Arbeiten in

einem ausführlichen, mehr als 60 Seiten umfassenden Rechenschaftsbericht zusammengestellt und den Gutachtern vorgelegt. Neben den wissenschaftlich-technischen Arbeiten waren auch die finanzielle Entwicklung der Gruppe und ihre Vernetzung mit regionalen und überregionalen Partnern aus Industrie und Forschung zu bewerten. Die Gutachterkommission tagte Anfang 2013 in Straubing und kam in ihrer Entscheidung zu einem sehr positiven Ergebnis. Nach ihrer Ansicht haben die Mitarbeiter der Fraunhofer-Projektgruppe eine beeindruckende Aufbauarbeit geleistet. Die ehrgeizigen Ziele seien erreicht und die Projektgruppe habe sich gut für die Zukunft aufgestellt. Somit kann die Befristung der Projektgruppe nach Ablauf der Anschubfinanzierung des Freistaats Bayern aufgehoben und die Projektgruppe als dauerhafte Einheit der Fraunhofer-Gesellschaft weitergeführt werden.

### »Centrum für Energiespeicherung« bei Fraunhofer-Projektgruppe BioCat, Straubing

2 + 3

»Zentral für das Gelingen der Energiewende ist die verstärkte Investition in Energieforschung und Technologieentwicklung. Neue Speichertechnologien sind dabei ein wesentlicher Baustein – mit dem Centrum für Energiespeicherung bekräftigt der Freistaat diesen Weg«, sagte Ilse Aigner, Bayerische Staatsministerin für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie und stellvertretende Ministerpräsidentin Bayerns am 15. November 2013 bei der Übergabe des Zuwendungsbescheids an die Straubinger Projektgruppe BioCat. Im Rahmen des Centrums für Energiespeicherung wird am Standort Straubing das Themenfeld »Chemische Energiespeicher – Katalyse & Prozesse« eingerichtet, das der Freistaat Bayern mit



4,9 Mio € über eine Laufzeit von fünf Jahren und zusätzlich 2,5 Mio € als Teilfinanzierung für ein neues Forschungsgebäude unterstützt. Ein zweiter Standort des Centrums für Energiespeicherung ist der bayerische Institutsteil in Sulzbach-Rosenberg des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen.

Um tageszeitliche und saisonale Schwankungen bei der Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie auszugleichen und Energie auch über einen längeren Zeitraum speichern zu können, werden zum Thema »Chemische Energiespeicher – Katalyse & Prozesse« Verfahren entwickelt, um mithilfe überschüssiger elektrischer Energie chemische Energieträger herzustellen. Zwar existieren bereits erste erfolgversprechende Ansätze, um beispielsweise mit der »Power to Gas«-Technologie aus CO<sub>2</sub> Methan herzustellen. Um jedoch zukunftsfähige, einfach skalierbare und dezentral zu betreibende Prozesse zu entwickeln, müssen diese Prozesse nicht nur optimiert, sondern zunächst die notwendigen Katalysatoren entwickelt und erforscht werden. Als Kohlenstoffsubstrat soll Kohlenstoffdioxid fixiert werden, welches in Kraftwerken oder auch Biogasanlagen entsteht. Gelangt dieses CO<sub>2</sub> nicht in die Atmosphäre, wird gleichzeitig ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet. Als Katalysatoren werden sowohl chemische Katalysatoren als auch Biokatalysatoren untersucht.

Die Übergabe des Zuwendungsbescheids durch Staatsministerin Aigner haben die Straubinger Forscher mit einem zweiten Spatenstich verbunden. Bereits ein Jahr nach der Einweihung des neuen Laborgebäudes wird ein Erweiterungsbau geschaffen, der die Labor- und Bürofläche für die gewachsene Mannschaft verdreifacht.

#### Global Bioenergies erhält Förderzusage für industrielle Pilotanlage am Fraunhofer CBP

4

Das im Spitzencluster BioEconomy aktive Unternehmen Global Bioenergies GmbH wird in den kommenden drei Jahren eine industrielle Pilotanlage zur Herstellung von Isobuten aus Biomasse am Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP in Leuna, ebenfalls Partner im Cluster BioEconomy, errichten. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Vorhaben mit 5,7 Mio €. Für den BioEconomy Spitzencluster in Mitteldeutschland ist das Leuchtturmprojekt ein Meilenstein auf dem Weg zu einer nachhaltigen Bioökonomie und ein wichtiger Brückenschlag zur Großchemie am Standort Leuna. Die Unterstützung durch das BMBF und den BioEconomy-Cluster ermöglicht es, den weltweiten Übergang von fossilen zu nachwachsenden Rohstoffen mitzugestalten.

Die in der Leipziger BIO-CITY ansässige Global Bioenergies GmbH ist die deutsche Tochtergesellschaft der börsennotierten französischen Global Bioenergies S.A. Das Unternehmen ist Technologieführer in der Entwicklung von Fermentationsprozessen zur ausschließlich biologischen, direkten Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen in leichte Olefine, den Ausgangsstoffen der petrochemischen Industrie.

Die Pilotanlage in Leuna wird zwei 5000-Liter-Fermenter sowie ein komplettes Aufreinigungssystem umfassen und somit alle Aspekte einer industriellen Anlage abbilden. Die Produktionskapazität von bis zu 100 Tonnen Isobuten pro Jahr ermöglicht es, interessierten Industrieunternehmen den Grundstoff zu eigenen Testzwecken anzubieten. Isobuten kann beispielsweise für die Herstellung von Kunststoffen, Elastomeren und Treibstoffen verwendet werden. Die zweite Pilotanlage stellt für Global Bioenergies den letzten Entwicklungsschritt vor der Nutzung des Produktionsprozesses für Isobuten im großindustriellen Maßstab dar.





## BADEN-WÜRTTEMBERGISCHE FORSCHUNGS- STRATEGIE »BIOÖKONOMIE«

### Bioökonomie – das neue Wirtschaften

Noch sind fossile Rohstoffe die weitaus wichtigste Basis für eine Vielzahl chemischer Produkte – von Kraftstoffen über Kunststoffe und Textilien, Schmier- und Baustoffe bis hin zu Kosmetika und Arzneimitteln. Doch fossile Ressourcen sind endlich und der Klimawandel sowie eine wachsende Weltbevölkerung stellen die Gesellschaft vor große Herausforderungen. Eine nachhaltige Lösung, die Ernährung der Menschheit zu sichern, erneuerbare Ressourcen für die Rohstoff- und Energieversorgung zu nutzen und gleichzeitig das Klima und die Umwelt zu schonen, verspricht die biobasierte Wirtschaft, kurz Bioökonomie.

### Bioökonomie im System

Einer konsequenten Durchgängigkeit von der Grundlagenforschung über die anwendungsorientierte Forschung bis hin zur industriellen Umsetzung neuer Verfahren und Produkte kommt in diesem Umfeld eine besonders große Bedeutung zu. Grundprinzipien für eine funktionierende Bioökonomie im System erfordern vorrangig die Nutzung regionaler Stärken. Gleichzeitig hat eine angepasst strukturierte Ausbildung von Wissenschaftlern, die bereits im Studium an die ganzheitliche Betrachtung und systemorientierte Lösung komplexer Probleme herangeführt werden müssen, einen besonders hohen Stellenwert. Die Vereinbarung wissenschaftlicher Kompetenz mit einer ressourcenschonenden, ethisch vertretbaren und effizienzorientierten, ökonomischen Sichtweise dient damit als Basis für eine nachhaltige Prosperität.

### Strategiekreis für Baden-Württemberg

Als Mitglied des ersten BioÖkonomieRats der Bundesrepublik leitete Prof. Dr. Thomas Hirth im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst (MWK) Baden-Württemberg den Strategiekreis »Bioökonomie im System aufstellen«. Vertreter aller im Kontext Bioökonomie aktiven Universitäten erarbeiteten unter seiner fachlichen Leitung ein umfassendes Forschungskonzept, um das Thema Bioökonomie als festen Bezugspunkt in der baden-württembergischen Wissenschaftslandschaft sichtbar werden zu lassen und als Zukunftsstrategie zu etablieren. Im Juli 2013 verabschiedete dieser Kreis ein Strategiepapier und definierte darin bereits konkrete Handlungsfelder für die bioökonomische Forschung in Baden-Württemberg. Diese Empfehlungen fanden bei Wissenschaftsministerin Theresia Bauer großen Anklang. Der Ministerrat beschloss auf Grundlage dieses Konzepts ein neues Forschungsprogramm Bioökonomie für Baden-Württemberg mit einem Gesamtvolumen von 12 Mio € für den Zeitraum 2014–2019.

### Umfassendes Forschungskonzept

Kernpunkt der Forschungsstrategie ist es, die Bioökonomie in Wertschöpfungskreisläufen und als Gesamtsystem zu betrachten. Hierzu identifizierte der Strategiekreis unter den zahlreichen Forschungseinrichtungen im Land alle, die sich mit relevanten Themen beschäftigten, und brachte sie schon frühzeitig mit ausgewiesenen Experten aus Wirtschafts-, Ethik- und Sozialwissenschaften an einen Tisch. So wurden von Anfang an gleichberechtigt soziale, ökonomische und politische Rahmenbedingungen sowie die Auswirkungen auf Umwelt



und Gesellschaft berücksichtigt. Aus ca. 180 ausgewiesenen Einzelkompetenzen von 24 Universitäten, Hochschulen für angewandte Forschung und nichtuniversitären Forschungseinrichtungen leitete das Expertenteam sieben wissenschaftliche Kernbereiche für Baden-Württemberg ab. Diese Gruppen agierten in einer Struktur von Angebot und Nachfrage. So wurden auf Seiten der Angebote die Forschungsbereiche Agrar- und Pflanzenwissenschaften, Forstwissenschaften, aquatische Biomasse sowie biogene Reststoffe als die wichtigsten, und auf der Nachfrage-/Verwertungsseite Anwendungsfelder wie Nahrungsmittelproduktion, im Nachgang eine stoffliche Nutzung sowie die energetische Nutzung von Reststoffen identifiziert. Als Querschnittsbereiche für eine daraus resultierende Kompetenzmatrix wurden Biodiversität, Wasser- und Bodenschutz, Ethik sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften benannt.

Auf Basis einer Datenerhebung und deren eingehender Analyse identifizierte der Strategiekreis drei Forschungsfelder, welche mithilfe einer entsprechenden Forschungsförderung schon bald in Baden-Württemberg, aber auch über seine Grenzen hinaus, sichtbare Impulse für Forschung und Wirtschaft geben können. Das Konzept fokussiert sich auf drei Forschungsfelder – Biogas, Lignozellulose und Algen – und leitet gleichzeitig auch strukturelle Maßnahmen ab, um Baden-Württemberg als innovative Bioökonomie-Region zu profilieren und nachhaltig zu stärken.

---

### Forschungsfelder für Baden-Württemberg

---

Erste bioökonomische Systemansätze im Forschungsfeld »Biogas«, für das im Land bereits entlang der gesamten Wertschöpfungskette wissenschaftliches Know-how vorhanden ist, können dem Konzept zufolge eher kurzfristig umgesetzt werden. Im Forschungsfeld »Lignozellulose«, charakterisiert durch eine Vielzahl an Einzelkompetenzen mit breit gefächertem Wissensspektrum, müssen vorhandene Kompetenzen zunächst noch stärker gebündelt und vernetzt werden, sodass hier eine

### Kontakt



**Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg MBA**

Telefon +49 711 970-4003

sabine.krieg@igb.fraunhofer.de

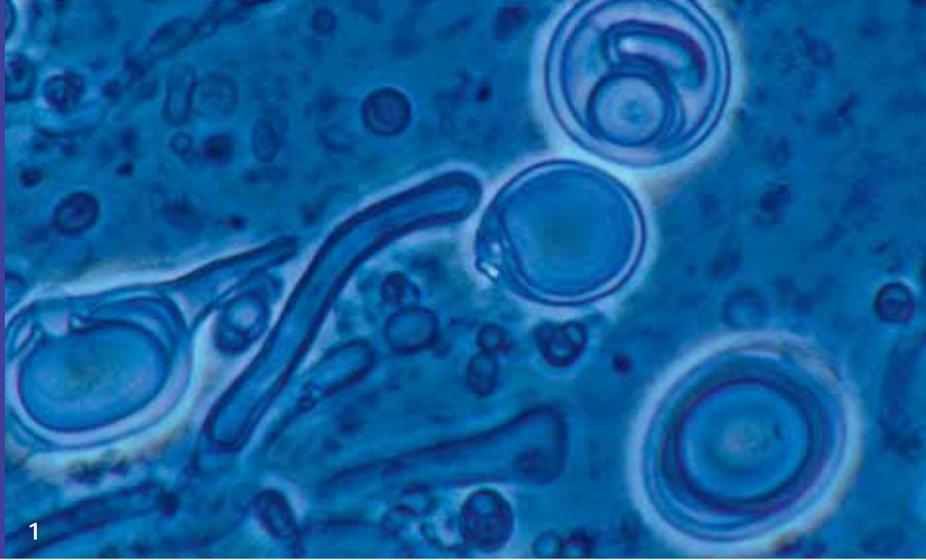
mittelfristige Umsetzung realistisch ist. Den höchsten Innovationsgrad und daher eine eher langfristige Perspektive schreibt das Konzept dem Forschungsfeld »Nutzung von Mikroalgen« zu. Mikroalgen wirtschaftlich im Sinne einer Bioraffinerie, das heißt im Sinne einer integrierten stofflichen und energetischen Nutzung zu produzieren und vielseitig zu verwerten, steht hier als angestrebtes Ziel im Vordergrund. Die Auswahl der drei genannten Schwerpunkte mit ihren Unterthemen ermöglicht im nächsten Schritt eine Vielzahl völlig neuartiger Kombinationen vorhandener wissenschaftlicher Kompetenzen und zeigt damit großes Innovationspotenzial für den Standort Baden-Württemberg.

---

### Strukturelle Maßnahmen

---

Drei Maßnahmen schlägt der Strategiekreis hierzu vor: Ein Kompetenzzentrum zur Modellierung und Simulation von bioökonomischen Systemen, ein gemeinsames Graduiertenprogramm, um Bioökonomie von Anfang an in der Ausbildung von Doktoranden zu verankern und ein Infrastrukturnutzungskonzept, um Großgeräte und technisch aufwendige Ausstattung zukünftig ressourcenschonend gemeinsam zu nutzen. Mit seinen vielfältigen Kompetenzen und Erfahrungen im Spannungsfeld Bioökonomie konnte das IGB selbst viele neue Impulse geben und eröffnet damit seinen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft Perspektiven für Innovationen über die Grenzen Baden-Württembergs hinaus.



## FRAUNHOFER-LEITPROJEKTE

Initiiert durch den Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Dr. Reimund Neugebauer sollen die in Portfolioprozessen identifizierten sechs gesellschaftlichen Bedarfe »Gesundheit und Umwelt«, »Kommunikation und Wissen«, »Mobilität und Transport«, »Energie und Rohstoffe«, »Sicherheit und Vorsorge« sowie »Produktion und Dienstleistung« eine signifikante Profilierung durch Leitprojekte erfahren: Unter ihnen sind die Projekte »Zellfreie Bioproduktion«, »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität II«, »E<sup>3</sup>-Produktion« und »Seltene Erden«. Mit den Leitprojekten sollen Fraunhofer-Kompetenzen interdisziplinär und flexibel zur Erarbeitung zukunftsfähiger Themenstellungen zusammengeführt und frühzeitig Industriepartner eingebunden werden. Das Fraunhofer IGB ist durch seine strategische Ausrichtung auf die Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie in drei der vier genannten Leitthemen als Projektpartner involviert.

### Zellfreie Bioproduktion

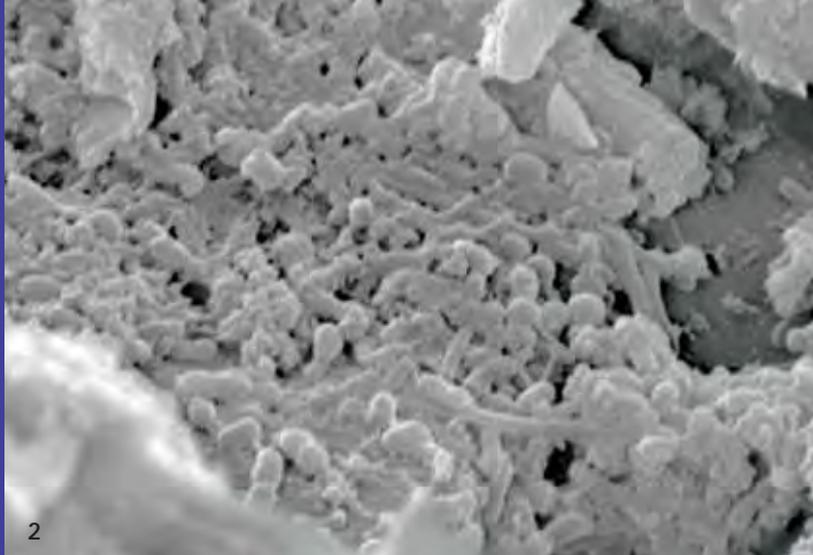
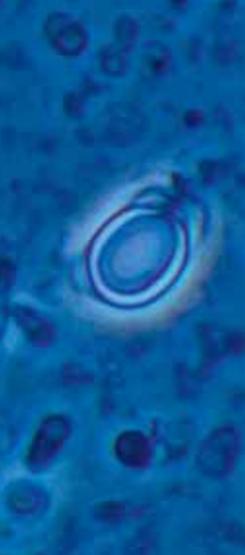
1

Die zellfreie Bioproduktion steht an der Schnittstelle zwischen Ingenieur- und Lebenswissenschaften. Im Fraunhofer-Leitprojekt »Zellfreie Bioproduktion« entwickeln acht Institute (IBMT, ISIT, IZM, IPA, IPK, IME, ISI und IGB) seit 2011 gemeinsam eine alternative Technologie-Plattform zu herkömmlichen biotechnologischen Verfahren. Die Proteinsynthese, beispielsweise von Antikörpern, wird damit um ein Vielfaches schneller. Zudem erweitert die zellfreie Bioproduktion entscheidend die Bandbreite biotechnologisch produzierbarer Proteine.

Leitgedanke des ambitionierten Projekts ist es, die gewünschten Stoffe nicht durch lebende Zellen synthetisieren zu lassen. Denn in Bakterien oder Zellkulturen ist eine Vielzahl von Proteinen nur begrenzt oder gar nicht darstellbar, zum Beispiel toxische Proteine, für die Pharmaindustrie interessante Protein-Toxin-Fusionen oder Membranproteine als Targets für die Wirkstoffentwicklung. Die zellfreie Bioproduktion von Proteinen, die sogenannte In-vitro-Proteinsynthese, überwindet diese Nachteile: Die Biomoleküle werden hier, anders als bei

herkömmlichen Methoden, in Zellextrakten, auch als Lysate bezeichnet, hergestellt. Die Extrakte enthalten im Wesentlichen nur noch die Proteinsynthese-Maschinerie der Zelle, sodass beispielsweise die Bereitstellung von Energie für die Aufrechterhaltung des Zellstoffwechsels entfällt. Die vorhandene Syntheseleistung kann vielmehr allein auf das gewünschte Produkt fokussiert werden, welches im Extrakt als einziges neu synthetisiert wird.

Im Projekt wurden erste entscheidende Parameter für die industrielle Umsetzung der zellfreien Bioproduktion, namentlich der Proteinsynthese, identifiziert, analysiert und optimiert. Die Kosten der Proteinproduktion im kleinen und mittleren Maßstab konnten durch die neu gewonnenen Erkenntnisse bereits um den Faktor 10 reduziert werden. Das IGB entwickelt mit einem zellfreien Lysat spezielle Antikörper, die überschießende Immunreaktionen bremsen und helfen können, einen septischen Schock zu verhindern. Eine der größten Herausforderungen auf dem Weg in den Industriemaßstab ist die



Energieversorgung der zellfreien Lysate. Mit der Darstellung des membranständigen Proteins ATP-Synthase als Energieregenerationssystem hat das IGB auch hier erste erfolgversprechende Ergebnisse erzielt. In enger Kooperation arbeiten die Institute zudem an den Reaktoren für die Technologieplattform. Drei verschiedene Konzepte werden im Projekt verfolgt: eine Mikrofluidik-Plattform mit getrennten Kompartimenten, ein »Continuous Exchange Cell Free System« in Hohlfaserreaktoren und ein Upscaling in Einkammer-Reaktoren.

---

### E<sup>3</sup>-Produktion

2

---

Vor dem Hintergrund der Wettbewerbsfähigkeit, der Ressourcenschonung, der gesellschaftlichen Entwicklung (demografischer Wandel), aber auch des Klimaschutzes, sind Unternehmen gefordert, nicht nur ressourcen- und energieeffiziente Abläufe und Produkte zu realisieren, sondern auch umweltschonend unter ergonomischen Bedingungen und insgesamt nachhaltig zu produzieren. Damit ergeben sich drei wichtige Säulen für die Fabrik der Zukunft: Die Energie- und Ressourceneffizienz, die Emissionsneutralität und die Ergonomie (Einbindung des Menschen in die Produktion) – zusammengefasst als E<sup>3</sup>.

Das Leitprojekt E<sup>3</sup>-Produktion adressiert diese drei Säulen und fokussiert u. a. auf die Auslegung und Realisierung von ultrakurzen Prozessketten, den Betrieb von energie- und ressourcenadaptiven Produktionssystemen bei einem volatilen Energieangebot, das Schließen von Stoffkreisläufen und auf die Nutzung der Produktion selbst als Energiespeicher einschließlich der Integration von Werkstoffen. Zur Reduktion von Emissionen werden durchgängig geschlossene Energie- und

Wertstoffkreisläufe, aber auch die Rückgewinnung von Energie bis hin zu einem selbstgesteuerten Recycling betrachtet.

Der Beitrag des Fraunhofer IGB ist die Demonstration ultrakurzer Produktionsprozesse der Bio- und Verfahrenstechnik, was am Beispiel eines Reaktorkonzepts zur Biofällung von Metallen demonstriert wird. Das Reaktorkonzept soll eine Integration in bestehende Prozessketten mit interner Rezyklierung und Kreislaufschließung unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Produktqualität ermöglichen und so zur Ressourceneffizienz im Rahmen des Gesamtprozesses beitragen. In diesem Leitprojekt arbeiten die Fraunhofer-Institute FIT, IBP, ICT, IFF, ILT, IML, IPA, IPK, IPT, IWU, UMSICHT und IGB zusammen.



3

## Seltene Erden

3

Eine zukunftsichere, bezahlbare und kalkulierbare Versorgung mit Rohstoffen ist für die Stabilität und den Wohlstand von Volkswirtschaften technologieführender Industrienationen wie Deutschland von größter Bedeutung. Deshalb ist die Verfügbarkeit strategischer Metalle wie den Seltenen Erden (SE) von hoher Wichtigkeit, um die Wettbewerbsfähigkeit der Produktion von Gütern in Deutschland, insbesondere im Hightech-Sektor, unabhängiger vom globalen Rohstoffhandel zu machen. Um ihre Versorgung mit Rohstoffen in Zukunft zu sichern, haben die Bundesrepublik Deutschland im Oktober 2010 und die Europäische Kommission 2008 und 2011 Rohstoffstrategien veröffentlicht, die im Wesentlichen auf den folgenden drei Säulen fußen: (1) Handels- und Rohstoffdiplomatie, (2) einheimischer Rohstoffabbau, und (3) Ressourceneffizienz, Recycling und Substitution.

Das Fraunhofer-Leitprojekt »Kritikalität Seltene Erden« setzt bei der dritten Säule »Ressourceneffizienz, Recycling und Substitution« der Rohstoffstrategie an und fokussiert auf die Verwendung Seltener Erden in Hochleistungsmagneten. Dazu arbeiten die Fraunhofer-Institute IWM, IWM-H, IWU, IFAM, LBF, ISI, IGB und die Projektgruppe IWKS des ISC zusammen. Dem Leitprojekt liegt die Mission zugrunde, den spezifischen, primären Bedarf an schweren Seltene-Erden-Elementen für den konkreten Anwendungsfall »Dysprosiumhaltige Nd-Fe-B-Systeme für Permanentmagnete und Elektromotoren« zu halbieren. Um dieses Ziel zu erreichen, werden vier Schwerpunkte verfolgt:

- **Materialsubstitution** – Hierzu werden neue metallische Phasen, die weniger oder keine Seltenen Erden benötigen, von der Simulation bis zur Herstellung entwickelt.

- **Effizientere Prozesse** – Prozesse der Magnetherstellung (Netshape-Produktion, Dysprosium-Layer-Technologie und Grainsize-Tuning-Technologie) werden weiterentwickelt.
- **Optimierte Auslegung** – Hier liegt der Fokus auf der Optimierung elektrischer Kleinantriebe bis hin zum Aufbau von Demonstratoren.
- **Design for Recycling** – Das Teilprojekt berücksichtigt Aspekte der Rückführung und der Wiedernutzung von Elektromotoren sowie der Gewinnung von Seltenen Erden aus Permanentmagneten und Produktionsabfällen. Letzteres beleuchtet dabei sowohl die Aufbereitung und Rückführung von Magneten als rezykliertes Granulat in die Magnetproduktion als auch die stoffliche Aufbereitung zur Herstellung von möglichst reinen Seltenerdmetallen oder -metalloxiden.

Der Beitrag des IGB liegt im Teilprojekt »Gewinnung von Seltenen Erden aus Permanentmagneten und Produktionsabfällen«. Dabei werden drei konkrete Ziele verfolgt. Erstens, Sintermagnete aus gebrauchten Elektromotoren so zu recyceln, dass das rezyklierte Granulat zu mind. 10 Prozent der Primärproduktion zugeschlagen werden kann, ohne die Eigenschaften der Magnete zu beeinträchtigen. Als zweites Ziel wird geprüft, inwieweit das rezyklierte Magnetgranulat für die Herstellung kunststoffgebundener Magnete verwendet werden kann und drittens werden rückgeführte Magnete granuliert und einer stofflichen Aufarbeitung zugeführt. Dazu sollen auch Produktionsrückstände, wie beispielsweise Schleifstäube, einbezogen werden. Das Magnetgranulat und die Schleifstäube werden durch physikalisch-chemische aber auch biotechnologische Verfahren in Lösung überführt, separiert und die Seltenen Erden als möglichst reine Metalle oder Metalloxide rückgewonnen.



## FRAUNHOFER IGB INTERNATIONAL

### Neue EU-Projekte

Das 7. Forschungsrahmenprogramm (RP7) war mit seinen spezifischen Programmen »Zusammenarbeit«, »Kapazitäten«, »Menschen und Ideen« von 2007 bis 2013 das wichtigste Instrument der europäischen Forschungsförderung. Ab 2014 tritt das neue Rahmenprogramm »Horizon2020« in Kraft, in welchem für das Fraunhofer IGB wieder mit interessanten Ausschreibungen zu rechnen ist. Mit Ende des 7. Rahmenprogramms konnte das Fraunhofer IGB noch eine Vielzahl wesentlicher Erfolge verbuchen.

### Neue Projekte im Programm »Zusammenarbeit«

In der Verbundforschung koordiniert das IGB das Projekt **EnReMilk**, das im Themenbereich wissensbasierte Bioökonomie gefördert wird. 15 europäische Partner werden neuartige wasser- und energiesparende Konzepte optimieren und diese in den Herstellungsprozess von Molkereiprodukten integrieren, wobei insbesondere auch auf eine hohe Lebensmittelqualität und -sicherheit geachtet wird. Hierzu werden alle Prozessschritte betrachtet und bei mehreren Technologien Potenziale analysiert und evaluiert.

Darüber hinaus sind wir Partner in acht weiteren Verbundprojekten aus den Themenbereichen Gesundheit, Umwelt, Nanomaterialien, Werkstoffe und Produktion sowie wissensbasierte Bioökonomie, die im Jahr 2013 von der Europäischen Kommission zu Verhandlungen eingeladen wurden und deren Vertragslaufzeit Ende 2013/Anfang 2014 begann.

### Neue Projekte im Programm »Kapazitäten – 1 + 2 Forschung zugunsten von KMUs und KMU-Verbänden«

Das IGB arbeitet in zehn neuen Projekten eng mit europäischen klein- und mittelständischen Unternehmen innerhalb des RP7-Programms »Forschung zugunsten von KMUs« zusammen. Diese Projektform richtet sich konkret an den Innovationsbedarf europäischer KMUs oder KMU-Verbände, die Forschungseinrichtungen über das EU-Projekt einen Entwicklungsauftrag erteilen.

Im Projekt **NovEED** wird eine neuartige energieeffiziente Elektrodialysezelle, basierend auf einer neuen Art von Elektroden zur internen Energierückgewinnung, entwickelt. Die Elektrodialysezelle soll zum Recycling von Säuren und Basen aus industriellen Prozesswässern eingesetzt werden.

Auch das Projekt **OxFloc** beschäftigt sich mit der Wasseraufbereitung, wobei hier in einem integrierten Ansatz über ein einstufiges oxidativ-adsorptives Verfahren gefährliche Substanzen abgebaut und entfernt werden sollen. Dadurch sollen in Zukunft nicht nur Betriebskosten der Abwasseraufbereitung gesenkt, sondern ein weitreichender Nutzen für die Umwelt erzielt werden.

Bei der Käseherstellung fallen Abwässer an, die wertvolle Molkenproteine enthalten. Um Proteine selektiv anzureichern und sie entsprechend ihrer ernährungsphysiologischen oder technologisch-funktionellen Eigenschaften in Nahrungsmitteln zuzusetzen, entwickelt das Konsortium des Projekts **Whey2Food** ein Elektromembranverfahren weiter. Im Vergleich zur Ultrafiltration wird dadurch die Ausbeute erhöht und der Reinigungsaufwand reduziert.

Im Projekt **PhosFarm** ist das Fraunhofer IGB bei der Entwicklung eines enzymatischen Prozesses zur nachhaltigen Rückgewinnung von Phosphor aus landwirtschaftlichen Abfallprodukten beteiligt. Phosphor soll zu einem Düngemittel weiterverarbeitet werden, sodass europäischen Landwirten ein zusätzliches Erlöspotenzial eröffnet wird.

Aus einer ganz anderen Branche kommt das Projekt **MCure**. Der europäische Bausektor steht vor der Herausforderung, über die Jahre entstandene Betonschäden auszubessern. Im Projekt soll ein energieeffizientes System entwickelt werden, um das Aushärten des Betons bei Sanierungen zu verbessern und zu beschleunigen und damit Kosten zu sparen.

Bei dem Projekt **HiPerDry** handelt es sich um ein Forschungsprojekt zugunsten von KMU-Verbänden, in welchem eine neue, energieeffiziente Trocknungstechnologie für hygroskopische Kunststoffgranulate entwickelt werden soll. Mithilfe eines neuartigen Ansatzes, welcher Erwärmung mittels Mikrowellen und Konvektionstrocknung mit überhitztem Wasserdampf miteinander verbindet, soll in Zukunft eine signifikante Energie- und Zeiteinsparung bei der Granulattrocknung realisiert werden. Gleichzeitig werden thermodynamische Vorgänge bei der Trocknung verschiedener hygroskopischer Polymere untersucht, um eine Richtlinie zur bewährten Vorgehensweise bei der Trocknung von hygroskopischen Kunststoffgranulaten zu erstellen.

Über die genannten koordinierten Projekte hinaus ist das IGB an den beiden KMU-Projekten MFC4Sludge und Nutrec als Forschungspartner beteiligt. Zudem konnten zwei positiv abgeschlossene Projekte, MicroMilk und PreserveWine, erfolgreich ein Demonstrationsprojekt platzieren, das den Konsortien die industrielle Umsetzung der erzielten Ergebnisse ermöglicht.

---

### Neue Projekte im Programm »Menschen«

---

Neben den Konsortialprojekten darf das IGB gleich mehrere Marie-Curie-Stipendiaten am IGB begrüßen. Im Projekt PlasmaNanoSmart freuen wir uns über die zweijährige Zusammenarbeit mit Dr. Roman Surmenev aus Russland.

Der irische Wissenschaftler Dr. Michael Monaghan ist ebenfalls für zwei Jahre zu Gast in Stuttgart und bearbeitet in seinem Marie-Curie-Stipendium das Projekt miR-Opto-FectArray.

Darüber hinaus ist das Fraunhofer IGB Partner in den »Marie Curie Initial Training Networks« (ITNs) Bio-Inspire und ImRes-Fun, die uns in den nächsten Jahren die Zusammenarbeit mit gleich mehreren Wissenschaftlern auf internationaler Ebene ermöglichen.

Die hier nicht vorgestellten neuen Verbundprojekte Fungitect, AmbuLung, Amcare, demEAUmed, Ensocio-LA, Carboprec, Osyris und FoAM-BUILD sowie alle weiteren RP7-Projekte des Fraunhofer IGB finden Sie im Detail vorgestellt auf unserer Website.

---

Weitere Informationen zu den  
RP7-Projekten des Fraunhofer IGB  
finden Sie unter:  
[www.igb.fraunhofer.de/leu](http://www.igb.fraunhofer.de/leu)

---





3



4

### Kooperation mit GIZ in Asien

3 + 4

Erstmals wurde das Fraunhofer IGB im Rahmen eines von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) durchgeführten Regionalvorhabens in die Beratung zehn asiatischer Städte zur Vernetzung der Sektoren Wasser, Energie und Ernährungssicherheit eingebunden. Im Projekt »Integriertes Ressourcenmanagement in asiatischen Städten: der urbane Nexus« besuchte das IGB zusammen mit GIZ-Mitarbeitern ausgewählte Städte und identifizierte vor Ort beispielhafte standortangepasste Lösungen, die im weiteren Verlauf des Vorhabens umgesetzt werden sollen.

Bei einem Workshop in Bangkok präsentierte das IGB im Juni 2013 mögliche Ansätze für ein integriertes Wassermanagement. Drei der sorgfältig ausgewählten Städte in Indonesien und auf den Philippinen wurden bereits besucht. Für das Jahr 2014 sind weitere Vor-Ort-Analysen in der Mongolei, China, Vietnam und Thailand geplant. Die Ergebnisse der Analysen sowie daraus resultierende Vorschläge zur Realisierung sollen in einem weiteren Workshop mit Entscheidungsträgern aus allen Pilot-Städten präsentiert werden.

### Chinas Fokus auf Bioraffineriekonzepte

Das Fraunhofer CBP empfing Ende Oktober 2013 eine Delegation hochrangiger Vertreter des Shanghai Advanced Research Institute, Chinese Academy of Sciences (SARI). Der Delegationsbesuch wurde durch das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, Institutsteil Halle (IWM-H) organisiert. Der inhaltliche Fokus der Reise lag dabei auf einem Erfahrungsaustausch zu Bioraffinerien mit speziellem Fokus auf Algenbiotechnologie und Reststoffnutzung. Beide Seiten sehen hier große Potenziale für zukünftige Kooperationen. Im Rahmen des Besuchs wurde ein Memorandum of Understanding mit dem Cluster BioEconomy e. V. unterzeichnet und ein Gegenbesuch vereinbart.

Des Weiteren war das Fraunhofer CBP im November eine wichtige Station der Pressereise chinesischer Journalisten. Unter dem Motto »Chemie wächst hier in Parks« konnten die Teilnehmer ausführliche Interviews mit den Verantwortlichen führen. Das Hauptinteresse der Medienvertreter der renommierten Nachrichtenagentur »Xinhua«, von China Radio International und der Zeitungen »People Daily« und »The Economic Daily« galt dabei vorrangig der Infrastruktur und Logistik von Chemieparcs in Deutschland, aber auch der Zusammenarbeit der Firmen an einem solchen Standort.

Das CBP stellte eine Reihe innovativer Projekte und Forschungskooperationen vor. Das Besuchsprogramm wurde von der Investitions- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt (IMG) und Central European Chemical Network CeChemNet zusammen mit der isw Gesellschaft für wissenschaftliche Beratung und Dienstleistung mbH (isw GmbH) organisiert und begleitet.



5

### Katar – Mikroalgen-Versuchsanlage in der Wüste 5

Im Rahmen eines Kooperationsprojekts mit fokussiertem wissenschaftlichem Hintergrund bauten Mitarbeiter des Fraunhofer IGB auf einem Gelände der Katar University eine Testeinheit von Algenbioreaktoren auf. Im Test produziert eine Photobioreaktor-Anlage der Firma Subitec Mikroalgen für die Herstellung ölreicher Algenbiomasse. Die besonderen Rahmenbedingungen, unter denen die Anlage im Wüstengürtel arbeitet, lassen Vergleiche mit bislang etablierten Open-Pond-Anlagen zu. Hierbei sind besonders anlagenrelevante und prozesstechnische Details, aber auch Rückschlüsse auf die Auswahl besonders geeigneter Algenstämme von Interesse. Erste Ergebnisse des Projekts werden für 2014 mit Spannung erwartet.

### Brasilien – Grüne Chemie

Zum Jahrestreffen der brasilianischen Gesellschaft für Chemie (Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química – RASBQ), das vom 25.–28. Mai 2013 in Águas de Lindóia stattfand, hielt Dr. Werner Sternad während des wissenschaftlichen Teils der Veranstaltung einen Vortrag. Seine Präsentation im Workshop »Green Chemistry: Grenzen, Herausforderungen und zukünftige Perspektiven« adressierte die Möglichkeiten, Primärrohstoffe aus organischen Abfällen zu gewinnen. Dr. Sternad folgte einer persönlichen Einladung von Frau Prof. Dr. Vânia Zuin, die als Alumna der Alexander von Humboldt-Stiftung das Programm des hochkarätig besetzten Workshops zusammenstellte.

### Argentinien – Informationsreise Bioökonomie zum IGB

Im Mai 2013 machte eine Delegation aus Argentinien im Rahmen ihrer Fact Finding Mission zum Thema Bioökonomie Station am Fraunhofer IGB. Zum Teilnehmerkreis aus Argentinien gehörten ein Vertreter des Ministeriums für Wissenschaft, Technologie und produktive Innovation MinCyt, mehrere Vertreter der Abteilung für technologische Zusammenarbeit CONICET und Vertreter mehrerer Universitäten mit unterschiedlichem fachlichem Fokus. Organisiert wurde die Besuchsreise vom Internationalen Büro des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), das die Teilnehmer zusammen mit Vertretern der Deutsch-Argentinischen Industrie und Handelskammer begleitete. Bei den Fachgesprächen konnten erste Schwerpunkte für eine gemeinsame Bioökonomie-Forschung und -Lehre identifiziert werden, die im Jahr 2014 vertiefend diskutiert werden sollen.

---

## Frankreich – 50 Jahre Elysée-Vertrag

---

Das Thema Bioökonomie wird international und europaweit bereits stark mit dem Fraunhofer IGB verknüpft. Es war daher auch thematischer Fokus eines Tandemvortrags »Bioökonomie, ein deutscher Ansatz« den Prof. Dr. Thomas Hirth anlässlich eines Bioökonomie-Seminars zusammen mit Prof. Dr. Ulrich Schurr, Forschungszentrum Jülich, am Institut National de la Recherche Agronomique INRA am 8. Oktober 2013 in Paris hielt. Der Vortrag war eingebettet in ein zweitägiges französisches Workshop-Programm und eine Reihe ausgewählter Vorträge von Vertretern französischer Ministerien und europäischer Forschungseinrichtungen.

Ziel des Erfahrungsaustauschs war die Präsentation und gemeinsame Diskussion unterschiedlicher Länderstrategien, ein Abgleich bereitgestellter Strukturen, die Identifikation von Hindernissen und Potenzialen sowie die stärkere Vernetzung von Forschung und Industrie und die Ideenfindung für den Auf- und Ausbau deutsch-französischer Forschungsprojekte im Kontext Bioökonomie.

Im Rahmen weiterer Veranstaltungen während des Jubiläumsjahrs »50 Jahre Elysée-Vertrag zwischen Deutschland und Frankreich« konnte die Themenauswahl für erste strategische Projekte weiter eingegrenzt werden. Hauptaugenmerk liegt dabei auf Kooperationen in der industriellen Biotechnologie und grünen Biotechnologie sowie der Entwicklung gemeinsamer Forschungsk Kooperationen. Die Auswahl der Themen stellt zugleich eine Fortführung der im 4. Deutsch-Französischen Forschungsforum 2011 vereinbarten Schwerpunkte dar.

Eine intensive Fortführung der gemeinsamen Gespräche auf höchster Ebene ist bereits für Februar 2014 geplant. Der Workshop unter dem Titel »Perspektiven für die industrielle Biotechnologie und Bioökonomie – Wege zur Biologisierung von Schlüsselindustrien« adressiert wichtige Fragestellungen auf europäischer Ebene vor dem Hintergrund von Horizon 2020.

## Kontakt



**Dipl.-Oec. Tanja Gaudig**  
European Business Development  
Telefon +49 711 970-4096  
tanja.gaudig@igb.fraunhofer.de



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



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



## BERUFUNGEN UND PREISE

### Hugo-Geiger-Preis für Yannick Bantel

1

Für seine Diplomarbeit »Eine Protein-Protein-Interaktionsanalyse des Transkriptionsfaktors Tup1p mit Hilfe des erweiterten genetischen Codes« wurde Yannick Bantel aus der Abteilung Molekulare Biotechnologie auf der Fraunhofer-Jahrestagung mit einem der diesjährigen Hugo-Geiger-Preise ausgezeichnet. In seiner Diplomarbeit rückt er dem fakultativ pathogenen Erreger *Candida albicans* zu Leibe, der allein in Deutschland jährlich mehr als 10 000 Todesopfer fordert. Verantwortlich für die Pathogenität des Pilzes sind unter anderem bestimmte Proteine und deren Interaktionsmechanismen. Während viele der Proteine bekannt sind, wusste man über ihre Interaktionen jedoch sehr wenig – bislang.

Bantel nutzte für seine Forschung das Verfahren des erweiterten genetischen Codes: Er baute eine unnatürliche Aminosäure in den genetischen Code von *Candida albicans* ein. Auf diese Weise lassen sich maßgeschneiderte Proteine erzeugen, die in der Natur nicht vorkommen. Dem jungen Wissenschaftler gelang es mit der Methode nicht nur, Protein-Protein-Interaktionen im lebenden Organismus nachzuweisen, er identifizierte bislang unbekannte Interaktionen und dies mit hoher Spezifität und Effizienz. Seine Analysen bilden ein wichtiges Fundament für die Entwicklung möglicher Therapeutika und zeugen vom Potenzial des erweiterten genetischen Codes für die medizinische und industrielle Biotechnologie.

### Berufung von Petra Kluger an die Hochschule Reutlingen

Dr. Petra Kluger, eine der beiden Leiterinnen der Abteilung Zellsysteme sowie Gruppenleiterin für »Biomaterialien und Testsysteme« am Fraunhofer IGB, hat zum 1. November 2013 den Ruf auf eine Professur an die Hochschule Reutlingen angenommen. Kluger erhält eine sogenannte »shared Professorship« und hat damit die Möglichkeit, gleichzeitig an der Hochschule und in einem Forschungsinstitut zu arbeiten.

Sie übernimmt die Vorlesung zum Thema Tissue Engineering im Bachelor-Studiengang Biomedizinische Wissenschaften der Fakultät Angewandte Chemie. Ziel dieses Reutlinger Studiengangs ist die Ausbildung von Chemieingenieuren mit biomedizinischer Prägung, der Schwerpunkt liegt dabei auf Biomaterialien sowie deren Charakterisierung und der Interaktion mit dem biologischen System. Dem Studiengang kann Kluger neben ihrem Fachwissen vor allem auch praktische Erfahrungen als langjährige Lehrbeauftragte an den Universitäten Stuttgart und Hohenheim beisteuern. Letztes Jahr bekam sie den VDI-Ehrenring vor allem für ihr Engagement in der praktischen und theoretischen Betreuung des wissenschaftlichen Nachwuchses verliehen.

Am Fraunhofer IGB widmet sich Kluger schwerpunktmäßig der Wechselwirkung von menschlichen Zellen mit Biomaterialien, welche für medizinische und biologische Anwendungen wie der Optimierung von Implantaten oder Zellkulturgefäßen essenziell ist. Von der intensivierten Kooperation profitieren beide Partner – die Hochschule durch die verstärkte Anbindung an die praxisorientierte, angewandte Fraunhofer-Forschung; das Fraunhofer IGB durch neue Impulse und studentische Forschungsarbeiten der angehenden Nachwuchswissenschaftler.




---

### Susanne Bailer wird Privatdozentin an der Universität Stuttgart

---

Susanne Bailer, die sich bereits im Jahr 2005 an der Universität des Saarlandes, Homburg, im Fachbereich »Biochemie und Molekularbiologie« erfolgreich habilitiert hatte und anschließend an der Ludwig-Maximilians-Universität München umhabilitiert hat, unterzog sich 2013 dem Stuttgarter Umhabilitationsverfahren und erhielt den Titel Privatdozentin an der Universität Stuttgart in der Fakultät 4 »Energie-, Verfahrens- und Biotechnik«. Am 18. November 2013 hielt Bailer ihre Antrittsvorlesung mit dem Thema »Herpesviren – Fluch und Segen?«. Neben ihrer Lehrtätigkeit ist sie als Gruppenleiterin tätig, sowohl beim Fraunhofer IGB, hier für Infektionsbiologie und Arraytechnologie in der Abteilung Molekulare Biotechnologie, als auch am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP, dort im Bereich Biologische Grenzflächenverfahrenstechnik.

---

### Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« – 2 + 3 Ausgezeichnete IGB-Ideen

---

Mit 360 Gästen war das Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« Anfang Dezember 2013 in München wieder gut besucht. Zwei Kandidaten vom IGB waren zum Ideenwettbewerb geladen, bei dem in zwei Runden je zehn Wissenschaftler originelle Einfälle präsentieren – in einem 90 Sekunden dauernden »Elevator Pitch«. Da die Technik das Votum der Zuschauer in der ersten Runde nicht auswerten konnte, wurden alle zehn Vorschläge mit 25 000 € gefördert – darunter auch Dr. Kai Sohn mit seiner Projektidee zu einem »Genetischen Fingerabdruck«. In der zweiten Runde schaffte es Philipp Grimmer mit seiner Darbietung eines »Eisfreien Straßenbelags« dank Votum auf den zweiten Platz und zu 25 000 € Förderung.

### Genetischer Fingerabdruck für die Infektionsdiagnostik

Täter können über ihre Spuren am Tatort mithilfe des für jeden Menschen individuellen genetischen Fingerabdrucks überführt werden. Genauso sind bakterielle Krankheitserreger durch ein genetisches Profil gekennzeichnet. Dieses will sich Dr. Kai Sohn für die Diagnostik von Sepsiserregern zunutze machen. An der als »Blutvergiftung« bekannten Sepsis sterben in Deutschland jährlich mehr als 56 000 Menschen – häufig weil die Erreger, zumeist Bakterien, nicht rechtzeitig identifiziert und folglich nicht zielgerichtet bekämpft werden können. Sein Ansatz: Die DNA der im Blut der Patienten zirkulierenden Erreger soll isoliert und mit neuesten Verfahren der Hochdurchsatzsequenzierung entschlüsselt werden. Binnen weniger Stunden wüsste der Arzt in der Klinik anhand des genetischen Fingerabdrucks, mit welchen Erregern der Patient infiziert ist und welche Medikamente er geben muss.

### Eisfreier Straßenbelag

Schneefall und Eisglätte führen im Winter zu Unfällen und Verkehrschaos. Ein Straßenbelag, welcher Eis und Schnee selbstständig abtaut, würde für mehr Sicherheit sorgen – bis Räumfahrzeuge die betroffenen Straßen gestreut haben. Hierzu schwebt dem Doktoranden Philipp Grimmer ein Straßenbelag vor, in dem ein chemisches Taumittel, verkapselt in Kunststoffpartikel, eingelagert ist. Fällt die Temperatur unter den Gefrierpunkt, setzen die Partikel das Taumittel in den Asphalt frei, so die Idee. Das Taumittel diffundiert an die Straßenoberfläche und bringt Eis und Schnee zum Schmelzen. Leere Partikel sollen nach der Entladung wieder aufgefüllt werden – mit dem Taumittel der anrückenden Streufahrzeuge.



## 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.

### Fraunhofer Talent School

Nach einem Jahr Pause fand im Jahr 2013 wieder eine Fraunhofer Talent School in Stuttgart statt. Dr. Kai Sohn, Stv. Abteilungsleiter Molekulare Biotechnologie, leitete zum vierten Mal einen Workshop zum Thema Genomanalyse. »CSI Stuttgart – Vom genetischen Fingerabdruck zur Täteridentifizierung« war das Motto des Workshops, der auf anschauliche Weise die Grundlagen des genetischen Codes vermittelte. Dazu wurde DNA aus Speichelproben der Teilnehmer isoliert und molekular charakterisiert. Jeder Teilnehmer konnte so sein persönliches »DNA-Portrait« mit nach Hause nehmen. Die Schüler waren von den Möglichkeiten, Einblicke in die Arbeitsweise eines Wissenschaftlers und in spannende Forschungsthemen zu erhalten, begeistert. Auch 2014 wird Kai Sohn mit einem Workshop wieder zum Gelingen der Fraunhofer Talent School Stuttgart beitragen.

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

### Girls' Day bei Fraunhofer in Stuttgart

1 + 2

Derzeit haben wir in Deutschland die bestausgebildete junge Frauengruppe der Geschichte. Mehr als die Hälfte der Abiturienten beispielsweise sind 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 (BMBF) 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 2013 waren 89 interessierte Mädchen in Stuttgart. Die beiden Workshops am Fraunhofer IGB »Wie stellt man Emulsionen und Haarshampoo her?« und »Ich schau dir in die Augen, Kleines« fanden bei den Mädchen großen Anklang. Der nächste Girls' Day findet am 27. März 2014 statt.

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




---

## BOGY – Berufs- und Studienorientierung an Gymnasien

---

18 Schülerinnen und Schüler haben 2013 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. November 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 über die verschiedenen Arbeitsgebiete der Institute zu informieren sowie Möglichkeiten eines Berufseinstiegs bei der Fraunhofer-Gesellschaft und speziell den Stuttgarter Instituten kennenzulernen. Mit der Frage »Alternative: Industrie?« wurden den Teilnehmern auch die verschiedenen Karrierewege bei Fraunhofer aufgezeigt. Äußerst positive Resonanz und regelmäßig hohe Teilnehmerzahlen spiegeln den

Erfolg der Veranstaltung wider, die seit 2007 einmal jährlich stattfindet.

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

---

## Ausbildung am Fraunhofer IGB

3

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 und seit 2013 auch Fachinformatiker für Systemintegration 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.

---

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

[www.igb.fraunhofer.de/karriere](http://www.igb.fraunhofer.de/karriere)





4



5

---

## Ideen 2020 – 4 + 5 Ein Rundgang durch die Welt von morgen

---

Wie wird unsere Zukunft aussehen? Woher kommt die Energie von morgen? Wie können wir bis ins hohe Alter gesund bleiben? Für den gesellschaftlichen Bedarf der heutigen und der nachfolgenden Generationen an zukunftsfähigen Lösungen entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Visionen, eröffnen durch Forschung neue Optionen und begleiten mit neuen Ideen globale Veränderungen.

Die vom BMBF geförderte Ausstellung »Ideen 2020 – Ein Rundgang durch die Welt von morgen«, eine Initiative der Helmholtz-Gemeinschaft in Kooperation mit der Fraunhofer-Gesellschaft, Leibniz-Gemeinschaft, Max-Planck-Gesellschaft und anderen wissenschaftlichen Institutionen, macht mit einem neuartigen Ausstellungskonzept die Komplexität und Vielfalt der Wissenschaft nahbar und lädt zur Interaktion ein. Inhaltlich orientiert sich »Ideen 2020« an der Hightech-Strategie der Bundesregierung, die als nationale Strategie Ziele und Prioritäten für mehr Innovationskraft bündelt.

Der »Rundgang durch die Welt von morgen« führt entlang an sieben Stelen, die für sieben große Herausforderungen stehen. Sie können bestaunt, berührt und verändert werden. Auf Multitouch-Bildschirmen erhält der Besucher Einblicke in die Arbeit der Wissenschaftler und kann seine Fragen zur Zukunft stellen. Zukunftsweisende Projekte und Themen des Fraunhofer IGB wie das »Semi-dezentrale urbane Wassermanagement DEUS 21«, das Projekt »EtaMax – Gewinnung von Kraftstoff aus Marktabfällen« und Forschungsarbeiten rund um die »Natur als chemische Fabrik« werden hier in Foto und Film dargestellt. Die Ausstellung startete im März 2013 in Berlin und ist bis Ende 2014 an verschiedenen Orten in Deutschland zu besichtigen.

[www.ideen2020.de](http://www.ideen2020.de)



## NACHHALTIGE ENTWICKLUNG IM DIALOG

Während wir 2013 auf fünf Jahre Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit sowie auf 300 Jahre »Sylvicultura oeconomica« von Hans Carl von Carlowitz, Begründer der Idee der Nachhaltigkeit, zurückblicken konnten, richten wir mit unserer Forschung am Fraunhofer IGB den Blick auf eine nachhaltige Zukunft. Die Aktivitäten der institutsübergreifenden Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit (AGN) am Fraunhofer-Campus Stuttgart standen im vergangenen Jahr im Zeichen einer vernetzenden Forschung für Nachhaltigkeit. Ideen für eine verantwortungsvolle Entwicklung der Fraunhofer-Institute hat das Fraunhofer IGB ebenso innerhalb des Projekts »Leitfaden Nachhaltigkeitsberichterstattung« beigetragen, in dem die breitgefächerte Erfahrungs- und Wissensplattform iLena für alle Fraunhofer-Institute bereitgestellt wird.

### »IZS – ein Campus – unzählige Ideen«

1

Nach dem ersten Aktionstag im Vorjahr bot die Aktionswoche Nachhaltigkeit im Juni 2013 die Gelegenheit zum wissenschaftlichen Austausch sowie zur Information und Diskussion rund um das Thema Nachhaltigkeit. Den Auftakt für einen campusweiten Projektwettbewerb gab eine Forschungsbörse, zu der vorrangig alle wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart (IZS) eingeladen waren. Die Teilnehmer konnten Projektideen vorstellen, Synergien entdecken und Partner für Kooperationen finden. Die vorgestellten Ideen reichten von einer Smartphone-App für naturschutzbewusstes Angeln bis hin zu einem Standortkonzept für ein Wissenschafts- und Erlebniszentrum für Nachwuchsforscher.

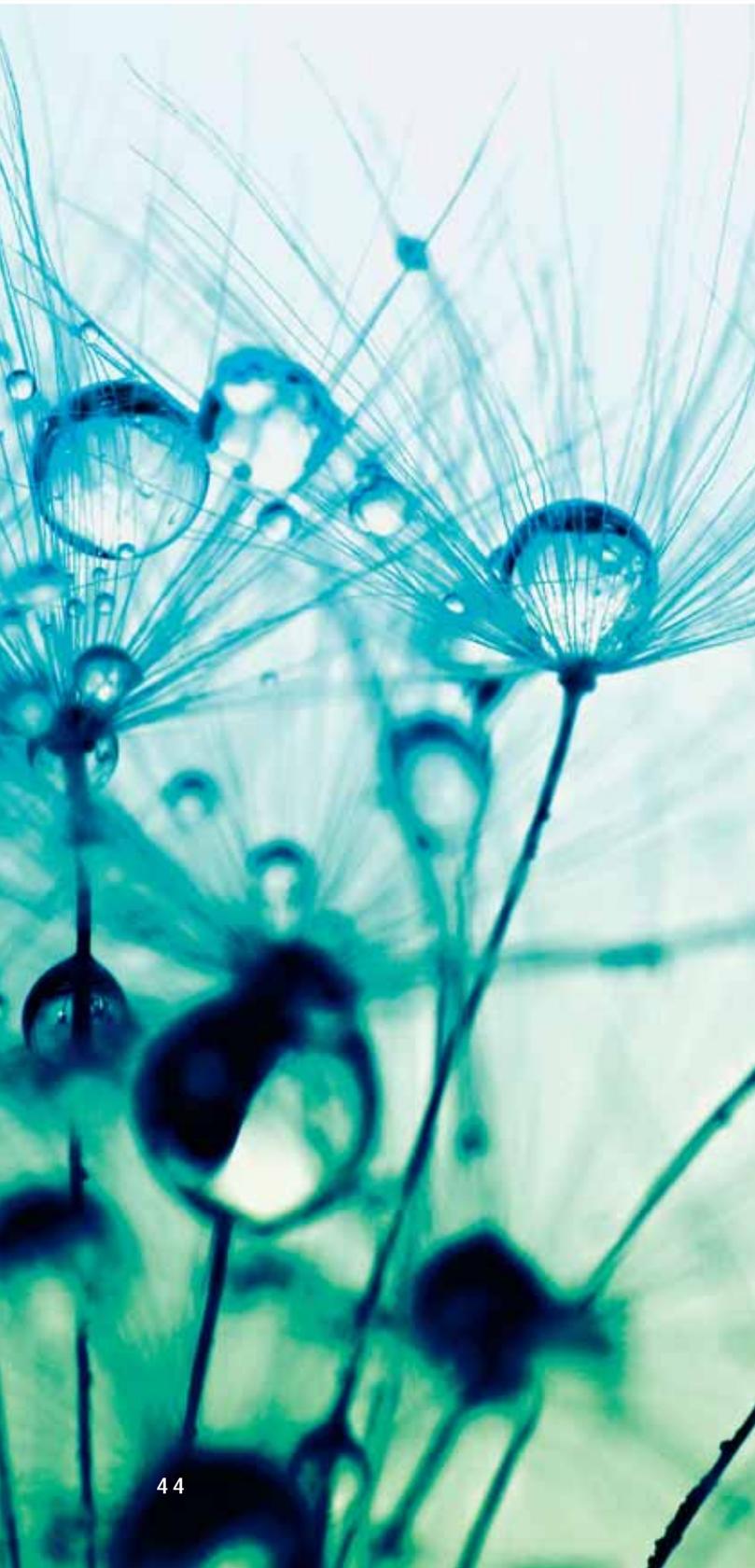
Die weiteren Angebote der Aktionswoche umfassten neben regionalen Gerichten im Betriebsrestaurant piccante Präsentationen über das Nachhaltigkeitsmanagement in der Fraunhofer-Gesellschaft sowie über die Integration von Telefon- und Videokonferenzen in den Arbeitsalltag und wurden von interessierten Zuhörern verfolgt. Damit setzte die AGN ihre Informationsreihe aus IZS-weit verteilten Infoblättern und

Veranstaltungen fort, die alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu ressourcenschonendem Verhalten anregen will.

An die Forschungsbörse schloss sich bis zum Herbst der Wettbewerb um eine von den fünf Stuttgarter Fraunhofer-Instituten bereitgestellte Fördersumme von 30 000 € an. In einem zweiten Workshop wurden die ausgearbeiteten Projektideen zur nachhaltigen Entwicklung von den Projektteams aus mindestens zwei Instituten vorgestellt. Die Jury aus Institutsleitungen und AGN wählte schließlich die folgenden drei Projekte aus, die eine Anschubfinanzierung erhielten:

- »Software-Tool für Gebäudeträger zur ökologischen und ökonomisch optimierten Sanierung von Bestandsquartieren« (IAO, IBP)
- »Stoffliche Verwertung von Kohlenstoffdioxid bei der Algenproduktion« (IBP, IGB)
- »Entwicklung eines Konzepts für ein Zukunfts-Center mit Nachhaltigkeits-Technologie-Akademie in der Metropolregion Stuttgart« (alle fünf Institute)

Das Fraunhofer IGB ist damit in zwei Projekten vertreten.



---

### Von guten Beispielen lernen

---

Innerhalb des Projekts »Leitfaden Nachhaltigkeitsberichterstattung«, dem zweiten im Kontext Nachhaltigkeit vom Fraunhofer-Vorstand finanzierten Projekt, stand das Fraunhofer IGB mit den Netzwerk-Instituten in intensivem Dialog. Neben einem gedruckten Leitfaden entstand dabei die intranetbasierte Plattform zur Nachhaltigkeitsberichterstattung »iLENA«, die nun allen Fraunhofer-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeitern offensteht und Wissenswertes zur Nachhaltigkeit bei Fraunhofer bereithält. Um die Fraunhofer-Institute darin zu unterstützen, ein eigenes Nachhaltigkeitsmanagement aufzubauen, einen Nachhaltigkeitsbericht zu schreiben oder zunächst einfach wirkungsvolle Maßnahmen im täglichen Betrieb umzusetzen, ist dort der Erfahrungsschatz aus der Netzwerkarbeit dargestellt.

Zum einen wird der internationale Standard der Global Reporting Initiative zur Erstellung eines Nachhaltigkeitsberichts angepasst an die Fraunhofer-Bedingungen beschrieben, zum anderen beinhaltet die Plattform eine große Sammlung an Best-Practice-Beispielen zu den vielfältigen Aspekten verantwortungsvoller Unternehmensführung, die zur Nachahmung anregen sollen. Das Fraunhofer IGB konnte bereits zahlreiche Beispiele beitragen, wie etwa das Angebot von hausinternen Deutschkursen für ausländische Beschäftigte oder das Verwertungskonzept beim Rückbau des alten Demonstrationszentrum-Gebäudes.

Teil des Projekts war darüber hinaus der Aufbau eines modularen Schulungskonzepts, um die Erfahrungen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung weiteren Instituten aktiv zur Verfügung zu stellen. Wissenschaftler des IGB wirkten sowohl an der Entwicklung des Konzepts als auch in den Pilotschulungen zur Erprobung mit. Sowohl Schulungsinhalte als auch Projekterfahrungen fließen nun ein in den zweiten standortweiten Nachhaltigkeitsbericht des Fraunhofer IZS.



---

## Dialog mit Stakeholdern

---

Wie können wir Biomasse heute und künftig nachhaltig nutzen und welchen Beitrag kann die Forschung dazu leisten? Um diese Fragen ging es im ersten Fraunhofer-Forschungsdialog, einer Veranstaltungsreihe, die im November 2013 im Sinne der Mitgestaltung der Fraunhofer-Gesellschaft durch unsere Stakeholder gestartet ist. Nach diesem für unser Institut wesentlichen Forschungsthema werden weitere Themen jeweils mit Vertretern aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft diskutiert.

---

## Ein Leitfaden für Forschungsorganisationen

---

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat mit ihren vielfältigen Aktivitäten zur nachhaltigen Entwicklung eine Vorreiterrolle in der deutschen Forschungslandschaft eingenommen. Vom BMBF hat sie daher den Auftrag erhalten, auf Basis ihrer eigenen Erfahrungen ein gemeinsames Forschungsvorhaben mit weiteren großen außeruniversitären Forschungseinrichtungen (Helmholtz-Gemeinschaft und Leibniz-Gemeinschaft) zu initiieren. Das Projekt startete im Dezember 2013 unter Beteiligung des Fraunhofer IGB. Wissenschaftliche Zielsetzung ist es, einen Ansatz zu entwickeln, der allen Einrichtungen, Zentren und Instituten als Leitfaden für ein forschungsspezifisches Nachhaltigkeitsmanagement dient.

## Kontakt



**Dr. Birgit Haller**

Telefon +49 711 970-4083

[birgit.haller@igb.fraunhofer.de](mailto:birgit.haller@igb.fraunhofer.de)

---

Weitere Informationen zu  
Nachhaltigkeit bei Fraunhofer  
finden Sie unter:

[www.nachhaltigkeit.fraunhofer.de](http://www.nachhaltigkeit.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 67 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 23 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2 Mrd €. Davon fallen rund 1,7 Mrd € 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 Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

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

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

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

<sup>1</sup> Joseph von Fraunhofer (Mitte) (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.

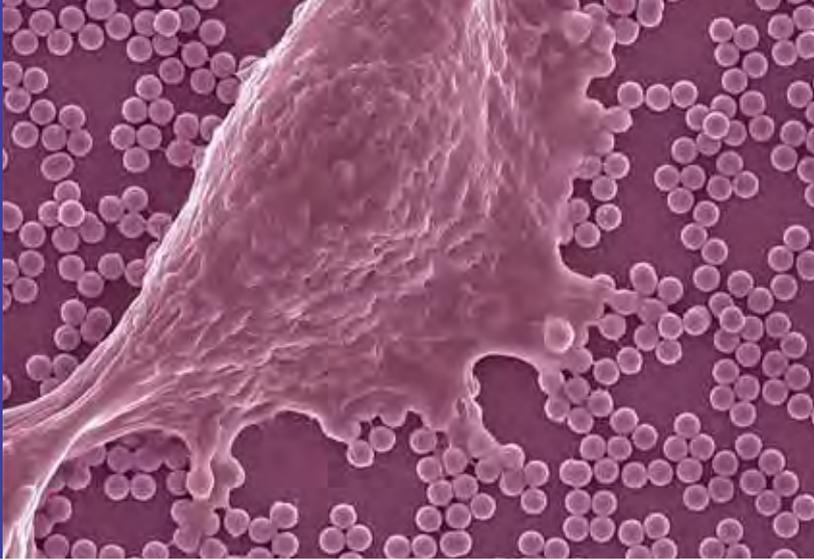
### Etablierte Herstellungsverfahren

- 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 und Graphen 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)
- Quantitative Erfassung von chemischen Radikalen mit Elektronenspinresonanz-Spektroskopie
- 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)
- Verfahrens- und Anlagenentwicklung

#### Kontakt



#### Dr. Christian Oehr

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

- Entwicklung und Bewertung von Plasmareinigungs- und -sterilisationsprozessen
- Entwicklung von Tinten durch Verwendung von Biomaterialien für die Herstellung biokompatibler oder bioaktiver gedruckter Strukturen
- 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
- 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, Medizin/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 und Biomarkerentwicklung auf Grundlage der DNA-Hochdurchsatzsequenzierung) 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 und Faktor VII als auch für chemische Produkte wie Biotenside und Dicarbonsäuren entwickelt. Die Arbeiten reichen dabei von der molekularbiologischen Optimierung der Produktionsstämmen bis hin 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 eine vereinfachte Produktaufreinigung, ist zentrale Kompetenz, sowohl für mikrobielle Produktionsverfahren wie auch für die Produktion von Pharmaproteinen aus humanen Zelllinien. In der Infektionsbiologie führt die Kombination von Methoden

der funktionellen Genomanalyse mit unserer Expertise in der Zellkulturtechnik und in der Infektionsbiologie zu einem Alleinstellungsmerkmal in der Entwicklung von Infektionsmodellen, Testsystemen und Diagnostika.

Unser Ziel ist es, die in der Natur vorkommenden Prozesse zu erkennen und ihre Vielfalt in biotechnologischen Wertschöpfungsprozessen oder für die Entwicklung neuer Diagnostika und Therapeutika einzusetzen. Die neuen Technologien in der Genom- und Proteomanalytik beispielsweise ermöglichen es uns, 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 eröffnen 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 und Chemie. 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 klinischer Prüfmuster.

#### Leistungsangebot

- Target- und Wirkstoff-Screening für Antiinfektiva (2D- und LC-Proteomics, DNA-Microarrays, Parallelsequenzierung, Infektionsmodelle, Screening-Assays)
- Genexpressionsanalysen im Kundenauftrag
- Hochdurchsatzsequenzierung von Genomen und Transkriptomen
- Entwicklung von DNA-Microarrays: Sondendesign, Herstellung von PCR-Fragmenten, Kontaktprinting und Hybridisierung
- Zellbasierte Assays: Antivirale Assays (GLP), Pyrogen-detektion (GLP), 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

#### Kontakt



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

Abteilungsleiter

Molekulare Biotechnologie

Telefon +49 711 970-4045

steffen.rupp@igb.fraunhofer.de

#### 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)
- Hochdurchsatz-DNA-Parallelsequenzierung zur Nukleinsäureanalytik (Illumina, Roche)
- 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 Liter non-GLP
- Anlagen zur Proteinaufreinigung
- Aufschlussgeräte (Kugelmöhlen etc.), Multifermentationsanlagen für die Bioprozessentwicklung und Kleinfementer (bis 30 Liter) 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. Unsere Kunden sind Hersteller von Prozesskomponenten, verfahrenstechnische Anlagenbauer, aber auch Anwender aus verschiedenen Industriebereichen wie beispielsweise der Papierindustrie, Metallverarbeitung, Lebensmittelindustrie oder der Versorgung mit Trinkwasser.

### Aktuelle thematische Schwerpunkte

- Wärmespeicherung mit thermo-chemischen Prozessen
- Abtrennung von Feuchte aus Gasen mit Sorptionssystemen
- Integrierte Rückgewinnung flüchtiger Stoffe bei der Trocknung mit überhitztem Dampf
- Rückgewinnung anorganischer Nährstoffe
- Herstellung von Bodenverbesserungssubstraten aus organischen Reststoffen
- Elektrolytische und photolytische Wasseraufbereitung
- Stabilisierung von Lebensmitteln und biogenen Produkten mit Druckwechseltechnologie
- Anwendung elektrischer Felder zur selektiven Stofftrennung
- Mikrowellentechnik für den gezielten und schnellen Energieeintrag

Bei der Anwendung dieser technischen Kompetenzen stellt die Fokussierung auf die Nachhaltigkeit unserer Entwicklungen ein zentrales Qualitätskriterium dar. So werden Primärstoffströme durch Stoffrecycling substituiert, Verfahrensprozesse für die effiziente Nutzung regenerativ bereitgestellter elektrischer Energie ertüchtigt oder die Effizienz der Energienutzung gesteigert. Hierdurch ergibt sich direkt auch eine verbesserte Wirtschaftlichkeit der Prozesse, sodass mit unserem Ansatz

ökologische und ökonomische Anforderungen gleichermaßen erfüllt werden. Ein Beispiel ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Speicherung von Wärme, 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 Aufkonzentrierung hoch belasteter Prozessabwässer 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 Modellierung 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 und 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 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 – kontaminationsresistent, kontinuierlich und aseptisch (nicht steril) – zur Herstellung von Basischemikalien, die energetisch, im Sinne gewünschter Nutzenergieformen (Methan, Ethanol, Methanol), oder stofflich genutzt 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 Abreicherung.

- Methoden des klassischen und des »kontinuierlichen« Hochdurchsatzscreenings nach autochthonen Produktionsstämmen, die für robuste Prozesse geeignet sind oder neue Produktlinien eröffnen
- Bioproduktionsverfahren, auch mit partieller oder vollständiger Zellrückhaltung
- Kultivierung von Mikroalgen in Photobioreaktoren
- Mikrobiologische Charakterisierung von Oberflächen mit Standard- 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 Biomasse- 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 Technikooptionen 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

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

#### 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)

- Gärtests nach VDI 4630
  - Bioleaching, Biosorption, Biofällung zu Gewinnung von Metallen aus unterschiedlichen Prozesswässern und Abfällen mit verschiedenen Reaktorkonfigurationen
- #### Infrastruktur und Geräteausstattung
- Technikum für Umwelt- und Bioverfahrenstechnik
  - Bioreaktoren im Labor-, Pilot- und technischen 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, 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 unter geltenden GLP- (Good Laboratory Practice) oder GMP- (Good Manufacturing Practice) Vorschriften, 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 Biomaterialien und biologisierte, 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 und der Multiphotonen-induzierten Mikroskopie etablieren wir daher nicht-invasive Nachweismethoden.

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.

Des Weiteren werden Verfahren zum Aufbau dreidimensionaler organotypischer kardiovaskulärer Zellkulturen als Testgewebe oder zur Geweberekonstruktion entwickelt. Hierbei kommen vor allem humane embryonale und induziert-pluripotente Stammzellen zum Einsatz.

### Kompetenzen

- Isolierung und Kultivierung primärer Zellen aus verschiedenen Geweben und Spezies entsprechend der geltenden GLP- oder GMP-Vorschriften
  - ┆ Biomaterialentwicklung unter Verwendung gewebsspezifischer extrazellulärer Matrixproteine
  - ┆ Mikro- oder nanostrukturierte Materialoberflächen
  - ┆ Haut inklusive Hauttumoren, Darm, kardiovaskuläre Gewebe
- Etablierung von Verfahren zum Aufbau dreidimensionaler organotypischer Zellkulturen als Testgewebe oder zur Geweberekonstruktion
  - ┆ Biologische und biologisierte Matrices
  - ┆ Gewebespezifische, PC-gesteuerte Bioreaktoren
- Etablierung von Methoden zur zerstörungsfreien Zell- und Gewebecharakterisierung mittels der Raman-Spektroskopie und der Multiphotonen-induzierten Mikroskopie



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 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 individualisierbare Testsysteme und 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 Knorpeltransplantat vor.

### Leistungsangebot

- Zellkulturtechnik von primären humanen Zellen und Stammzellen sowie den spezifischen Zellkulturmedien
  - ┆ Testung der Biokompatibilität entsprechend DIN ISO 10993-5
- Zellbiologische Analytik
  - ┆ Molekularbiologische, histologische und immunhistologische Methoden
  - ┆ Durchflusszytometrie (FACS)
  - ┆ Moderne Verfahren der digitalen Bildverarbeitung wie Mikrodisektion
  - ┆ Raman-Spektroskopie und Multiphotonen-induzierten Mikroskopie
- Etablierung diverser 3D-Gewebemodelle
  - ┆ Akkreditiert für REACH-Untersuchungen
  - ┆ Alternativen zum Tierversuch für die Kosmetika-Entwicklung

### Kontakt



#### Prof. Dr. Petra Kluger

Abteilungsleiterin Zellsysteme  
 Telefon +49 711 970-4072  
[petra.kluger@igb.fraunhofer.de](mailto:petra.kluger@igb.fraunhofer.de)



#### Prof. Dr. Katja Schenke-Layland

Abteilungsleiterin Zellsysteme  
 Telefon +49 711 970-4082  
[katja.schenke-layland@igb.fraunhofer.de](mailto:katja.schenke-layland@igb.fraunhofer.de)

- ┆ ADMET-Untersuchungen zum Substanz- und Medikamenten-Screening
- ┆ Target-Screening für neue Therapeutika und Infektionsbiologie
- Entwicklung spezifischer, PC-gesteuerter Bioreaktorsysteme für die Kultivierung dreidimensionaler 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 inverse konfokale Fluoreszenz- und Multiphotonenmikroskop-Systeme, Raman-Spektroskop, FACS und P.A.L.M. Mikrodisektionsanlage
- 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, Labors, 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 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 folgende Forschungsschwerpunkte verfolgt:

- Gewinnung hochwertiger Extraktstoffe aus biogenen Roh- und Reststoffen
- Aufschluss von Lignozellulose, Trennung und stoffliche Nutzung der Komponenten
- Prozessentwicklung zur Gewinnung neuer technischer Enzyme
- Herstellung biobasierter Alkohole, Säuren und Olefine durch Fermentation und chemische Verfahren
- Funktionalisierung pflanzlicher Öle – z. B. biotechnologische Epoxidierung und  $\omega$ -Funktionalisierung

Das Fraunhofer CBP setzt seinen Fokus auf die Entwicklung nachhaltiger Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette zur Herstellung von Produkten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Ziel ist die integrierte und 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 20 kg/h auch unter hohen Prozessdrücken sowie verschiedenste Aufbereitungs- und Aufarbeitungstechniken bereit. Mit diesem flexibel einsetzbaren Bioaffineriekonzept können Rohstoffe wie pflanzliche Öle, Zellulose, Lignozellulose, Stärke oder Zucker aufbereitet und zu chemischen Produkten umgesetzt werden.

### Infrastruktur und Geräteausstattung

- Aufschluss und Komponententrennung von Lignozellulose unter Verwendung organischer Lösungsmittel mit einer Kapazität von 1 Tonne Biomasse/Woche
- Fermentationskapazitäten von 10/100/1000 und 10 000 Liter und Ausstattung für die Aufarbeitung der Fermentationsprodukte (Downstream Processing)
- Enzymreaktoren bis 1000 Liter
- Verschiedene Prozesseinheiten für chemische Reaktionen (kontinuierlich bis 20 kg/h, diskontinuierlich bis 100 Liter bei Temperaturen bis zu 500 °C und Drücken bis 300 bar)
- Mechanische und thermische Trennverfahren (inkl. Hochtemperaturrektifikation bis 350 °C bei reduzierten Drücken und Extraktion mit l-Propan und sc-CO<sub>2</sub>)

### 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

Die Projektgruppe BioCat entwickelt »Katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe«. Dabei stehen die Entwicklung neuer chemischer und Biokatalysatoren und deren Anwendung in technischen Verfahren im Fokus. Ausgehend von Substraten wie Biomasse, CO<sub>2</sub> sowie Reststoff- oder Abfallströmen, wird das komplette Spektrum der Katalyse betrachtet, zusammengesetzt aus homogener und heterogener chemischer Katalyse, enzymatischer und Ganzzellkatalyse sowie insbesondere Kombinationen daraus, um aus den genannten Substraten neue Produkte herzustellen. Diese Produkte beinhalten beispielsweise Epoxide und Monomere für die Polymerindustrie von aus Pflanzen und Reststoffen der Holzverarbeitung gewonnenen Terpenen. Weiterhin umfassen die neuen Produkte Monomere für leitfähige Polymere aus Lignin sowie funktionalisierte Carbonsäuren als auch biobasierte Tenside aus Zuckern, pflanzlichen Ölen und Fettsäuren. Zusätzlich erarbeitet die Projektgruppe neue Verfahren, um überschüssige elektrische Energie durch Bindung und Umwandlung von CO<sub>2</sub> in Kraftstoffe zu nutzen. Diese Produkte bzw. die entsprechenden Verfahren werden zum einen Unternehmen zur Produktion von Bulk- und Feinchemikalien bereitgestellt. Zum anderen können sie zur Speicherung von regenerativer Energie in chemischen Energieträgern, beispielsweise in Form länger-kettiger Kohlenwasserstoffe, dienen und somit einen Beitrag zum Gelingen der Energiewende liefern. Dabei ist angestrebt, eine bestmögliche Wertschöpfung vom Rohstoff zum biobasierten Endprodukt zu erreichen.

Heute schon muss die nächste Generation von Katalysatoren und Verfahren entwickelt werden, die es erlauben, Biomasse,

biogene Rest- und Abfallstoffe sowie CO<sub>2</sub> als wesentliche Rohstoffquellen anstelle fossilen Erdöls zu verwenden. Die Projektgruppe BioCat möchte diese Entwicklung vor dem Hintergrund einer »nachhaltigen Chemie« beschleunigen und entscheidend prägen. Dafür verfolgt sie den Ansatz, neue chemo- und biokatalytische Verfahren zu entwickeln und vor allem chemische und biotechnologische Methoden geeignet zu kombinieren, um die stoffliche Vielfalt pflanzlicher Biomasse und die Vorteile von chemischer und Biokatalyse in Kombination vollständig zu nutzen.

Die Projektgruppe BioCat vereint Biotechnologen, Molekularbiologen und Chemiker der Bereiche Katalyse und Synthese, die neben den jeweiligen Fachkenntnissen in Biotechnologie (Enzymtechnik, 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, insbesondere Entwicklungsarbeiten in den Bereichen (i) neue Katalysatoren bzw. Optimierung von Katalysatoren und bestehenden Prozessen, (ii) neue Stoffe und (iii) neue Reaktionen Hand in Hand mit zukünftigen Auftraggebern durchzuführen. Die Entwicklungsarbeiten werden vor allem durch bestehende Analytikmethoden wie GC-MS, LC-MS, NMR und Elektroanalytik gestützt.

Die Projektgruppe BioCat kombiniert Bio- und chemische Katalyse in enger Zusammenarbeit mit der TU München, den Abteilungen des Fraunhofer IGB, dem Fraunhofer ICT, Pfinztal, und dem Fraunhofer UMSICHT, Institutsteil



Sulzbach-Rosenberg. In gemeinsamen Projekten werden so Themen zur Umwandlung nachwachsender Rohstoffe und Speicherung elektrischer Energie in Kohlenwasserstoffen behandelt.

#### Leistungsangebot

- 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
- Hochauflösende NMR-Analytik (400 MHz) in Lösung zur Molekülstrukturaufklärung, Reaktionsverfolgung, Tieftemperaturanalytik, Methodenentwicklung
- Elektroanalytische Methoden (z. B. Cyklovoltammetrie, Chronoamperometrie, elektrochemische Impedanzspektroskopie)

#### Infrastruktur und Geräteausstattung

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



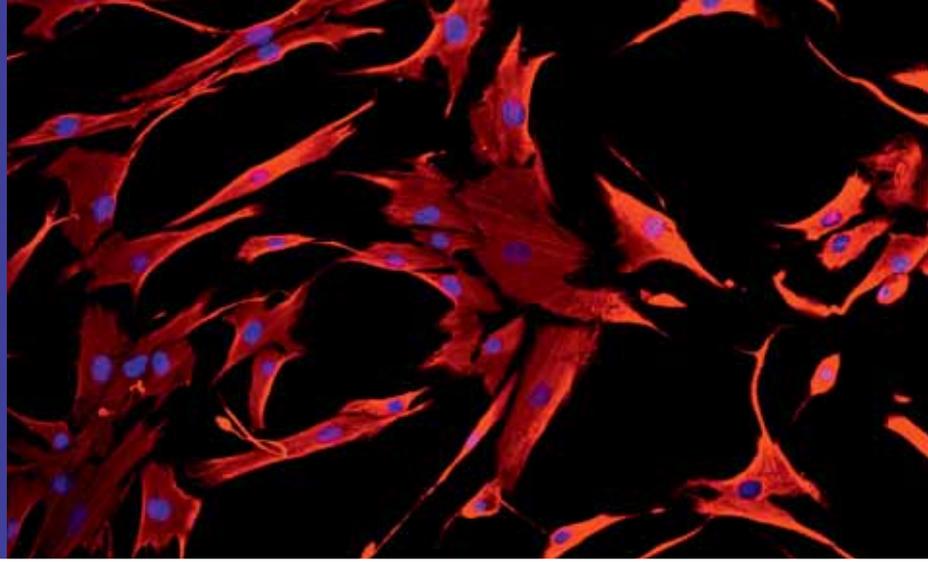
**Prof. Dr. Volker Sieber**

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



**Dr. Michael Hofer**

Stellv. Leiter Projektgruppe BioCat  
Telefon +49 9421 187-350  
[michael.hofer@igb.fraunhofer.de](mailto:michael.hofer@igb.fraunhofer.de)



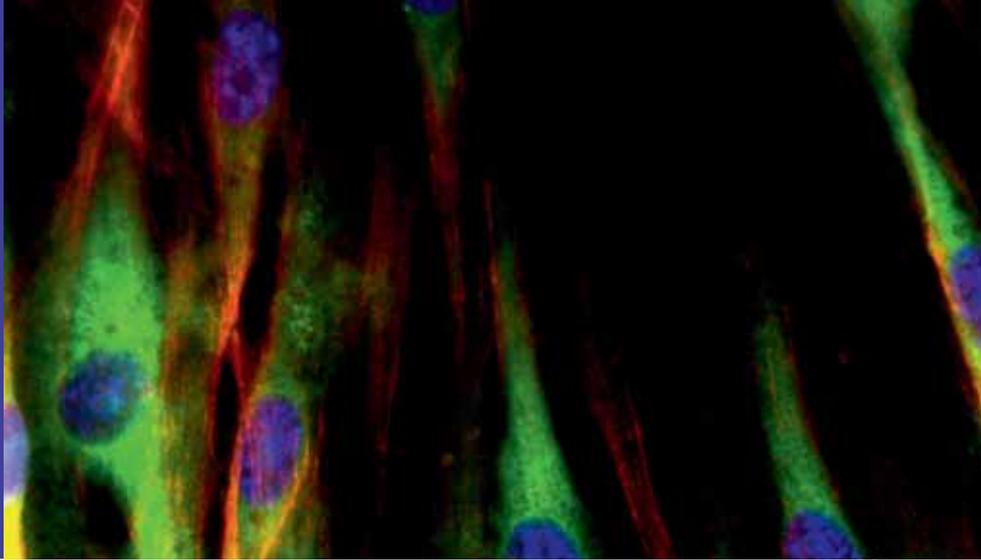
## FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE »REGENERATIVE TECHNOLOGIEN FÜR DIE ONKOLOGIE«

Die Projektgruppe »Regenerative Technologien für die Onkologie« realisiert in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl »Tissue Engineering und Regenerative Medizin« am Universitätsklinikum Würzburg Methoden und Verfahren zur Entwicklung von Therapeutika gegen Krebs. Diese Therapeutika werden entlang der Wertschöpfungskette von einem interdisziplinären und internationalen Team – als Fraunhofer-Schnittstelle zwischen Gesundheitsforschung und Medizintechnik am Standort Würzburg – unter Verwendung humaner, vaskularisierter 3D-(Tumor-)Gewebeamodelle in präklinische und klinische Studien eingebracht. Allein in Deutschland erkranken jedes Jahr 450 000 Menschen an Krebs, 216 000 Menschen sterben jährlich daran. Krebszellen wachsen unkontrolliert und bilden für ihre Nährstoffversorgung eigene Blutgefäße aus. Viele Tumore siedeln über das Blut- oder Lymphsystem in weit entfernte Organe und bilden dort Metastasen, welche eine Krebserkrankung oft unheilbar machen. Ein wichtiges Ziel der Projektgruppe ist es daher, die Mechanismen der Tumorentstehung und des Krebswachstums, der Bildung von Metastasen und deren Verteilung im menschlichen Körper aufzuklären.

Der wissenschaftliche Fokus unserer Arbeiten liegt auf der Entwicklung von humanen 3D-Gewebeäquivalenten auf einer azellularen, vaskularisierten Darmmatrix (BioVaSc). Mit Methoden des Tissue Engineerings stellen wir auf der BioVaSc in Kombination mit primären Tumorzellen und verschiedenen Tumor-Zelllinien humane 3D-Tumorgewebe her, um die Mechanismen neuartiger Therapiestrategien in einer komplexen

humanen pathologischen Umgebung untersuchen zu können. Der Projektgruppe ist es gelungen, verschiedene Tumormodelle in unterschiedlicher Komplexität zu etablieren, so zum Beispiel ein Lungentumormodell oder Modelle für das kolorektale Karzinom, für Brustkrebs, Leukämie und für maligne periphere Nervenscheidentumore (MPNST). Neben der Teilungsrate und Apoptose der Tumorzellen können nun verschiedene molekulare Aktivierungen und Inhibitionen von Signalkaskaden nach der Behandlung mit einem Wirkstoff gemessen werden. Basierend auf diesen Daten werden in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Bioinformatik der Universität Würzburg »In-silico«-Modelle erstellt, verfeinert und validiert.

Die Verwendung von 2D-Monolayerkulturen und Zelllinien stößt bei der Aufklärung von regenerativen Mechanismen, der Untersuchung physiologischer Barrierefunktionen und von Resorptionsvorgängen im menschlichen Organismus an ihre Grenzen. Wir entwickeln daher, basierend auf der BioVaSc, komplexe Gewebemodelle der menschlichen Barrieren Haut, Cornea, Darm, Trachea, Lunge und der Blut-Hirn-Schranke. Diese adaptieren wir an Erkrankungen (Disease-Modelle) oder simulieren Infektionen von Krankheitserregern und etablieren dazu Langzeitkulturen. Im EU-Projekt IDEA nutzen wir vaskularisierte Gewebemodelle, um Diagnostika (Nanopartikel) zu entwickeln und deren Unbedenklichkeit zu untersuchen. In den EU-Projekten Bio-Inspire und VascuBone entwickeln wir stammzellbasierte muskuloskeletale Therapien; die notwendigen präklinischen Studien werden mit Partnern in Norwegen, Österreich und Australien durchgeführt. Die klinischen Studien



dieser neuen innovativen ATMPs (Advanced Therapy Medicinal Products) sind in Deutschland, Österreich und Norwegen in der Vorbereitung. Die Kultivierung unserer vaskularisierten Matrix (BioVaSc) in spezifischen Bioreaktoren wurde nun auch unter GMP-Bedingungen in Kooperation mit dem Universitätsklinikum Würzburg etabliert. Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projekts bereiten wir erste klinische Studien für ein Trachea-Transplantat vor, das auf der BioVaSc basiert.

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

#### 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 vaskularisierter Gewebemodelle, besonders der menschlichen Barriere-Organen
- Entwicklung von Krankheits- und Infektionsmodellen basierend auf den Gewebemodellen
- Aufbau von Kokulturen zur Generierung humaner solider Tumoren in vitro als Tumortestsysteme
- Entwicklung spezifischer Bioreaktoren, Sensoren und Inkubatoren für das Tissue Engineering
- Entwicklung humaner vaskularisierter (Tumor)gewebe zur Etablierung individueller Diagnostika und personalisierter Therapien, auch ATMPs
- Zellbiologische Analytik der Tumorgewebe: Molekularbiologische, histologische und immunhistologische Methoden, Durchflusszytometrie (FACS)
- Target-Screening für neue Tumor-Therapeutika

#### Kontakt

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

##### Projektgruppe »Regenerative Technologien für die Onkologie«

c/o Universitätsklinikum Würzburg

Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin  
Röntgenring 11 | 97070 Würzburg



**Prof. Dr. Heike Walles**

Telefon +49 931 31-88828

Fax +49 931 31-81068

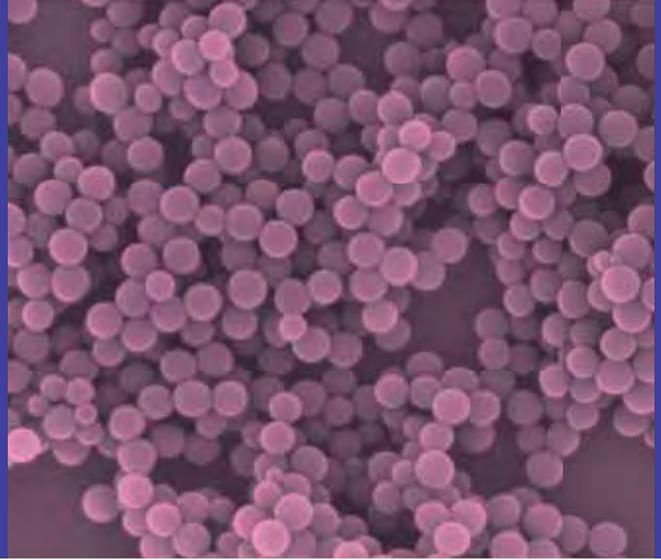
heike.walles@igb.fraunhofer.de

#### Wertschöpfungskette

- 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
- 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

- Zellkulturlabor für Arbeiten nach Sicherheitsstufen S1 und S2 GenTSV
- Zellanalytik: Inverses Fluoreszenzmikroskop, FACS, Mikrodissektionsanlage, Raman-Spektroskopie



## INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHENVERFAHRENS- TECHNIK UND PLASMATECHNOLOGIE IGVP

Das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP wird von Professor Thomas Hirth geleitet und gehört zur Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik der Universität Stuttgart. Im Jahr 2013 betrug das Forschungsbudget 3,4 Mio €. Ende 2013 arbeiteten 31 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den wissenschaftlichen, technischen und administrativen Bereichen, 43 Doktorandinnen und Doktoranden sowie 23 Studierende am IGVP (siehe Seite 13) an den drei Standorten Pfaffenwaldring 31, Allmandring 5b und Nobelstraße 12 am Campus in Stuttgart-Vaihingen.

Die Zusammenarbeit mit den Gruppierungen des Fraunhofer IGB ermöglicht die Durchgängigkeit der Projekte von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung. Dies zeigen auch die Fördermittel für das IGVP, dessen Forschung von BMBF, DBU, DFG, EU, dem Land Baden-Württemberg, Stiftungen und der Industrie finanziert wird.

Das Institut gliedert sich fachlich in die Abteilungen »Grenzflächenverfahrenstechnik« sowie »Plasma- und Grenzflächenphysikalische Prozesse«. Die Forschungsarbeit wird in neun Arbeitsgruppen geleistet. Das IGVP widmet sich der Gestaltung, Funktionalisierung und Charakterisierung von Oberflächen, Materialien und deren Interaktionen mit biologischen Systemen sowie der Simulation und Verfahrensentwicklung grenzflächenbestimmter Prozesse. Weiterhin forscht das Institut am gesamten Spektrum plasmaphysikalischer Grundlagen und vereint diese mit der Plasmachemie und Plasmaverfahrenstechnik. Schwerpunkte der Lehre liegen bei den Themen Biomaterialien, Grenzflächenverfahrenstechnik, industrielle Biotechnologie, Nanotechnologie sowie Plasmaphysik und -technologie.

### Biologische Grenzflächenverfahrenstechnik

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

### Chemische Grenzflächenverfahrenstechnik

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

### Medizinische Grenzflächenverfahrenstechnik

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

### Physikalisch-technische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Adsorptions-/Desorptionsprozesse zur Wärmespeicherung und Entfeuchtung
- Trocknungsverfahren mit überhitztem Dampf

- Elektrochemisch stimulierte Kristallisation und Rückgewinnung anorganischer Nährstoffe
- Suspendierte Partikel und Emulsionen in elektrischen Feldern

#### Umwelt-Grenzflächenverfahrenstechnik

- Membranen für Gastrennung und Brennstoffzellen
- Membranverfahren zur Wasseraufbereitung, Zellrückhaltung und Hygienisierung von Wasser
- Verfahrensentwicklung zur energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse
- Produktionsverfahren mit Mikroalgen in Photobioreaktoren

#### Plasmatechnologie

- Entwurf und Entwicklung von linear ausgedehnten und großflächigen Plasmaquellen bei Nieder- und Atmosphärendruck
- Plasmadiagnostik und Plasmacharakterisierung
- Modellierung und Simulation der Plasmen
- Untersuchungen zur Plasmaphysik und Plasmachemie
- Entwicklung von Plasmaprozessen für industrielle Anwendungen

#### Mikrowellentechnologie

- Mikrowellenheizung und -diagnostik an Fusionsexperimenten
- Entwicklung von Heizsystemen wie komplette Mikrowellenübertragungssysteme und spezialisierte Antennen
- Testen von Komponenten im Mikrowellen-Leistungsbereich
- Modenwandler für überdimensionierte Hohlleiter
- Millimeterwellen-optische Komponenten
- Simulation von Mikrowellen in Fusionsplasmen

#### Plasmadynamik und -diagnostik

- Magnetischer Plasmaeinschluss
- Grundlagen der turbulenten Plasmadynamik
- Sondendiagnostik, bildgebende Diagnostik
- Physik des turbulenten Transports
- Strömungs-/Turbulenz-Wechselwirkung

#### 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)

- Untersuchung von Wellenphänomenen
- Heizmechanismen mit Mikrowellen
- Konversion zwischen Wellentypen

#### Grenzflächenphysik

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



# MEDIZIN

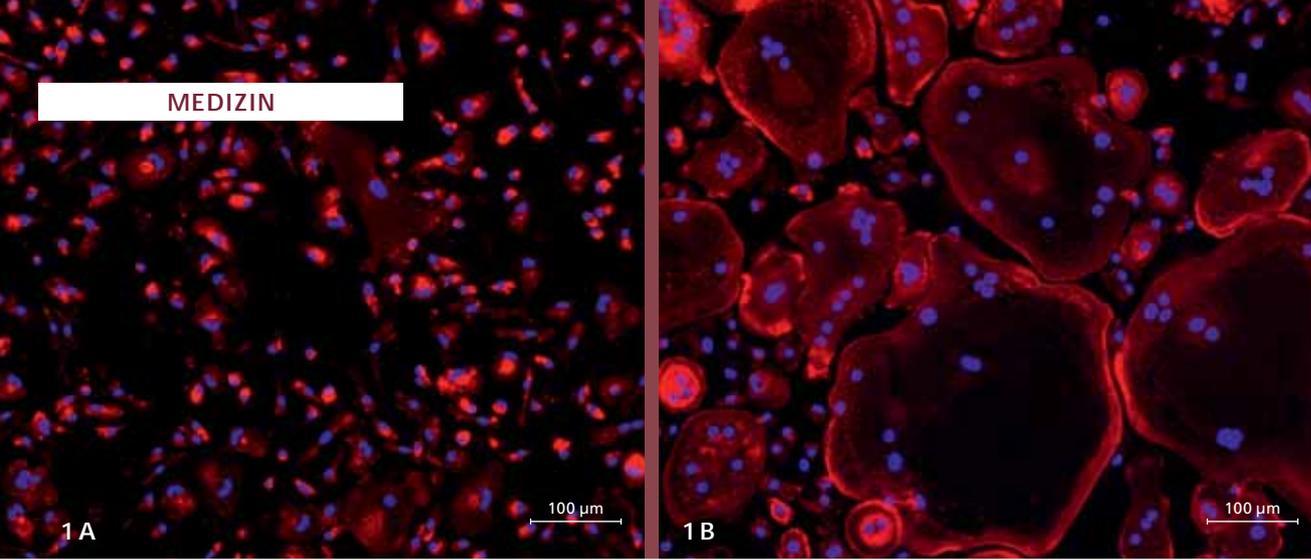
Prof. Dr. Petra Kluger, Prof. Dr. Katja Schenke-Layland

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 Themen aus den Bereichen Tissue Engineering, regenerative Medizin, Immunologie, Infektionsbiologie, Diagnostik und »Biologisierung« etablierter Medizinprodukte.

Im Mittelpunkt regenerativer Therapien steht die Entwicklung humaner In-vitro-Testsysteme und biologisierter Implantate, welche unter Verwendung körpereigener Zellen individualisiert werden können. Das IGB bildet die gesamte Wertschöpfungskette bis zur GMP-konformen Herstellung von zellbasierten Implantaten (Advanced Therapy Medicinal Products, ATMPs) und – gemeinsam mit einem Ärztenetzwerk – Studien der klinischen Phase I ab. Die hierbei gewonnenen Erfahrungswerte, von den Grundlagen bis hin zur Präklinik, stellen wir gezielt KMUs zur Verfügung. Um die Chancen der Tissue-Engineering-Produkte im Gesundheitswesen zu erhöhen, haben wir in einem durch die Fraunhofer-Zukunftsstiftung finanzierten Verbundprojekt eine GMP-konforme Anlage zur standardisierten, vollautomatisierten Herstellung von Haut in vitro entwickelt.

Neue Strategien zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten sind dringend erforderlich. In der Infektionsbiologie führt die Kombination von Methoden der funktionellen Genomanalyse mit unserer Expertise in der Zellkulturtechnik und der Pathogenbiologie zu einem Alleinstellungsmerkmal in der Entwicklung von Infektionsmodellen und Diagnostika. Basierend auf eigenen Patenten hat das IGB verschiedene Array-Technologien, Methoden für Hochdurchsatzsequenzierungsverfahren sowie humane Gewebemodelle entwickelt und ist dadurch in der Lage, Wirt-Pathogen-Interaktionen aufzuklären und Targets für neue Antiinfektiva zur Verfügung zu stellen. Neue diagnostische Verfahren entwickeln wir auf Nukleinsäurebasis (diagnostische Microarrays, Biomarkerentwicklung auf Basis der DNA-Hochdurchsatzsequenzierung) oder mittels zellulärer Reportersysteme (zellbasierter Pyrogen-Assay). Mithilfe dieser Informationen können Maßnahmen für eine spezifische Behandlung eingeleitet oder personalisierte Medikamente für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen entwickelt werden.

Dank interdisziplinärer Zusammenarbeit ist auch die Optimierung der Oberflächeneigenschaften etablierter Medizinprodukte wie Atemwegstents oder Kontaktlinsen ein Schwerpunkt. Hierbei nutzen wir besonders Plasmaverfahren, um bioaktive oder antibakterielle Oberflächen zu generieren und testen die Effektivität und Biokompatibilität der Oberflächen an In-vitro-Gewebemodellen. Weiterhin leisten wir mit der Entwicklung produktschonender Verarbeitungsprozesse für die Hygienisierung von Nahrungsmitteln einen Beitrag zur Gesundheitsvorsorge.



## IN-VITRO-TESTSYSTEME ZUR EVALUIERUNG NEUARTIGER KNOCHENIMPLANTATE

Dipl.-Biol. Claudia Kleinhans, Prof. Dr. rer. nat. Petra J. Kluger

### Ausgangssituation

Zur Behandlung von Erkrankungen und Verletzungen des Skelettsystems fokussieren aktuelle Forschungsansätze auf die Entwicklung neuartiger Kompositwerkstoffe. Dabei zielen Materialentwicklungen auf die Verbesserung der Bioabbaubarkeit und der mechanischen Kennwerte der Implantate zum Einsatz in lasttragenden Bereichen. Um die Nutzbarkeit des neuartigen Werkstoffes von vorneherein sicherzustellen, ist die Etablierung biologischer Testsysteme zur Analyse des Einwachsverhaltens im Knochen und des Abbauverhaltens der Implantatwerkstoffe von besonderer Relevanz. Obwohl nach wie vor Tierversuche für zahlreiche Forschungsaspekte unabdingbar sind, ist eine deutliche Tendenz zur vermehrten Entwicklung von In-vitro-Testsystemen festzustellen. Dabei spielen ethische Gesichtspunkte, die bessere Übertragbarkeit auf den Menschen sowie zunehmende regulatorische Einschränkungen bei Tierversuchen eine bedeutende Rolle. Es fehlen jedoch noch standardisierte Systeme, die geeignete Analysemethoden zur Beurteilung der Materialresorption sowie der Osteoinduktion, die Fähigkeit des Materials zur Anregung der Knochenneubildung, zur Verfügung stellen und somit erste Rückschlüsse auf die Eignung des Materials zulassen. Solche Testsysteme, die sowohl die Osteoblasten- als auch die Osteoklastenfunktion berücksichtigen, werden im Rahmen des Fraunhofer-Verbundprojekts »DegraLast« als Alternative zum Tierversuch etabliert.

### Standardisierte In-vitro-Testsysteme mit knochenbildenden und -abbauenden Zellen

Die Standardisierung zellbasierter Testsysteme, die zum einen – unter Verwendung von Osteoblasten und ihren Vorläuferzellen – den Knochenaufbau simulieren sowie zum anderen

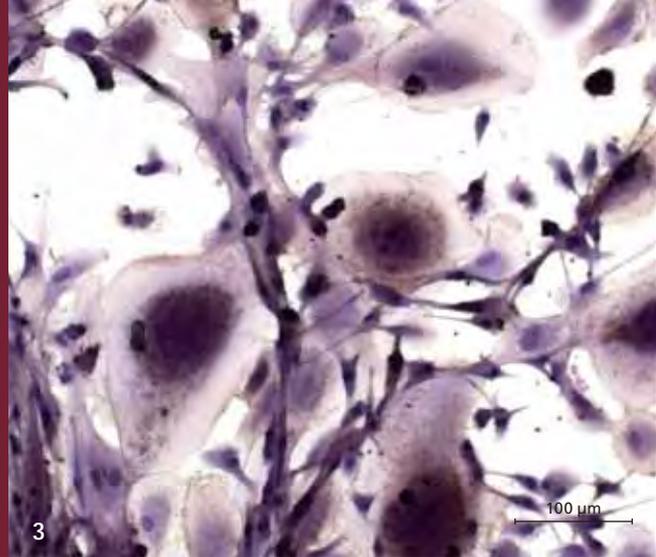
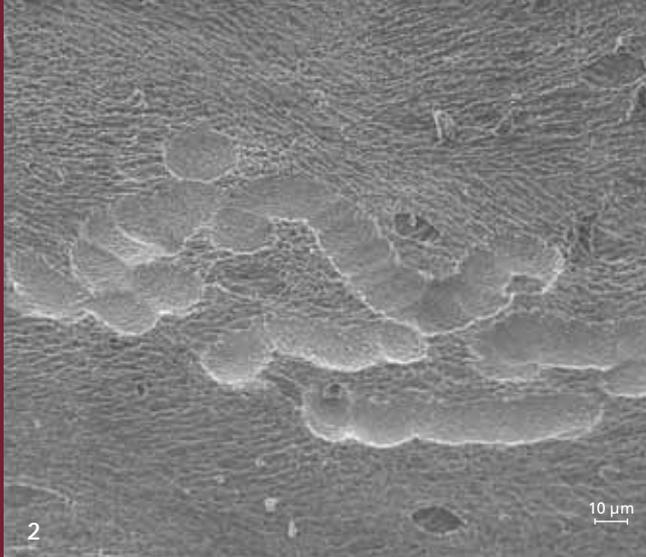
mittels knochenresorbierender Zellen, den Osteoklasten, den Knochenabbau nachahmen, ist Ziel des Teilprojekts am IGB. Zur Nachahmung der In-vivo-Situation soll zudem eine Kokultur aus primären Vorläuferzellen von Osteoblasten und Osteoklasten aufgebaut werden.

### Einwachsverhalten und osteoinduktive Eigenschaften

Zur Beurteilung des Einwachsverhaltens sowie der osteoinduktiven Eigenschaften eines Materials untersuchen wir die Differenzierung humaner mesenchymaler Stammzellen (hMSCs) zu Osteoblasten unter Analyse spezifischer Differenzierungsmarker auf Standardmaterialien sowie neu entwickelten Materialien oder Beschichtungen. Die Zelladhäsion, Proliferation und Differenzierung lassen eine erste biologische Charakterisierung zu. Hierzu erfolgte die qualitative Bestimmung von Kollagen Typ I sowie die quantitative Bestimmung der alkalischen Phosphatase und Calcium als Evaluierungsparameter. Diese zeigten einen signifikanten Anstieg in differenzierten Zellen im Vergleich zu Kontrollzellen.

### Abbau der Knochensubstanz

Für die Resorption der Knochensubstanz sind maßgeblich Osteoklasten verantwortlich. Für das Testsystem zur Osteodegradation konnten Monozyten aus humanem peripheren Blut isoliert und mittels Mediumsupplementierung erfolgreich zu Osteoklasten differenziert werden. Die Charakterisierung der differenzierten Osteoklasten konnten wir anhand der Mehrkernigkeit, der Größe, der Umstrukturierung des Zytoskeletts sowie der Expression spezifischer Markerproteine nachweisen (Abb. 1). Des Weiteren wurde die Aktivität der Zellen anhand der Resorption eines bovinen Knochenersatzmaterials bestimmt (Abb. 2).



### Erweitertes Modell durch Kokultur von Osteoblasten und Osteoklasten

Eine erwünschte Eigenschaft für Knochenersatzmaterialien ist es, den physiologischen Remodelling-Prozess des Knochens zu nutzen. Während Osteoklasten das Material resorbieren, bilden Osteoblasten neue Knochensubstanz. Bislang konzentrieren sich die meisten In-vitro-Studien lediglich auf einen Zelltyp, um entweder den Knochenabbau oder die Knochenbildung zu untersuchen. Daher wollen wir eine Kokultur beider Zelltypen etablieren, um den Knochen-Remodelling-Prozess zu simulieren und als erweitertes Testsystem zu entwickeln. Zur Entwicklung des In-vitro-Kokultursystems identifizierten wir zunächst optimale Kulturbedingungen für die zwei Zelltypen. Wir konnten eine Methode entwickeln, die zu einer Differenzierung von Osteoklasten ohne Zugabe von Differenzierungsfaktoren führt und eine Kokultur beider Zelltypen ermöglicht (Abb. 3).

### Ausblick

Ein entscheidender Vorteil von In-vitro-Testsystemen ist die Möglichkeit mit humanen Zellen zu arbeiten, so dass neuartige Materialien oder Beschichtungen hinsichtlich ihrer Zellkompatibilität in vitro gescreent werden können. Damit sind erste Aussagen über die Eignung der Neuentwicklungen als Implantatmaterial möglich.

### Kontakt



**Dipl.-Biol. Claudia Kleinhans**

Telefon +49 711 970-4073

claudia.kleinhans@igb.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Petra Kluger**

Telefon +49 711 970-4072

petra.kluger@igb.fraunhofer.de

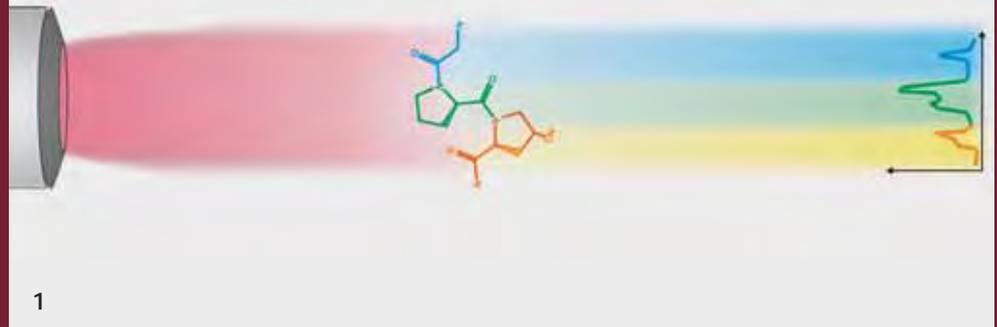
### Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »DegraLast« im Programm Marktorientierte strategische Vorlaufforschung (MAVO).

### Projektpartner

Fraunhofer IFAM, Bremen und Dresden | Fraunhofer ILT, Aachen | Fraunhofer IBMT, St. Ingbert

- 1 *Färbung des Aktin-Zytoskeletts (rot) sowie der Zellkerne (blau) undifferenzierter (A) und differenzierter (B) Monozyten.*
- 2 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Resorptionslakunen nach der Entfernung von Osteoklasten kultiviert auf bovinem Knochenersatzmaterial.*
- 3 *Histologische Färbungen des Vitronektin-Rezeptors sowie der Zellkerne von humanen mesenchymalen Stammzellen und Monozyten. In der Kokultur entwickeln die Zellen einen osteoklastären Phänotyp.*



# EINSATZ DER RAMAN-SPEKTROSKOPIE IN MEDIZINTECHNIK UND REGENERATIVER MEDIZIN

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

## Analyse biologischer Zell- und Gewebeproben

In Medizintechnik und regenerativer Medizin ist die Analyse seltener Gewebe- und Zellmaterialien häufig auf wenige biologische Eigenschaften beschränkt. Komplizierte Prozessschritte machen die Analytik zu einem fehleranfälligen und zeitaufwendigen Unterfangen, bei dem die Probe am Ende für andere Methoden unbrauchbar ist. Am Fraunhofer IGB arbeiten wir deswegen daran, nicht-invasive Technologien wie die Raman-Spektroskopie zur globalen Analyse von biologischen Zell- und Gewebeproben einzusetzen. Die Raman-Spektroskopie ist eine optische Technologie und basiert auf dem Effekt der Lichtstreuung an Materie. Dabei wechselwirken wenige Photonen des eingestrahnten monochromatischen Lichts mit den Molekülen der Probe und werden dadurch in ihrer Frequenz verschoben. Im Raman-Spektrum wird diese Frequenzverschiebung der Photonen, die sogenannte inelastische Lichtstreuung, detektiert. Die spektralen Banden sind spezifisch für Molekülbindungen und spiegeln selbst sehr komplexe Stoffgemische, beispielsweise biologische Gewebeproben wie einen Fingerabdruck wider [1, 2]. Die einfache Probenvorbereitung sowie die Möglichkeit, unter physiologischen Bedingungen und ohne den Einsatz von Farbstoffen biochemisch relevante Informationen zu gewinnen, eröffnen der Methode ein breites medizinisches Anwendungsspektrum [2].

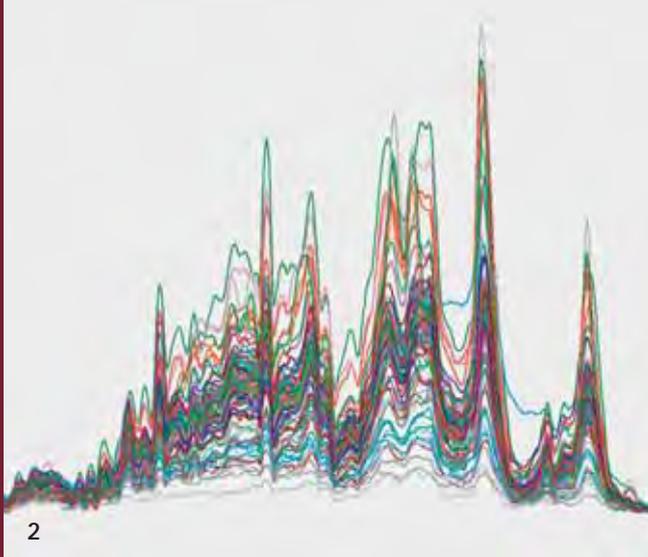
## Berührungsfreie Qualitätskontrolle für Zellkulturen

Die Charakterisierung primärer Zellen aus patienteneigenem Gewebe ist ein kritischer Schritt in der regenerativen Medizin. Mithilfe der Raman-Spektroskopie kann der aktuelle Zustand einer individuellen Zelle berührungsfrei detektiert werden.

Apoptotische und nekrotische Zellen haben ein verändertes Raman-Spektrum und können aufgrund dessen von vitalen Zellen unterschieden werden. Die molekularen Banden im Spektrum sind so spezifisch, dass sogar frühe und späte Phasen der Apoptose erfasst werden können. Unsere Studien zeigen, dass sich die Raman-Spektroskopie daher nicht nur zur kontinuierlichen Überwachung primärer Zellkulturen, sondern auch für zytotoxische Studien eignet, bei denen die genaue Erfassung des Zelltods eine wesentliche Rolle spielt.

## Analyse in vitro differenzierter Stammzellen

Stammzellen besitzen ein großes Potenzial, in gewebespezifische Zellen zu differenzieren und für therapeutische Zwecke eingesetzt zu werden. Immunzytologische Methoden können zwar über bekannte Markerproteine den Differenzierungszustand von Zellen bestimmen, erfordern aber eine Manipulation der Zellkultur. Stammzellen sowie deren Abkömmlinge besitzen ein molekulares Profil, welches dem aktuellen Zellphänotyp entspricht. Die Raman-Spektroskopie kann den Differenzierungsprozess nicht-invasiv auf molekularer Ebene überwachen und so die einzigartigen Profile verschiedener Zelltypen, die aus einer Stammzelle hervorgehen können, unterscheiden. In der Haut zeigen Fibroblasten, Keratinozyten und Melanozyten ein ihrer biologischen Funktion entsprechendes, zelltypspezifisches Molekülmuster [3]. An Chondrozyten, den Zellen des Knieknorpels, wurde mit der Raman-Spektroskopie der Verlust des gewebespezifischen Zell-Phänotyps durch die In-vitro-Kultur nachgewiesen [4].



2



3

### Pathologische Veränderungen in Geweben

In natürlichen Geweben stehen Zellen in engem Kontakt mit einem komplexen Netzwerk aus faserartigen und löslichen Komponenten. Der Aufbau dieser extrazellulären Matrix ist für jedes Gewebe spezifisch, häufig kommen hierbei Kollagene, Elastin und Proteoglykane vor, die im Raman-Spektrum durch spezifische Signale identifiziert werden können [4, 5]. Ein Umbau dieser Matrixkomponenten ist mit pathologischen Zuständen assoziiert. Mit der Raman-Spektroskopie untersuchen wir gezielt die extrazelluläre Matrix in gesunden und krankhaft veränderten Geweben. Zusammen mit unserer Expertise in immun- und histochemischen Methoden können wir basierend auf den Ergebnissen der Raman-Spektroskopie neue diagnostische Marker identifizieren.

### Ausblick

In aktuellen Projekten bauen wir die Raman-Technologie zu einem intraoperativen Diagnoseverfahren für Tumore aus. Außerdem setzen wir die Raman-Spektroskopie im Bereich Frauengesundheit ein, um verschiedene Krankheitsbilder auf molekularer Ebene zu analysieren.

- 1 *Prinzip der Raman-Spektroskopie.*
- 2 *Raman-Spektren aus Stammzellen.*
- 3 *Raman-Spektroskop am Fraunhofer IGB.*

### Kontakt



**Eva Brauchle M. Sc.**  
 Telefon +49 711 970-4196  
 eva.brauchle@igb.fraunhofer.de



**Prof. Dr. Katja Schenke-Layland**  
 Telefon +49 711 970-4802  
 katja.schenke-layland@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Votteler, M. et al. (2012) J Vis Exp (63), e3977
- [2] Brauchle, E.; Schenke-Layland, K. (2013) Biotechnol J 8(3): 288–297
- [3] Pudlas, M. et al. (2011) Tissue Eng Part C Methods 17(10): 1027–1040
- [4] Pudlas, M. et al. (2013) J Biophotonics 6(2): 205–211
- [5] Votteler, M. et al. (2012) J Biophotonics 5(1): 47–56

### Förderung

Wir danken dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg für die Förderung des Projekts »Industry-on-Campus-Projekt des IZST«, Förderkennzeichen IoC 102.

### Projektpartner

Frauenklinik der Eberhard-Karls-Universität Tübingen | IGVP, Universität Stuttgart | Queensland University of Technology, Australien | Beiersdorf AG, Hamburg | ERBE Elektromedizintechnik GmbH, Tübingen | Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttingen

### Weitere Informationen

[www.schenke-layland-lab.com](http://www.schenke-layland-lab.com)



**Anwendungen**

- | Genome (De-novo, Resequenzierung)
- | Transkriptome (mRNA, small RNA, ncRNA)
- | Metagenome



**Technologien**

- | HiSeq2500 (1,6 Mrd Sequenzen, 2 x 150 bp Leselänge)
- | GSJunior (100 000 Sequenzen, 500 bp Leselänge)



**Auswertung**

- | De-novo-Assemblierung
- | Referenzmapping
- | SNP-Detektion
- | Transkriptomannotation
- | Genexpression
- | Metagenomanalysen

1

# FUNKTIONELLE GENOMANALYSEN MITTELS NEXT-GENERATION SEQUENCING

Dipl.-Biol. Christian Grumaz, Dr. rer. nat. Kai Sohn

## Sequenzierungstechnologien der nächsten Generation

Das menschliche Genom wurde erstmals 2001 entschlüsselt – nach 10-jähriger Arbeit von über 100 Wissenschaftlern und Kosten von US\$ 3 Mrd [1, 2]. Die enormen Fortschritte in den Sequenzierungstechnologien in der jüngsten Vergangenheit ermöglichen heute einem einzigen Wissenschaftler, innerhalb weniger Tage für nicht einmal US\$ 10 000 ein humanes Genom zu entschlüsseln. Das besondere bei den als Next-Generation Sequencing (NGS) [3] bezeichneten Technologien ist, dass nicht mehr vereinzelte Fragmente, sondern mehrere hundert Millionen gleichzeitig sequenziert werden. Diese Hochdurchsatz- oder Parallelsequenzierungstechnologien haben gänzlich neue Dimensionen in der Nukleinsäureanalytik eröffnet und unzählige Forschungsfelder im Bereich der Life Sciences revolutioniert – von der De-novo-Genomsequenzierung bis hin zur Frühdiagnostik von Tumorgewebe [4]. Dabei hat die Erschließung neuer, innovativer Anwendungsfelder gerade erst begonnen.

## Die Technologie im Überblick

Um Next-Generation Sequencing nutzen zu können, bedarf es zunächst einer an das Ausgangsmaterial und an die Fragestellung angepassten Probenaufbereitung. So wird beispielsweise für De-novo-Genomsequenzierungen unbekannter Organismen genomische DNA präpariert, während bei Transkriptomanalysen unterschiedliche RNA-Populationen (mRNA, small RNA, ncRNA) untersucht werden. Einige der Probenaufbereitungsprotokolle werden mit dem Pipettierroboter Biomek FX (Beckman Coulter) am Fraunhofer IGB vollautomatisch umgesetzt. Nachdem eine (c)DNA-Bibliothek fertiggestellt ist, wird sie je nach Anwendung entweder am Illumina HiSeq2500 mit sehr hohen Lesetiefen und eher kürzeren Fragmenten (bis

zu 2 x 100 Basen) sequenziert oder am Roche GSJunior mit niedrigeren Lesetiefen, dafür aber mit längeren Sequenzen (bis zu 400 Basen). Mithilfe einer leistungsstarken und für NGS optimierten IT-Infrastruktur am IGB können die sequenzierten Rohdaten schließlich für verschiedenste Fragestellungen bioinformatisch ausgewertet werden.

Somit haben wir einen dreistufigen Arbeitsprozess etabliert, der die Schritte der Probenaufbereitung und der Sequenzierung im Labor, wie auch die abschließende, bioinformatische Analyse abdeckt. Die mittlerweile sehr umfangreiche Auswahl an Probenaufbereitungsprotokollen und bioinformatischen Auswertungsstrategien erschließt uns dabei Anwendungsgebiete, die von Sequenzierungen des humanen Erbmateri als mit dem Fokus auf der Früherkennung von Tumorerkrankungen über De-novo-Genom- und De-novo-Transkriptomsequenzierungen biotechnologisch relevanter Produktionsstämme oder humanpathogener Erreger bis hin zu detaillierten Bestimmungen komplexer Bakterienpopulationen in Biozönosen (Metagenome) reichen, die nachfolgend exemplarisch kurz vorgestellt werden.

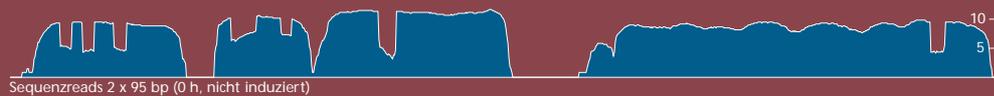
## Nicht-kodierende RNAs als Biomarker

Das Ziel des Fraunhofer-Stiftungsprojekts »RIBOLUTION« liegt in der Identifizierung neuartiger diagnostischer Indikatoren für Erkrankungen wie COPD und das Prostatakarzinom. Dabei sequenzieren wir die im Blut vorhandene Gesamtpopulation an nicht-kodierenden RNAs (ncRNAs), einer noch weitgehend uncharakterisierten Molekülklasse. Es wird vermutet, dass sie in der Krankheitsentwicklung eine entscheidende Rolle spielen und somit ein besonders hohes diagnostisches Biomarker-Potenzial aufweisen.

### In silico vorhergesagte Annotation



### Experimentelle Annotation



2

### Sequenzierung des Biotensid-Produktionsstamms *Pseudozyma aphidis*

Ein Großteil der für die Reinigungs- und Lebensmittelindustrie benötigten Tenside wird auf chemischem Weg auf Basis von Erdöl oder pflanzlichen Ölen hergestellt. Dabei bietet auch die derzeit noch vergleichsweise kostenintensive Produktion von Biotensiden durch Mikroorganismen ein großes Potenzial. Über genomweite Untersuchungen eines besonders effizienten Produzenten des Biotensids MEL mittels NGS, konnten wir im Projekt »BioSurf« 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.

### Charakterisierung von Mikroorganismen-Populationen in der Biogasproduktion

Kenntnisse über die räumliche und zeitliche Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulationen im Silier- und Biogasprozess sowie deren gezielte Beeinflussung bieten innovative Möglichkeiten, die Prozessführung im Sinne einer höheren Biogasausbeute zu optimieren. Hierbei ermöglicht die NGS-Technologie im Projekt »GOBi«, komplexe mikrobielle Gemeinschaften umfassend zu charakterisieren. Dabei werden auch Organismen erfasst, die mit klassischen mikrobiologischen Methoden nicht identifiziert werden können, da sie in vitro nicht oder nur unzureichend wachsen.

### Kontakt



**Dipl.-Biol. Christian Grumaz**  
Telefon +49 711 970-4079  
christian.grumaz@igb.fraunhofer.de



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

### Literatur

- [1] Lander, E. S. et al. (2001) Initial sequencing and analysis of the human genome, *Nature* 409 (6822): 860–921
- [2] Venter, J. C. et al. (2001) The sequence of the human genome, *Science* 291 (5507): 1304–1351
- [3] Perkel, J. (2013) Finding the true \$1000 genome, *Biotechniques* Feb 54 (2): 71–74
- [4] Metzker, M. L. (2010) Sequencing technologies – the next generation, *Nature Review Genetics*, 11(1): 31–46

### Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Zukunftsstiftung für die Förderung des Projekts »RIBOLUTION« und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung der Projekte »BioSurf« und »GOBi«.

- 1 NGS am Fraunhofer IGB von der Probenaufbereitung, über die Sequenzierung bis hin zur vollständigen bioinformatischen Lösung.
- 2 Visualisierung der Sequenzdaten von *P. aphidis* mit dem GeneScapes Viewer, der am Fraunhofer IGB entwickelt wurde.



# STRATEGIEN FÜR DAS HERZKLAPPEN-TISSUE-ENGINEERING UND DIE KARDIOVASKULÄRE REGENERATIVE MEDIZIN

Svenja Hinderer M. Sc., Shannon Layland B. A., Prof. Dr. rer. nat. Katja Schenke-Layland M. Sc.

## Fehlende Regeneration von geschädigtem Herzklappen- und Herzmuskelgewebe

Trotz bedeutender Fortschritte in der Kardiologie und der Herzchirurgie sind Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems noch immer weltweit Todesursache Nummer eins. Betroffen sind dabei häufig die Herzklappen und der Herzmuskel. Bei einer akuten oder chronischen Schädigung dieser Gewebe kann im erwachsenen Menschen keine Regeneration erfolgen, was die Leistungsfähigkeit des Herzens und somit die Lebensqualität dieser Patienten erheblich mindert. Wie eine Vielzahl von Forschergruppen arbeitet das Fraunhofer IGB daher an dem großen Ziel, die normale Funktions- und Leistungsfähigkeit des Herzens wiederherzustellen.

## Herstellung einer synthetischen Herzklappe nach dem Vorbild der Natur

Heutzutage gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, eine defekte Herzklappe zu ersetzen. Die bisher verfügbaren Prothesen stellen jedoch, neben ihrer auf maximal 25 Jahre begrenzten Verwendungsdauer, ein weiteres Problem dar: Sie wachsen im Kindeskörper nicht mit. Um diese Limitation zu überwinden und eine mitwachsende Herzklappe zu entwickeln, versuchen wir die Natur weitgehend nachzubilden. Das Adhären, Proliferieren und die Differenzierung von Zellen ist abhängig von ihrer Umgebung und somit auch abhängig von den mechanischen und biochemischen Eigenschaften des verwendeten Trägermaterials. Nach einer detaillierten Analyse hinsichtlich Architektur, mechanischer und biochemischer Beschaffenheit der nativen Herzklappe konnten wir mittels

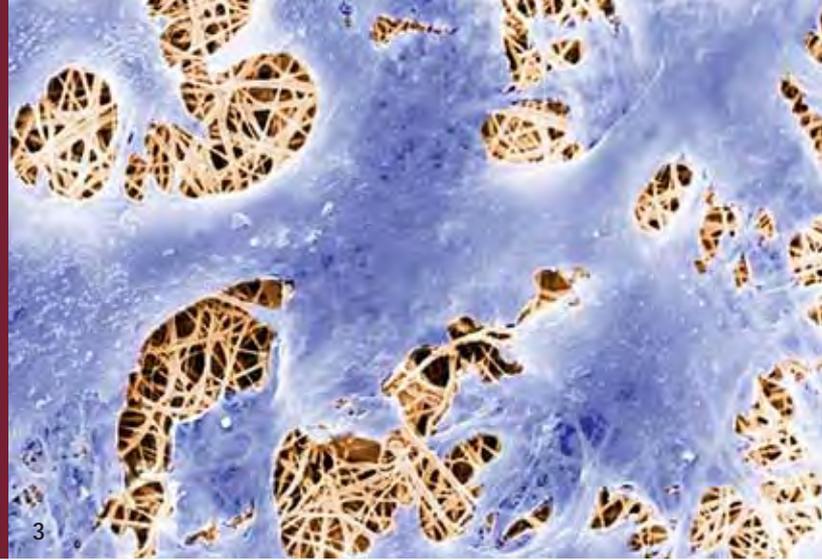
Elektrospinning ein synthetisches, biokompatibles Hybridmaterial entwickeln, dessen Eigenschaften denen der nativen Herzklappe ähneln. Wir konnten bereits zeigen, dass das Material geeignet ist, in vitro in einem speziell ausgelegten Bioreaktor die Funktion einer Herzklappe zu übernehmen. Zudem war es möglich, das elektrogesponnene Material mit zuvor identifizierten und für die Herzklappenentwicklung wesentlichen extrazellulären Matrixkomponenten zu kombinieren [1]. Aufgrund des langwierigen und komplizierten Prozesses zur klinischen Zulassung eines zellbesiedelten Materials arbeiten wir an einem zellfreien Herzklappenersatz, der »off the shelf« verfügbar ist und angepasst an die Größe des Patienten implantiert werden kann. Das Material wird derzeit so modifiziert, dass im Blut zirkulierende endotheliale Progenitorzellen angezogen werden und somit eine Zellbesiedelung mit körpereigenen Stammzellen in vivo möglich wird.

## Proteinproduktion für das Tissue Engineering von Herzklappen und zur Herzmuskelregeneration

Wir konnten extrazelluläre Matrixproteine identifizieren, die bei der humanen Herzklappenentwicklung und für die Herzmuskelregeneration wichtig sind. Molekularbiologische Ansätze ermöglichten es nun, diese Proteine am Fraunhofer IGB humanbasiert zu synthetisieren. Die Proteine fanden Anwendung bei der Trägersubstratentwicklung für den Herzklappenersatz. Darüber hinaus wurden die Proteine gemeinsam mit unserem Partner, Dr. med. Ali Nsair von der University of California (UCLA), in den Infarktbereich von Mäuseherzen eingebracht, was zu einer erheblichen Verbesserung der



2



3

Herzleistung führte. Basierend auf diesen Daten war es möglich, ein Patent zur Anmeldung einzureichen, welches das Verfahren der Proteinsynthese und seine Anwendung im Herzen schützen soll.

### Ausblick

Das Nachahmen der Struktur und der mechanischen Eigenschaften der nativen Herzklappe sowie der Ansatz, Zellen mithilfe von Proteinen erst in vivo »anzulocken«, ermöglicht die Herstellung eines zellfreien Off-the-shelf-Produkts. Die bisherigen Limitationen von Herzklappenersatzsystemen, wie zum Beispiel Insuffizienzen durch Verdickungen und Verkürzungen oder das fehlende Wachstum der Herzklappe im Kindeskörper, könnten mit einem solchen Produkt behoben werden.

Bisherige Ansätze, wie das Injizieren von Stammzellen in den Herzmuskel, führen weder zu einer Integration noch zu einer Differenzierung der Zellen in funktionstüchtiges Herzmuskelgewebe. Das Injizieren der in unserer Arbeit produzierten Matrixproteine stellt dagegen eine Möglichkeit dar, das Regenerationspotenzial des Herzmuskels anzuregen. Die Proteine bewirken, dass Zellen aus dem umliegenden Gewebe rekrutiert werden und so die Leistungsfähigkeit des Herzens gesteigert wird. Es ist geplant, die Proteine unter GMP-Bedingungen herzustellen, um sie für klinische Anwendungen einzusetzen.

- 1 *Ein elektrogewebenes Trägersubstrat wird in eine Schweineherzklappe eingepasst.*
- 2 *Elektrogewebenes Polymer auf einer Kupferplatte in Form einer Herzklappe.*
- 3 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Herzklappenzellen (lila) auf einem elektrogewebenen Trägermaterial.*

### Kontakt



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



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

### Literatur

[1] Hinderer, S.; Seifert, J.; Votteler, M.; Shen, N.; Rheinlaender, J.; Schäffer, T. E.; Schenke-Layland, K. (2013) Engineering of a bio-functionalized hybrid off-the-shelf heart valve, *Biomaterials* 35(7): 2130–2139

### Förderung

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

### Projektpartner

Frauenklinik der Eberhard-Karls-Universität Tübingen | IGVP, Universität Stuttgart | University of California Los Angeles, USA

### Weitere Informationen

[www.schenke-layland-lab.com](http://www.schenke-layland-lab.com)



# ELEKTRONEN-SPIN-RESONANZ (ESR) ZUR MESSUNG VON RADIKALEN IN BESTRAHLTEN LEBENSMITTELN UND MEDIZINPRODUKTEN

Dr. rer. nat. Michael Haupt

## Sterilisierung mit Gammastrahlen

Zur Konservierung von Lebensmitteln oder zur Sterilisierung wärmeempfindlicher Pharmaprodukte wird zunehmend die Gamma-Sterilisierung eingesetzt. Für Arzneimittel und Medizinprodukte empfiehlt die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) diese Sterilisation, bei der Produkte mit hochenergetischen Gammastrahlen von einer Cobalt-60-Strahlquelle bestrahlt werden, ausdrücklich (Abb. 1). Als Folge der Bestrahlung werden die Genome von Keimen und krankheitserregenden Mikroorganismen zerstört und die Organismen abgetötet, so dass sich die Haltbarkeit der Produkte erheblich verlängert. Im Vergleich zur Sterilisation mit Ethylenoxid oder Dampfsterilisation erfolgt die Behandlung sehr schonend. Ein weiterer Vorteil der Behandlung mit Gammastrahlen ist, dass Produkte in ihrer Verpackung – ohne nennenswerte Temperaturerhöhung oder den Einsatz von Chemikalien – sterilisiert bzw. entkeimt werden können.

## Nachteil: Radikale entstehen

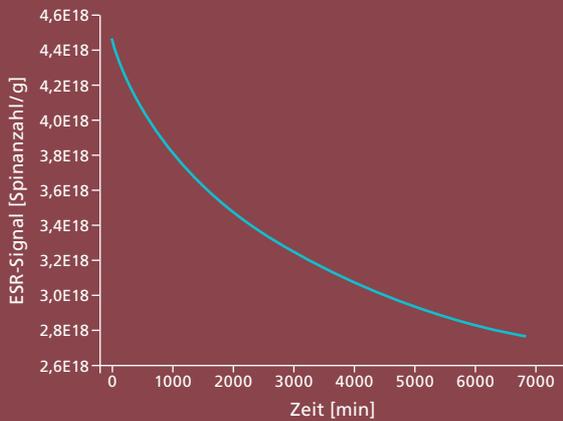
Durch die Bestrahlung werden jedoch auch chemische Bindungen in den Produkten selbst aufgebrochen, so dass freie Radikale entstehen. Radikale sind Atome mit einem ungepaarten Elektron und hochreaktiv, sodass sie unkontrolliert mit ihrer Umgebung reagieren können. In der Folge entstehen gegebenenfalls neue, teilweise toxische Verbindungen, die später in der Anwendung des Produkts, z. B. eines Medikaments, unerwünschte Nebenwirkungen hervorrufen könnten. Neueste Forschungsergebnisse am Fraunhofer IGB zeigen, dass die durch die Gamma-Sterilisation erzeugten Radikale extrem stabil sein können. Abb. 2 zeigt die mit der Zeit

abklingende Radikalmenge in einem gamma-bestrahlten Antibiotikum. Selbst mehrere Stunden nach der Exposition des Produkts mit Gammastrahlen ist der größte Teil der Radikale noch nachweisbar. Laufende Messungen zeigen zudem, dass auch nach Wochen die Radikalmenge nicht mehr signifikant abklingt. Die Kenntnis darüber, ob und wie viele Radikale durch den Sterilisationsprozess erzeugt werden, ermöglicht es, Grenzwerte für toxische Verbindungen zu unterschreiten.

## Messprinzip der Elektronenspin-Resonanz-Spektroskopie

Am Fraunhofer IGB setzen wir die ESR-Spektroskopie bereits seit längerer Zeit für den Nachweis von Radikalen ein, beispielsweise um die Abklingkurven der Radikaldichte an Materialoberflächen nach einer Plasmabehandlung zu detektieren.

Aufgrund von ungepaarten Elektronen weisen Radikale einen quantenmechanischen Spin auf, der wiederum mit einem magnetischen Moment verbunden ist. Dies macht sich die Elektronen-Spin-Resonanz-Spektroskopie (ESR-Spektroskopie) zunutze: Durch Anlegen eines gerichteten Magnetfeldes an eine Probe, die Radikale enthält, werden die Energieniveaus von ungepaarten Elektronen aufgespalten (Zeeman-Effekt). Wird die Probe einer Mikrowellenstrahlung ausgesetzt, deren Quantenenergie der Zeeman-Aufspaltung entspricht, tritt eine resonante Absorption auf. Durch empfindliche Mikrowellen-Absorptionsmessungen können die Spinanzahl, die Radikalanzahl und auch die Art des Radikals bestimmt werden.



2



3

### Nachweis freier Radikale und reaktiver Sauerstoffspezies (ROS)

Zur Bestimmung der Radikalmengen werden nur einige wenige Milligramm von Feststoffen oder Pulvern oder einige wenige Milliliter von Flüssigkeiten benötigt. Die Messung erfolgt zeit-, bestrahlungsdosis- und/oder temperaturabhängig nach der Bestrahlung. Neben freien Radikalen können wir zudem auch reaktive Sauerstoffspezies (ROS) und Stickstoffmonoxid (NO) in biologischen Systemen, z. B. Gewebezellen oder Blut, mittels der ESR-Spektroskopie quantifizieren.

### Analyse des antioxidativen Potenzials

Darüber hinaus ermitteln wir mittels der ESR-Spektroskopie die antioxidative Wirkung von Antioxidationsmitteln. Ascorbinsäure (Vitamin C) beispielsweise ist ein Radikalfänger (Scavenger). Aufgrund seiner antioxidativen Wirkung bewahrt es Zellen vor einer Schädigung. Ascorbinsäureradikale, die durch das Einfangen unerwünschter Radikale entstehen, weisen wir mittels ESR-Spektroskopie nach.

### Anwendungsbereiche

Mittels der ESR-Spektroskopie können wir schnell und sicher untersuchen, wie hoch die maximale Gammastrahlendosis zur Sterilisation sein muss, um einerseits Keime und Krankheitserreger abzutöten und andererseits die Radikalbelastung im Produkt möglichst niedrig zu halten.

In folgenden Produkten quantifizieren wir die Menge der Radikale und weisen gegebenenfalls auch die Art der Radikale nach:

- Lebensmittel (Kaffee, Malz, Getreide, Obst, Gemüse, Kräuter und Gewürze etc.)
- Lebensmittelverpackungen
- Kosmetika und Toilettenartikel
- medizinische Einmalartikel
- Implantate und Arzneimittel
- pharmazeutische Vorprodukte und Packmittel

### Kontakt



**Dr. Michael Haupt**

Telefon +49 711 970-4028  
michael.haupt@igb.fraunhofer.de



**Dr. Christian Oehr**

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

### Literatur

- [1] Haupt, M.; Peetsch, A.; Oehr, C. (2009) Elektronen-Spin-Resonanz – Eine Methode zur Bewertung der Radikalaktivität auf photokatalytischen Implantatoberflächen, *Vakuum in Forschung und Praxis*, Bd. 21, Nr. 6, S. 22–29
- [2] Haupt, M.; Barz, J.; Oehr, C. (2008) Creation and recombination of free radicals in fluorocarbon plasma polymers: an electron spin resonance study, *Plasma Processes and Polymers*, Bd. 5, Nr. 1, S. 33–43

- 1 Für Arzneimittel und Medizinprodukte wird die Sterilisation durch Gammastrahlen ausdrücklich empfohlen.
- 2 Die Radikalmenge in einem gamma-bestrahlten Antibiotikum klingt aufgrund der Reaktivität mit der Zeit ab, Radikale lassen sich aber noch Wochen nach der Bestrahlung nachweisen.
- 3 In Lebensmitteln wie Getreide können Gammastrahlen Keime und Krankheitserreger abtöten.



## DRUCKBARE 3D-MATRICES ZUR HERSTELLUNG VON KÜNSTLICHEM KNORPEL

Dr. rer. nat. Eva Hoch, Dr. rer. nat. Kirsten Borchers

### Herausforderung – Regeneration von Gelenkknorpel

Gelenkknorpel hat aufgrund der fehlenden Durchblutung keinen Zugang zu regenerativen Zellpopulationen. Knorpeldefekte sind daher nahezu irreversibel und resultieren häufig in einer fortschreitenden Zerstörung des betroffenen Gelenks. Eine vielversprechende therapeutische Behandlung ist die matrixassoziierte autologe Chondrozytentransplantation (MACT), bei der ein geeignetes Trägermaterial (Matrix) zunächst mit Knorpelzellen (Chondrozyten) des Patienten besiedelt und dann in den Knorpeldefekt implantiert wird. Die Kultivierung der Chondrozyten in den üblicherweise eingesetzten kollagenbasierten Matrices kann jedoch zu einer Dedifferenzierung, das heißt zu einem Funktionsverlust der Zellen führen.

### Nachbildung von Gewebe durch Modifizierung natürlicher Gewebestandteile

Um die Funktion der Knorpelzellen zu bewahren, scheint eine möglichst naturnahe Nachbildung der nativen extrazellulären Matrix (EZM) von hoher Bedeutung: Gelenkknorpel besitzt herausragende Eigenschaften bezüglich Festigkeit und Wassergehalt, die auf der Zusammensetzung seiner EZM aus Kollagenfasern und Wasser bindenden Polysaccharidbausteinen (Glukosaminoglykane) beruhen. Zur Darstellung von knorpelähnlichen Hydrogelsystemen wurden am IGB deshalb biologische Moleküle der natürlichen EZM durch eine chemische Reaktion mit Methacrylsäureanhydrid modifiziert und so vernetzbar gemacht. Ein Zweikomponentensystem aus Gelatine (denaturiertes Kollagen) und Chondroitinsulfat (Glukosaminoglykan) kann so kontrolliert chemisch vernetzt werden.

Durch Variation des Vernetzungsgrads und des Feststoffgehalts konnten wir Gelatine-Hydrogele mit Festigkeiten im Bereich von ca. 5 kPa bis ca. 370 kPa darstellen – dies entspricht etwa der Festigkeit von Fettgewebe beziehungsweise Nasenknorpel [1]. Die Integration von Chondroitinsulfat ermöglichte es, die Quellbarkeit der Matrix – bei gleichbleibender Festigkeit – weiter zu erhöhen. So konnten wir die Hydrogel-Eigenschaften verbessern und der Beschaffenheit von nativem Gelenkknorpel noch ähnlicher machen.

### Stabilisierung von Knorpelzellen – die richtige Matrixzusammensetzung bringt Biofunktionalität

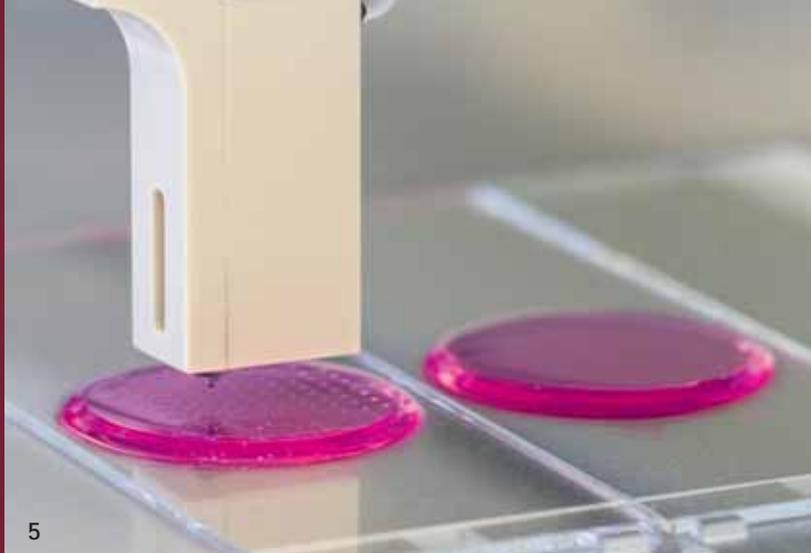
Bei der Verkapselung von Chondrozyten in dreidimensionale Hydrogele zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Hydrogelzusammensetzung auf die Morphologie und das Proliferationsverhalten der Zellen. Anders als in Kollagen- oder reinen Gelatine-Hydrogelen wiesen Chondrozyten in chondroitinsulfathaltigen Hydrogelen eine für Knorpelzellen typische kugelige Morphologie und eine geringe Zellteilungsaktivität auf. Unsere biomimetischen, die natürliche Knorpelumgebung nachahmenden Hydrogele stellen demnach ein vielversprechendes 3D-System zum Aufbau von Knorpelersatzgewebe dar.

### Zell-Matrix-Systeme als Biotinte für Gewebedruck

Hyaliner Knorpel besitzt wie viele andere native Gewebe einen charakteristischen Mikro- und Makroaufbau. Beispielsweise steigt der Gehalt an Proteoglykanen vom Gelenkspalt zum Knochen kontinuierlich an, außerdem gibt es Zonen mit hoher Zelldichte sowie zellfreie Zonen. Um die inneren Strukturen von Geweben nachbilden zu können, werden präzise Dosierverfahren benötigt. Ein solches Verfahren ist der Inkjet-Druck.



4



5

Um die dargestellten Materialsysteme für das Inkjet-Druckverfahren verfügbar zu machen, muss das Gelierverhalten und die Viskosität der Biomolekül-Lösungen vor dem Vernetzen gut kontrolliert und gering gehalten werden.

Durch eine zweifache Modifizierung der Biomoleküle, einerseits mit vernetzbaren Gruppen und andererseits mit zusätzlichen nicht-vernetzenden Einheiten, können am IGB nun sowohl die Eigenschaften der unvernetzten Lösungen als auch die der resultierenden vernetzten Hydrogele unabhängig voneinander eingesetzt werden. So können Chondrozyten in nicht-gelierenden »Biotinten« mittels Inkjet-Druck auf geeignete Substrate aufgedruckt werden [2].

### Biomimetische Biomaterialien – ein Modell für die Zukunft

Die dargestellten Materialsysteme besitzen damit drei Eigenschaften, die sie für den Aufbau funktionaler Gewebemodelle besonders qualifizieren:

- (1) Sie basieren auf den Biomolekülen der natürlichen extrazellulären Matrix.
  - (2) Sie können den mechanischen Eigenschaften unterschiedlicher Gewebe angepasst werden.
  - (3) Sie können mittels additiver digitaler Verfahren wie dem 3D-Druck zu beliebigen Strukturen verarbeitet werden [3].
- Damit haben sie ein hohes Potenzial, in Zukunft zum Aufbau von funktionalen Gewebeersatzmaterialien beizutragen.

### Kontakt



#### Dr. Kirsten Borchers

Telefon +49 711 970-4121

kirsten.borchers@igb.fraunhofer.de

### Literatur

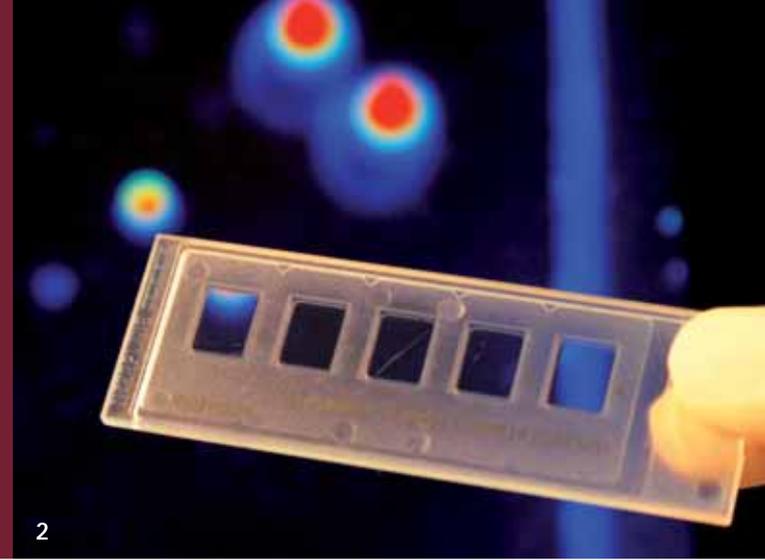
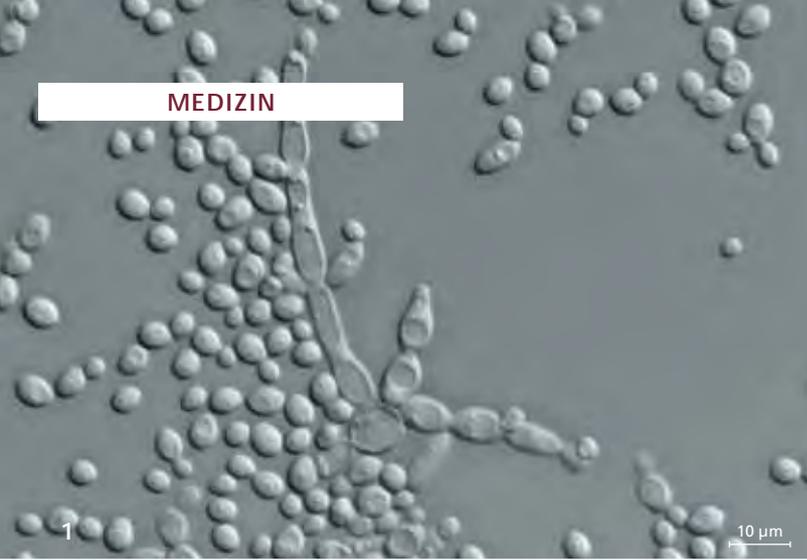
- [1] Hoch, E.; Schuh, C.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K. (2012) Stiff gelatin hydrogels can be photo-chemically synthesized from low viscous gelatin solutions using molecularly functionalized gelatin with a high degree of methacrylation, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 23: 2607–2617
- [2] Hoch, E.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K. (2013) Chemical tailoring of gelatin to adjust its chemical and physical properties for functional bioprinting, *Journal of Materials Chemistry B. The Royal Society of Chemistry* 1: 5675–5685
- [3] Engelhardt, S.; Hoch, E.; Borchers, K.; Meyer, W.; Krüger, H.; Tovar, G. E. M.; Gillner, A. (2011) Fabrication of 2D protein microstructures and 3D polymer-protein hybrid microstructures by two-photon polymerization, *Biofabrication* 3: 025003

### Förderung

Wir danken der Max-Buchner-Stiftung für die Förderung der Forschungsarbeiten.

- 1 *Chemische Derivatisierung von Gelatine mit vernetzbaren Einheiten und Gruppen zur Kontrolle der Viskosität und Gelierkraft.*
- 2 *Kovalent vernetzte Gelatine-Hydrogele mit unterschiedlichen Massenanteilen. Oben: 10 Gew.-%, Mitte: 20 Gew.-%, unten: 30 Gew.-%.*

- 3 *Knorpelzellen mit typischer kugelige Morphologie in Hybridgelen aus Gelatine und methacryliertem Chondroitinsulfat (unten) und Knorpelzellen mit untypisch elongierter Morphologie in reinen Gelatinegelen (oben).*
- 4 *Unmodifizierte Gelatine (links) und druckbare Biotinte (rechts).*
- 5 *Inkjet-Druck knorpelzellhaltiger Biotinten auf Gelatine-Basis.*



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

Dipl.-Biol. Linda Mayer, Priv.-Doz. Dr. sc. nat. Susanne Bailer, Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Steffen Rupp

### Bedarf: Rascher Nachweis pathogener Erreger

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

Aus diesem Grund werden für die Erregeridentifikation vermehrt molekularbiologische Methoden wie Sequenzierung oder PCR eingesetzt. Diese Methoden sind jedoch nur begrenzt multiplexfähig. Das heißt, es kann gleichzeitig nur auf wenige einer Vielzahl von im Routinealltag auftretenden Erregern oder Resistenzen getestet werden ( $\leq 10$  Parameter). So werden mehrere Tests erforderlich, was den Zeitvorteil der Methode schmälert.

### Microarray als Diagnostik der Wahl

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

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

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

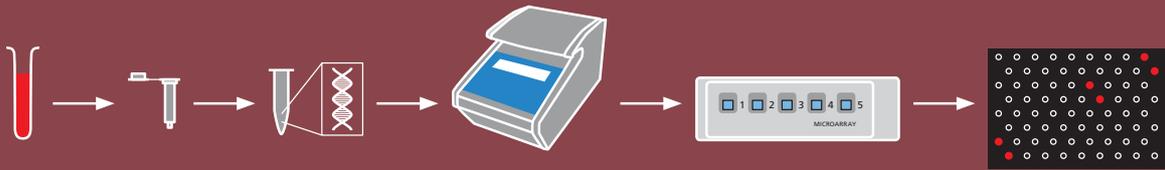
t = 0 h

t = 0,5 h

t = 3 h

t = 4 h

t = 5 h



Patientenprobe  
(Respiratorische  
Sekrete, Blut)

Isolierung und  
Aufreinigung  
fungaler DNA

Amplifikation  
diagnostischer  
Zielregionen

Hybridisierung  
fluoreszenzmarkierter  
PCR-Produkte

Auslesen der  
speziesspezifischen  
Fluoreszenzsignale

3

## Ergebnisse

Am IGVP konnten bisher 45 relevante Hefe- und Schimmelpilzerreger, darunter *Candida* spp. oder *Aspergillus* spp., eindeutig und mit hoher Sensitivität mittels neu entwickelter PCR-Systeme und DNA-Sonden auf Microarrays nachgewiesen werden. Dazu wurden PCR-Systeme für mehrere Gene entworfen, die zwischen den Spezies hochkonservierte Bereiche aufweisen, gleichzeitig aber ausreichend variabel sind, um eine Diskriminierung über DNA-Sonden zu erlauben. Der Zeitbedarf von der Isolation der DNA bis zum Nachweis auf dem Array liegt gegenwärtig bei 3–4 Stunden. Parallel dazu wurden von unseren Projektpartnern LOC-Systeme entwickelt, in die gegenwärtig die von uns entwickelten DNA-Microarrays integriert werden. LOC-kompatible Aufschlussverfahren werden hier gemeinsam mit den Partnern für unterschiedliche Patientenproben, wie z. B. respiratorische Sekrete für die Diagnostik von Patienten mit Mukoviszidose (zystische Fibrose), erarbeitet. Dabei kommen Einmalkartuschen zur flexiblen und kostengünstigen Ausgestaltung des Systems zum Einsatz.

## Ausblick

Als Mini-Labor verbindet das LOC die Probenvorbereitung mit der schnellen molekularbiologischen Diagnostik von Hefe- und Schimmelpilzen direkt auf dem Chip – mit hoher Spezifität und Sensitivität. Damit kann es den Arzt bei der Diagnosestellung unterstützen und eine zeitnahe, adäquate Therapieeinleitung bzw. Therapieanpassung ermöglichen. Das LOC-System wird so ausgelegt, dass es auf weitere Probenmaterialien, beispielsweise Biopsiematerial oder bakterielle Erreger, angepasst werden kann. Das LOC wird nach Fertigstellung durch die Partner in den Markt eingeführt.

## Kontakt



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

Telefon +49 711 970-4180

susanne.bailer@igb.fraunhofer.de



**Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp**

Telefon +49 711 970-4045

steffen.rupp@igb.fraunhofer.de

## Förderung

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

## Projektpartner

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

- 1 *Candida* spp., gefährliche Erreger für immunsupprimierte Patienten.
- 2 DNA-Microarray für die Routinediagnostik.
- 3 Zeit- und Prozessschema für die Erregerdetektion.



# PHARMAZIE

Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

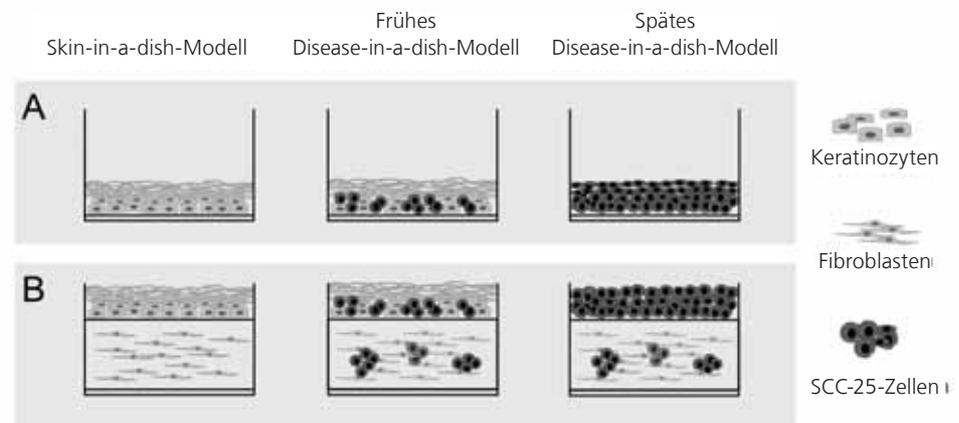
Aktuelle Herausforderungen für die pharmazeutische Industrie sind die Verbesserung individueller Therapien, die Entwicklung neuer Wirkstoffe sowie die Erhöhung der Wirksamkeit von Medikamenten durch optimierte Formulierungen. Im Geschäftsfeld Pharmazie erarbeitet das Fraunhofer IGB Lösungen für das Wirkstoff-Screening, die pharmazeutische Biotechnologie und Chemie sowie für die Formulierung und gezielte Wirkstofffreisetzung.

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) auf Wirksamkeit, Absorption, Verteilung im Organmodell 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 präklinischen Stadium toxische Nebenwirkungen potenzieller Wirkstoffe und ihrer Metabolite zu erkennen.

Im Bereich der pharmazeutischen 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. Die Herstellung klinischer Prüfware nach GMP (Good Manufacturing Practice) bieten wir über eine Fraunhofer-interne Kooperation 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). Zunehmend setzen wir auch Methoden der zellfreien Biotechnologie ein, mit denen Pharmaproteine schnell optimiert, im Milligramm-Maßstab hergestellt und mit den oben angeführten zellbasierten Systemen charakterisiert werden können. Die Einführung nicht-kanonischer Aminosäuren oder die Kopplung von Wirkstoff- und Targeting-Molekül kann »zellfrei« ebenfalls sehr effizient erfolgen.

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 bzw. GMP.

Mit unseren Kompetenzen tragen wir zum Angebot des Fraunhofer-Verbunds Life Sciences bei, die Medikamentenentwicklung vom Screening nach Wirkstoffkandidaten bis zur Herstellung von Prüfmustern abdecken zu können.



1

## IN-VITRO-MODELL FÜR DAS HUMANE PLATTENEPIHELKARZINOM

Dipl.-Biol. (t.o.) Sibylle Thude

### Weißer Hautkrebs durch UV-Strahlung

Mit weltweit 400 000 bis 600 000 Neuerkrankungen pro Jahr ist das humane Plattenepithelkarzinom (squamous cell carcinoma, SCC) neben dem Basalzellkarzinom die häufigste Hautkrebsart [1]. SCC haben ihren Ursprung in atypischen epidermalen Keratinozyten und können sich aus sogenannten Präkanzerosen, Gewebsveränderungen mit einem erhöhten Krebsrisiko, wie der aktinischen Keratose oder Morbus Bowen entwickeln [1]. Ausgelöst durch eine chronische Lichtschädigung, tritt der weiße Hautkrebs vor allem bei hellhäutigen Menschen mit lichtempfindlicher Haut nach langjähriger UV-Belastung auf. Betroffen sind dabei vor allem Hautareale an Kopf, Stirn, Nase, Lippen, Unterarmen oder Händen, die als »Sonnenterrassen des Körpers« besonders häufig schädigender UV-Strahlung ausgesetzt sind. Trotz hoher Heilungsraten ist eine frühe Behandlung des weißen Hautkrebses empfehlenswert, da die Bildung von Metastasen nicht ausgeschlossen werden kann [2].

### Neue Therapien erfordern neue Testmodelle

Neben der operativen Entfernung stehen auch Therapieverfahren wie die Vereisung (Kryotherapie), die Röntgenoberflächenbestrahlung, die örtliche Chemotherapie sowie die lokale Immuntherapie zur Verfügung. Einen neuen vielversprechenden Therapieansatz stellt die photodynamische Therapie (PDT) dar, bei der sich selektiv eine chemische Substanz in den Tumorzellen anreichert und diese lichtempfindlicher macht. Anschließend wird der Tumor und das ihn umgebende gesunde Gewebe mit Licht geeigneter Wellenlänge bestrahlt. Dabei erzeugen photochemische Prozesse in den Zellen toxische Substanzen, die zum Zelltod führen. Wesentliche Nebenwirkung dieser Therapie ist lediglich eine kurzzeitige

Lichtempfindlichkeit der bestrahlten Haut. Bislang sind jedoch nur wenige photosensibilisierende Substanzen bekannt und die Wirkung der Bestrahlung auf gesunde Zellen noch nicht hinreichend erforscht.

Bei der Entwicklung neuer Medikamente stellen Testmethoden, deren Daten eine gute Übertragbarkeit auf den Menschen ermöglichen, eine wesentliche Voraussetzung dar. Neue Therapien wurden bislang entweder im Tierversuch oder direkt an Patienten getestet. Erstes spiegelt nicht die Gegebenheiten des menschlichen Körpers wider, zweites stellt eine große körperliche und auch psychische Belastung für den Patienten dar. Der Einsatz eines dreidimensionalen Hautkrebsmodells könnte somit eine Lücke in der Entwicklung neuer Lokalthérapien schließen.

### In-vitro-Modell bildet frühes und spätes Tumorstadium ab

Ziel eines Vorhabens am Fraunhofer IGB war daher die Entwicklung eines weißen Hautkrebsmodells, mit dessen Hilfe Therapieansätze optimiert und neue Photosensibilisatoren entwickelt werden können. Ein am IGB bereits etabliertes dreidimensionales Hautmodell sollte hierbei durch das gezielte Einbringen von weißen Hautkrebszellen (Zelllinie SCC-25) erweitert werden. Ein vergleichbares In-vitro-Modell für das Plattenepithelkarzinom existiert derzeit nicht.

Verschiedene Strategien wurden zur Integration der SCC-Zelllinie in das Hautmodell verfolgt. Werden die SCC-Zellen zeitgleich mit den gesunden Keratinozyten in definierten Verhältnissen eingebracht, können beide Zelltypen im Hautmodell kokultiviert werden. Morphologisch ähnelt dieses Mischmodell



2

dem frühen Stadium des Plattenepithelkarzinoms in vivo. Für späte Stadien wurden Vollhautmodelle entwickelt, deren Epidermis nur aus SCC-Zellen aufgebaut ist. Zusätzlich wurden hier SCC-Zellen in den dermalen Teil integriert, so dass sich Tumornester bilden können, wie sie im sehr späten Stadium des Plattenepithelkarzinoms in vivo zu finden sind. Mithilfe der Raman-Spektroskopie konnten wir im nichtfixierten Mischmodell zerstörungsfrei gesunde Keratinozyten von Tumorzellen unterscheiden. Durch Adaption der Präparationsmethode gelang dies schließlich auch für Paraffinschnitte der Hautmodelle: Gesunde Keratinozyten konnten wir ohne Einsatz zellspezifischer Marker mit Raman-Spektroskopie vermessen und eindeutig von Tumorzellen unterscheiden.

### Neues Modell für Optimierung der photodynamischen Therapie

Es steht nun ein In-vitro-Modell des Plattenepithelkarzinoms zur Verfügung, mit dem unterschiedliche Tumorstadien abgebildet werden können, die vergleichbar mit der In-vivo-Situation sind. Durch die eindeutige Unterscheidung von gesunden und kranken Zellen ist es möglich, neue photosensibilisierende Substanzen und ihre Auswirkungen auf gesunde wie kranke Zellen zu untersuchen. Ebenso lassen sich mithilfe des Modells unterschiedliche Bestrahlungsprotokolle für die photodynamische Therapie entwickeln und vergleichende Untersuchungen verschiedener Bestrahlungsquellen durchführen, um die Tumorzellen noch effektiver anzusprechen. Des Weiteren kann das Modell für die Entwicklung neuer Formulierungen der bereits zur Therapie eingesetzten Photosensibilisatoren (z. B. 5-ALA als Creme oder Pflaster) dienen.

#### Kontakt



**Dipl.-Biol. (t.o.) Sibylle Thude**

Telefon +49 711 970-4152

sibylle.thude@igb.fraunhofer.de



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

Telefon +49 711 970-4082

katja.schenke-layland@

igb.fraunhofer.de

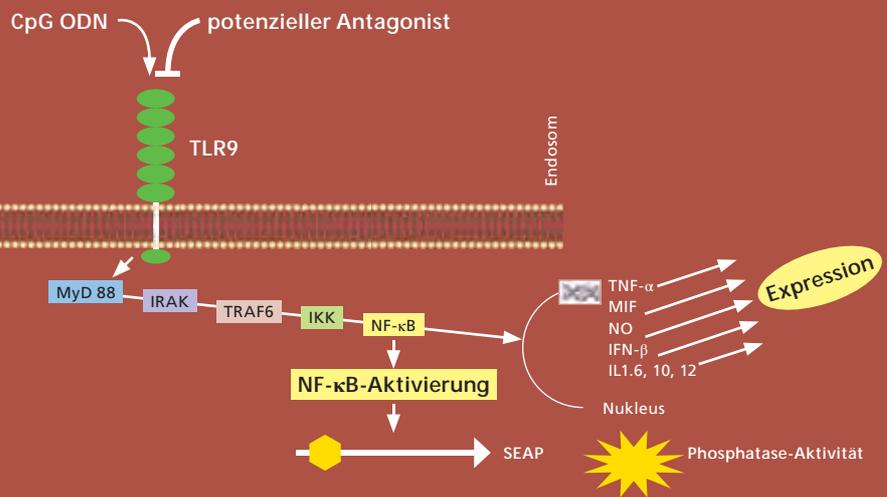
#### Literatur

- [1] Weedon, D. (2010) Weedon's Skin Pathology (Third Edition), Churchill Livingstone, Edinburgh, 667–708
- [2] Sidoroff, A.; Thaler, P. (2010) Taking treatment decisions in non-melanoma skin cancer – The place for topical photodynamic therapy (PDT), Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 7: 24–32, doi: 10.1016/j.pdpdt.2009.12.004
- [3] Brauchle, E.; Johannsen, H.; Nolan, S.; Thude, S.; Schenke-Layland, K. (2013) Biomaterials 34: 7401–7407

#### Förderung

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

- 1 *Schema zum In-vitro-Aufbau gesunder Hautmodelle und der unterschiedlichen Stadien des Plattenepithelkarzinoms. A: Epidermismodelle, B: Vollhautmodelle.*
- 2 *Vergleich der In-vivo-Situation mit dem In-vitro-Modell des Plattenepithelkarzinoms. Frühes Stadium: Hornperlenartige Strukturen, wie sie in vivo auftreten. Spätes Stadium: Tumornester.*



## AUF DER SUCHE NACH NEUEN IMMUNMODULATOREN

Angela Mattes B. Sc., Dr. rer. nat. Anke Burger-Kentischer

### Ausgangssituation

Die Rezeptoren des angeborenen Immunsystems erkennen konservierte molekulare Muster infektiöser Erreger, aber auch isolierte chemische Strukturen (PAMPs, pathogen-associated molecular patterns) und werden Pattern-Recognition-Rezeptoren (PRRs) genannt [1]. Unter den PRRs stellen die Toll-like-Rezeptoren (TLRs) die größte und bekannteste Familie dar. Eine Stimulation der TLRs führt über die Aktivierung verschiedener Signalkaskaden und Transkriptionsfaktoren zur Produktion proinflammatorischer Zytokine und spielt damit eine bedeutende Rolle bei der Entstehung von pathologischen Prozessen in akuten und chronischen Entzündungskrankheiten des Menschen [2].

Daher sind Agonisten und Antagonisten von TLRs ein neuer therapeutischer Ansatz für die Immuntherapie über Immunmodulatoren. Agonisten stimulieren das angeborene Immunsystem und werden häufig als Wirkstoffadjuvantien eingesetzt, während Antagonisten Entzündungsprozesse hemmen [3]. Das mögliche Indikationsspektrum reicht von Allergien, Infektionen und Tumoren bis hin zu Autoimmunerkrankungen. Ziel eines internationalen Projekts am IGB ist die Suche nach neuen TLR-Antagonisten/Agonisten, um Entzündungsreaktionen und Allergien therapieren zu können.

### Molekulare Simulation zum Screening nach Wirkstoffkandidaten

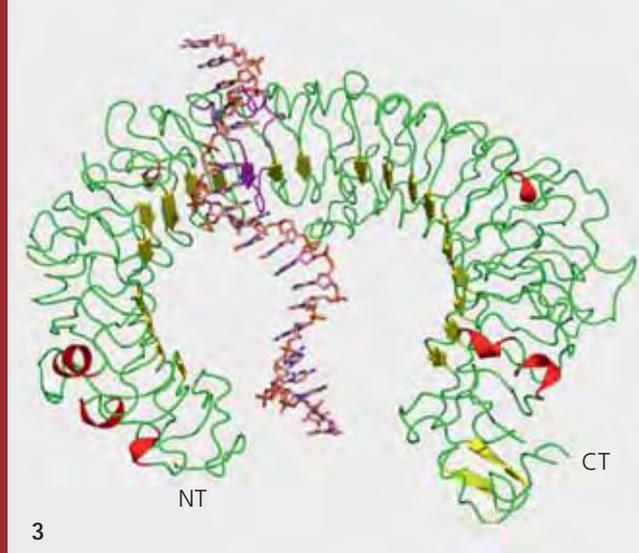
Herkömmlicherweise wird mittels High-Throughput-Screenings (HTS) nach TLR-Antagonisten/Agonisten gesucht. Dieser Prozess ist jedoch sehr langwierig und kostspielig. Durch computergestützte Simulationen kann unser Kooperationspartner, das Institute for Drug Research der Hebräischen

Universität Jerusalem, die Dauer und Kosten des Screening-Prozesses enorm reduzieren. Über die Bereitstellung von 3D-Bindungsmodellen der entsprechenden Rezeptoren wird der Prozess zusätzlich vereinfacht. Die eingesetzte Software beinhaltet eine große Bandbreite an Funktionen wie die Integration von molekularen Eigenschaften, statistischer Evaluation und Forschungsalgorithmen.

### Überprüfung der TLR-modulierenden Wirkung im Reporteragen-Assay

Die über die Simulationen vorhergesagte Substanzbibliothek für spezifische TLR-Agonisten/Antagonisten wird synthetisiert und in einem am Fraunhofer IGB etablierten und patentierten zellbasierten Testsystem validiert [4, 5]. Dieses Testsystem ermöglicht die Detektion und Differenzierung von PRR-modulierenden Substanzen über einen einfachen Reporteragen-Assay und kann auch nach GLP (Good Laboratory Practice) durchgeführt werden. Für die Etablierung des Assays wurde der entsprechende humane PRR-Rezeptor in die NIH3T3-Fibroblasten-Zelllinie, welche TLRs natürlicherweise kaum nachweisbar exprimiert, stabil eingebracht. Zusätzlich wurde in diese Zellen ein Reporteragen, welches durch die PRR-Aktivität induziert wird, stabil integriert. Die Induktion des Rezeptors durch einen spezifischen Liganden führt zur Aktivierung des Transkriptionsfaktors NF-κB. Dies wiederum induziert die Expression des Reporteragens, z. B. einer sekretierten, alkalischen Phosphatase (SEAP) (Abb. 2) [4, 5].

Über die Expression des Reporteragens kann der Einfluss von Substanzen (Antagonisten sowie Agonisten) auf die Aktivität des Rezeptors direkt und quantitativ nachgewiesen werden. Der PRR-spezifische zellbasierte Assay ist damit ein schnelles



und flexibles Werkzeug, um Leitsubstanzen für die Arzneimittelentwicklung zu identifizieren.

### Erste Hits identifiziert

Zunächst wurden Antagonisten für TLR9 basierend auf dem Algorithmus der kooperierenden Hebräischen Universität identifiziert. Erste vorhergesagte Substanzbibliotheken für spezifische TLR9-Bindemoleküle wurden synthetisiert und in dem am IGB etablierten zellbasierten Reporter-Assay untersucht (Abb. 3 und 4). Dabei wurde unter anderem die jeweilige mittlere inhibitorische Konzentration (IC<sub>50</sub>) einer antagonistischen Substanz ermittelt. Als IC<sub>50</sub> wird die Konzentration eines Inhibitors bezeichnet, bei der eine halbmaximale Inhibition beobachtet wird. Diese vielversprechenden Treffer (Hits) werden von den Experten der Hebräischen Universität anhand der am IGB erhobenen Daten modifiziert, optimiert und im Anschluss erneut am IGB getestet.

### Ausblick

Mithilfe des zellbasierten Assays am IGB identifizierten Moleküle stellen potenzielle Arzneimittelkandidaten für die Prävention und Therapie immunologischer Erkrankungen dar. Die komplementären Kompetenzen der Partner – das einzigartige, patentierte Verfahren für molekulare Simulation der Hebräischen Universität und der am IGB entwickelte zellbasierte TLR-Screening-Assay – schaffen einen entscheidenden Mehrwert im Hinblick auf die Erfolgsaussichten des anspruchsvollen Ziels, neue TLR-basierte Immunmodulatoren für die Therapie und Prophylaxe verschiedener medizinischer Indikationen zu finden.

- 1 Zellkulturflaschen.
- 2 Schematische Darstellung des zellbasierten Reporter-Gen-Assays.
- 3 Struktur des humanen TLR9 unter Bindung des Antagonisten ODN (Rezeptor-Antagonist-Komplex) [6].
- 4 Zellbasierter Reporter-Gen-Assay in Zellkulturplatten.

### Kontakt



**Angela Mattes B. Sc.**

Telefon +49 711 970-4029

angela.mattes@igb.fraunhofer.de



**Dr. Anke Burger-Kentischer**

Telefon +49 711 970-4023

anke.burger-kentischer@

igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Akira, S.; Takeda, K. (2004) Nat Rev Immunol 4: 499–511
- [2] Akira, S.; Uematsu, S.; Takeuchi, O. (2006) Cell 124: 783–801
- [3] Vasilakos, J. P.; Tomai, M. A. (2013) Expert Rev. Vaccines 12: 809–19
- [4] Burger-Kentischer, A.; Abele, I. S.; Finkelmeier, D.; Wiesmüller, K. H.; Rupp, S. (2010) J Immunol. Methods 358: 93–103
- [5] Zellbasiertes Testsystem zur Identifizierung und Differenzierung von Keimspektren (2009) Patent DE 10 2006 031 483; EP 2 041 172
- [6] Zhou, W. et al. (2013) Theor. Biol. Med. Model. 10: 18

### Förderung

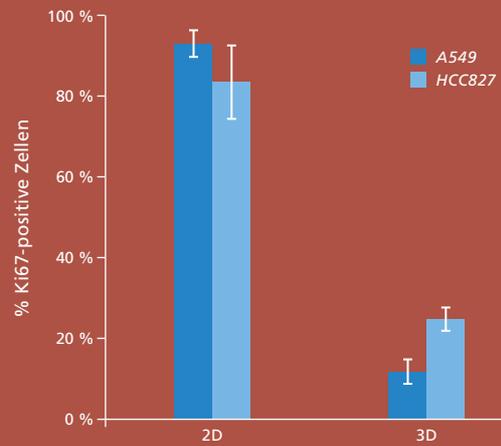
Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Discovery and delivery of PRR antagonists and agonists to regulate innate immune reaction« im Rahmen des Programms ICON.

### Projektpartner

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



1



2

## ENTWICKLUNG EINES KOMBINIERTEN IN-VITRO-/IN-SILICO-LUNGENTUMORMODELLS FÜR DIE PERSONALISIERTE THERAPIE

Claudia Göttlich M. Sc.

Lungenkrebs ist die häufigste krebsassoziierte Todesursache weltweit [1]. Ein Grund dafür ist, dass die Behandlungserfolge von Chemotherapien bei inoperablen Tumoren begrenzt sind. In klinischen Studien wurde jedoch gezeigt, dass Patienten mit aktivierenden Mutationen des EGF-Rezeptors (EGFR, epidermal growth factor receptor) von einer Behandlung mit Tyrosin-Kinase-Inhibitoren (TKI), welche gegen den EGFR gerichtet sind, profitieren [2]. Das bereits in der Klinik eingesetzte Präparat Gefitinib beispielsweise inhibiert die Signalweiterleitung über den EGF-Rezeptor und führt so zu einem verlangsamten Wachstum oder sogar zur Rückbildung des Tumors. Für die Entwicklung personalisierter Behandlungsstrategien müssen Biomarker-Profile identifiziert werden, nach denen Patientengruppen für eine zielgerichtete Therapie ausgewählt werden können. Ein vielversprechender neuer Ansatz hierfür ist die Untersuchung von zellulären Signalnetzwerken und ihren Veränderungen durch zielgerichtete Wirkstoffe in Tumormodellen, die spezifische Mutationen aufweisen. Durch diese Netzwerk-Analysen kann nicht nur die Wirkungsweise von Präparaten verstanden, sondern es können auch neue therapeutische Ansatzpunkte gefunden werden. Voraussetzung dafür sind Tumormodelle, welche die klinische Situation möglichst akkurat im Labor (in vitro) widerspiegeln, und ihre Verbindung mit bioinformatischen (in silico) Modellen, die diese komplizierten Signalnetzwerke auswerten können.

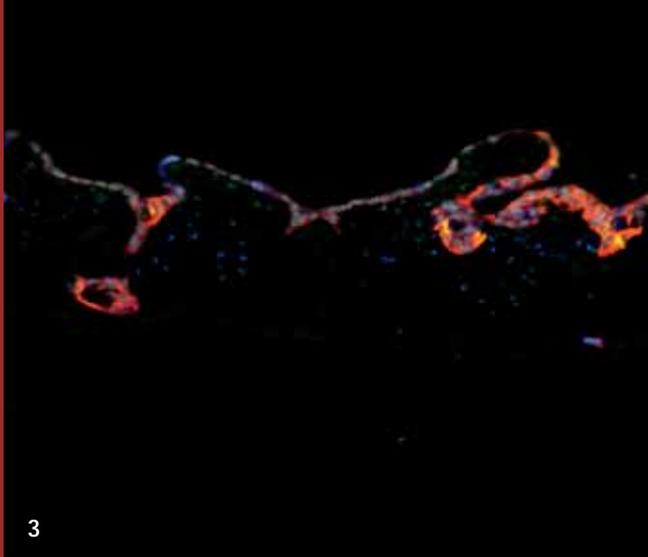
### Dreidimensionale In-vitro-Lungentumormodelle

Die Herstellung von humanen dreidimensionalen (3D) Tumormodellen in der Projektgruppe Regenerative Technologien für die Onkologie erfolgt auf der sogenannten SISmuc (Small

Intestinal Submucosa with preserved mucosa). Dieses dezellularisierte Darmsegment stammt von der komplexeren Struktur der BioVaSc (Biological Vascularized Scaffold) [3] und besteht vorwiegend aus Kollagen. Wir kultivieren derzeit Zelllinien mit (HCC827) und ohne (A549, H441) aktivierende EGFR-Mutation auf der Matrix (statische Kultur), um die genetische Heterogenität des Lungenkarzinoms abbilden zu können.

### In-vitro-Tumormodelle spiegeln die klinische Situation wider

Nach 14 Tagen statischer Kultur bilden die Zelllinien auf der SISmuc eine größtenteils homogene Epithelschicht und wachsen dabei auch in die bei der Präparation der SISmuc erhaltenen Kryptenstrukturen ein. Dabei zeigen die Zellen im Vergleich zur konventionellen zweidimensionalen (2D) Kultur in Plastikschaalen eine niedrigere Teilungsrate sowie eine veränderte Expression von Tumormarkern. Dies kommt der Situation im Tumor von Patienten näher. Die Behandlung der Zelllinie HCC827, welche eine EGFR aktivierende Mutation trägt, mit dem TKI Gefitinib führt zu einer verringerten Teilungsrate sowie zu einem erhöhten Absterben der Tumorzellen. Im Gegensatz dazu zeigen die Zelllinien A549 und H441, welche diese Mutation nicht tragen, bei Gabe von Gefitinib keine Veränderung dieser Parameter. Nur im 3D-Tumormodell, nicht aber in der 2D-Kultur, konnten wir signifikante Effekte des Medikaments Gefitinib beobachten. Demnach erzielen wir in unserem In-vitro-3D-Tumormodell die gleichen positiven Ergebnisse, wie sie auch in der Klinik bei Patienten mit aktivierender EGFR-Mutation beschrieben werden [4].



### In-silico-Modellierung der EGFR-Signalnetzwerke

Parallel zum In-vitro-Tumormodell haben wir in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Bioinformatik an der Universität Würzburg (Prof. Dr. Thomas Dandekar) ein bioinformatisches In-silico-Tumormodell entwickelt, das, basierend auf Literaturstudien und klinischen Daten, die Aktivierung und Vernetzung der komplexen EGFR-Signalwege abbildet. Zunächst wurde eine Karte (Topologie) des EGFR-Signalnetzwerks mit Verbindungen zu anderen, für die Tumorentwicklung wichtigen Signalwegen wie TGF- $\beta$  (transforming growth factor) aufgebaut. Der Verlauf der Signalkaskaden über verschiedene Knotenpunkte, in denen sich Signalwege kreuzen, wird anschließend mit einem Computerprogramm zu spezifischen Zellantworten, beispielsweise Teilungs- oder Absterberate, verrechnet. Über solche sogenannten semi-quantitativen Boole'schen Modelle existieren bereits fundierte Vorarbeiten für andere Zelltypen [5]. Das In-silico-Modell kann so Vorhersagen liefern, wie sich Teilung, Absterben und Invasion der Tumorzellen verändern, wenn man bestimmte Knotenpunkte des Netzwerkes durch Medikamente oder andere Faktoren stimuliert bzw. blockiert.

Wie in der Klinik wurden zwei verschiedene Lungentumorarten – mit und ohne aktivierende EGFR-Mutation – in dem Netzwerk auf Veränderungen der Zellantwort bei Blockierung des EGFR (Simulation: Gefitinib-Therapie) getestet. Das optimierte In-silico-Modell ergab dabei Vorhersagen, die mit dem In-vitro-Modell sowie mit Beobachtungen aus der Klinik übereinstimmen. Die aus den In-vitro-Versuchen gewonnenen Daten werden ebenfalls genutzt, um das In-silico-Modell weiter anzupassen, zu verfeinern und neue Knotenpunkte in die Netzwerktopologie einzufügen. Dadurch wollen wir weitere therapeutische Ansatzpunkte finden, deren klinische Relevanz wiederum in dem In-vitro-Lungentumormodell überprüft werden kann.

### Ausblick

Mit dem hier vorgestellten kombinierten In-vitro-/In-silico-Lungentumormodell konnten wir eine klinisch erfolgreiche Therapie simulieren [6]. Ziel ist es nun, weitere therapeutische

### Kontakt



**Claudia Göttlich M. Sc.**  
Telefon +49 931 31-88521  
claudia.goettlich@uni-wuerzburg.de



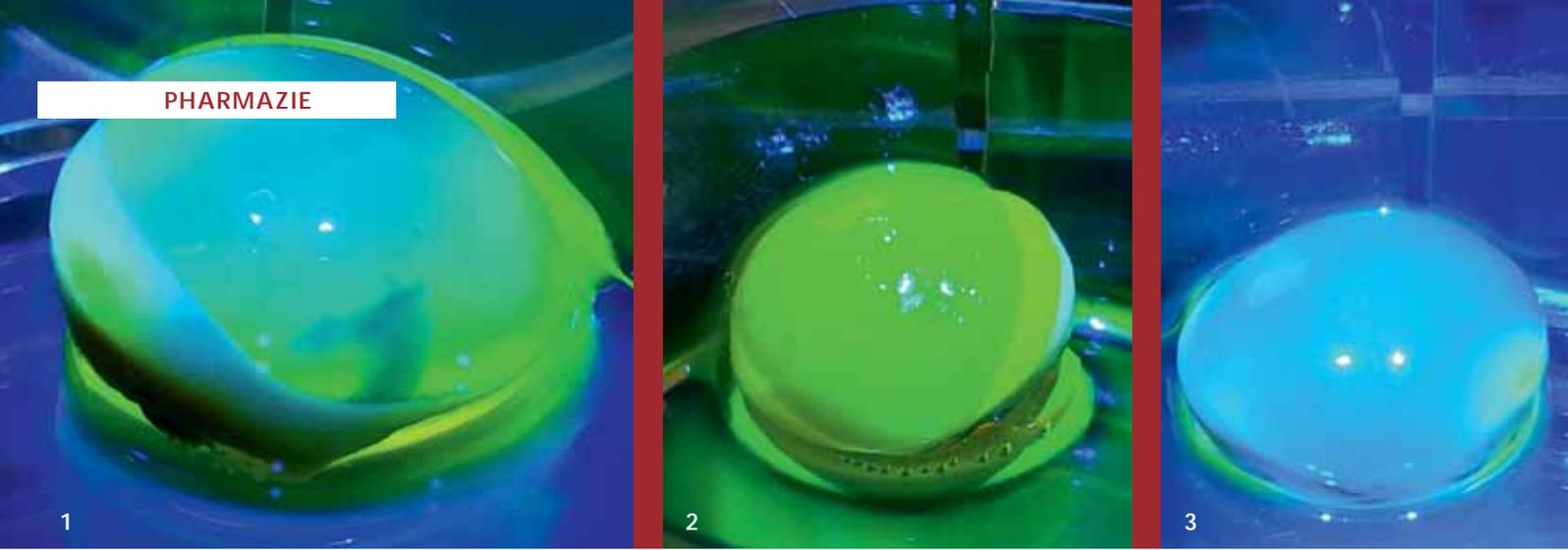
**Prof. Dr. Heike Walles**  
Telefon +49 931 31-88828  
heike.walles@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Ferlay, J. et al. (2010) Int J Cancer 127: 2893–2917
- [2] Mok, T. S. et al. (2009) N Engl J Med 361: 947–957
- [3] Mertsching, H. et al. (2005) Biomaterials 33: 6610–6617
- [4] Bronte, G. et al. (2010) Cancer Treat Rev 36 Suppl 3: 21–29
- [5] Schlatter, R. et al. (2012) Brief Bioinform 13: 365–376
- [6] Stratmann, A. T. et al. (2013) in press; <http://dx.doi.org/10.1016/j.molonc.2013.11.009>

Ansatzpunkte zu finden und zu testen, um wirksame Behandlungsmethoden zu etablieren. So untersuchen wir derzeit KRAS-mutierte Zelllinien auf relevante Knotenpunkte, um Biomarkerprofile für die personalisierte Medizin zu identifizieren. Zusätzlich wollen wir Modelle mit primären Zellen von Patientenbiopsaten aufbauen und die Zellen auf der SISmuc auch dynamisch im Bioreaktor kultivieren, um die In-vivo-Situation noch besser abbilden zu können.

- 1 *E-Cadherin- $\beta$ -Catenin-Färbung eines Lungenkarzinoms.*
- 2 *Verringerte Teilungsrate in 3D- gegenüber 2D-Kultur.*
- 3 *Aktivierung des EGFR von HCC827-Zellen.*
- 4 *HCC827-Zellen bilden auf der SISmuc eine Epithelschicht.*



## CORNEA-TESTSYSTEM BASIEREND AUF EINEM ORGANMODELL

Angela Rossi, Apothekerin

### Draize-Test

Sowohl Chemikalien als auch kosmetische und pharmazeutische Produkte müssen im Sinne des Anwenders getestet und klassifiziert werden. Derzeit werden die Verträglichkeit und das Irritationspotenzial von Substanzen mit dem sogenannten »Draize-Test« bestimmt. Dabei wird die zu prüfende Substanz in den Lidsack eines Kaninchenauges gegeben und die dabei entstehende chemische Verletzung über mehrere Tage bzw. Wochen beobachtet. Der Test ist unter anderem aufgrund der hohen Schmerzempfindlichkeit der Augenhornhaut äußerst umstritten. Ein vollwertiger Ersatz für diesen Tierversuch steht bisher jedoch nicht zur Verfügung.

### Kultivierung der Hornhäute

Die Ex-vivo-Kultivierung der Augenhornhäute von Schlachtschweinen ist eine Methode, die Versuche am lebenden Tier entbehrlich macht. Dabei werden die Augen kurz nach der Schlachtung des Tieres entnommen, entsprechend präpariert, sodass die Hornhäute ihre natürliche Krümmung behalten und anschließend in geeignetem Medium in Kultur gehalten. Der Zustand der Hornhäute wird vor und nach der Präparation sowie in regelmäßigen Abständen während der Kulturzeit auf mögliche Veränderungen wie Quellung, Trübung, mögliche Verletzungen, Zustand des Epithels und Endothels überprüft. Erst wenn alle Kriterien erfüllt sind, können die Cornea-Modelle zur Testung von Substanzen eingesetzt werden.

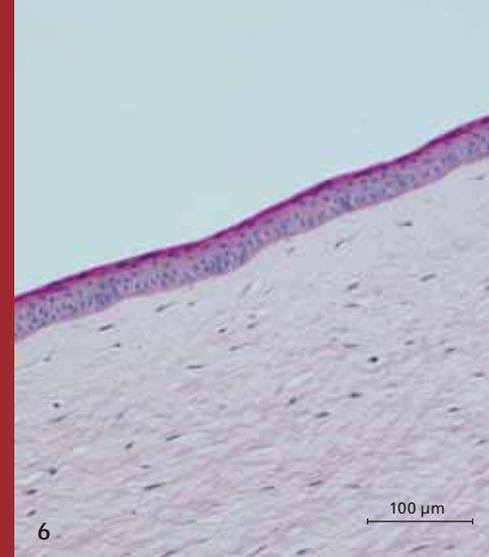
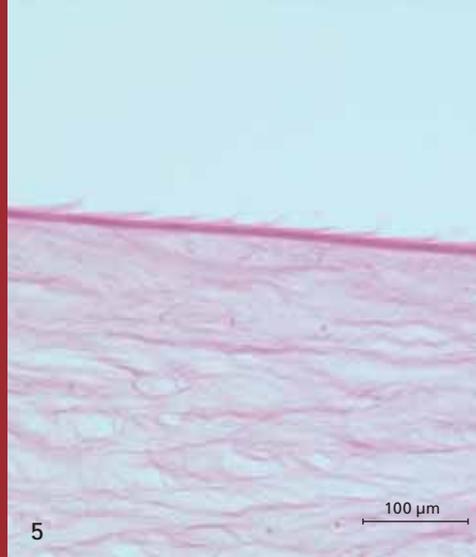
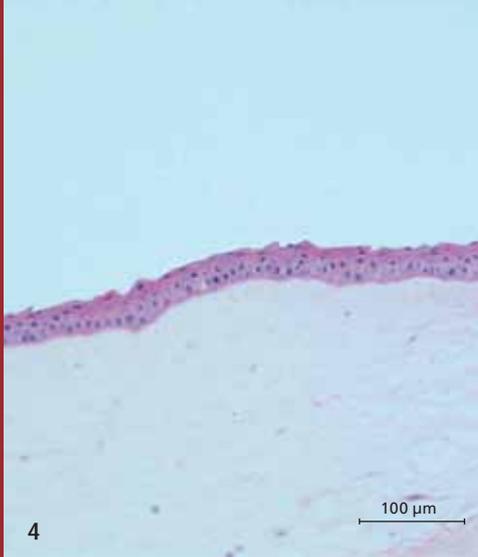
### Testung von Substanzen am Cornea-Modell

Substanzen testen wir an den kultivierten Augenhornhäuten durch Anpassung der OECD-Richtlinie 405. Mit unserem Modell lassen sich akute Veränderungen durch Gifte, ätzende Substanzen sowie durch mechanische und physikalische

Einwirkung nachweisen. Aber auch längerfristige Veränderungen sowie die mögliche Regenerierung des Gewebes, können kenntlich gemacht werden. Das Cornea-Modell ermöglicht überdies, Substanzen mehrfach zu applizieren, wie es bei Augentropfen und Kosmetika in der Regel der Fall ist, und die Folgen zu untersuchen. Dabei wird die Hornhaut für eine definierte Zeit mit der zu testenden Substanz in Kontakt gebracht und die anschließende Reaktion über einen längeren Zeitraum beobachtet. Man unterscheidet zwischen Substanzen, die einen irreversiblen Schaden verursachen – entweder nach einmaliger oder wiederholter Anwendung – und Substanzen, die einen reversiblen bzw. keinen Schaden auslösen. Da die Hornhäute nach der Testung der Substanzen noch längere Zeit in Kultur bleiben, können wir auch typische Heilungsvorgänge der Hornhaut tierversuchsfrei im Labor darstellen und die Rückbildung und Heilung oder auch das Ausbleiben einer Heilung für Schädigungen des Auges vorhersagen.

### Auswertung

Veränderungen der Oberfläche und der tiefen Hornhaut können durch spezielle Untersuchungsmethoden deutlich gemacht werden. Die Behandlung mit Natrium-Fluoreszein, das auch in der Augenheilkunde für diagnostische Zwecke verwendet wird, macht Schädigungen des Epithels deutlich. Histologische Untersuchungen können den Zustand der verschiedenen Schichten der Hornhaut gut sichtbar machen, beispielsweise Schädigungen der epithelialen und endothelialen Schichten oder auch ein Quellen der stromalen Region. Die Viabilität der Zellen der Hornhäute überprüfen wir mittels eines MTT-Tests, der auf der Reduktion des Farbstoffs 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazoliumbromid beruht. Auch komplexere Messmethoden wie die Impedanz- und



OCT-Messung (optische Kohärenztomografie, eine Abbildung von Gewebeschichten mit Laserstrahlen) stellen geeignete Verfahren dar, Schädigungen der Hornhaut sichtbar zu machen.

#### Ausblick

Um die Hornhaut nahe den In-vivo-Bedingungen kultivieren zu können, wurde ein spezieller Bioreaktor entwickelt. Mithilfe des Reaktors können wir auf der epithelialen Seite der Hornhaut den natürlichen Wimpernschlag zur Befeuchtung und auf der endothelialen Seite die natürliche Versorgung mit Nährstoffen und den Augeninnendruck imitieren.

Unser Cornea-Organmodell-Testsystem ermöglicht die Testung von Substanzen und macht damit Versuche am lebenden Tier entbehrlich, und das bei gleichwertiger bzw. sogar deutlich besserer Aussagekraft. Da infolge einer optimierten Kultivierung der Stoffwechsel der Hornhäute über längere Zeit aktiv bleibt, kann auch eine Heilung des geschädigten Gewebes stattfinden. Somit ist es möglich zu testen, welchen Schaden unterschiedliche Konzentrationen bestimmter Stoffe anrichten. Überdies kann gleichzeitig die Wirkung von Gegenmaßnahmen und der Einsatz von Medikamenten verfolgt werden.

#### Kontakt



#### Angela Rossi

Telefon +49 931 31-84237  
angela.rossi@uni-wuerzburg.de



#### Prof. Dr. Heike Walles

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

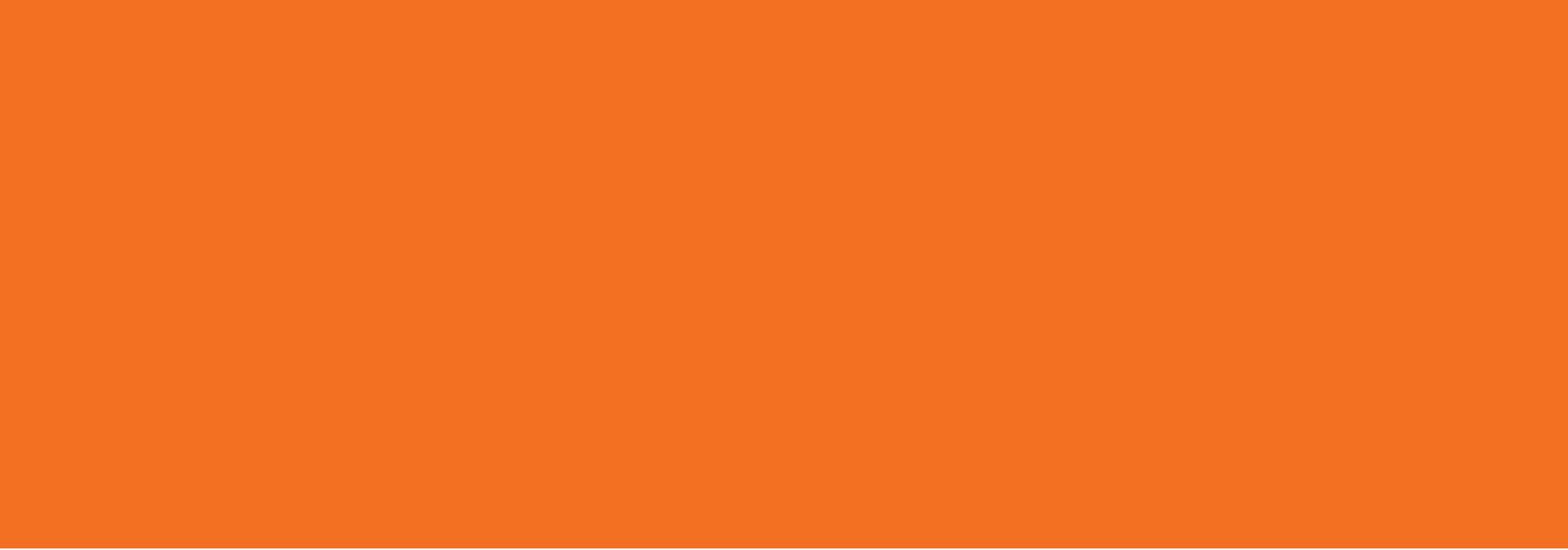
#### Förderung

Dieses Projekt wurde finanziert mit Mitteln des Programms  
»Bayern FIT – Forschung, Innovation, Technologie«.

#### Projektpartner

Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin, Universitätsklinikum Würzburg

- 1 *Mit Ethanol behandelte und anschließend mit Fluoreszein gefärbte Hornhaut.*
- 2 *Mit Natronlauge behandelte und anschließend mit Fluoreszein gefärbte Hornhaut.*
- 3 *Negativkontrolle. Mit isotonischer Kochsalzlösung behandelte und anschließend mit Fluoreszein gefärbte Hornhaut.*
- 4 *Histologischer Querschnitt einer mit Ethanol behandelten Hornhaut.*
- 5 *Histologischer Querschnitt einer mit Natronlauge behandelten Hornhaut.*
- 6 *Histologischer Querschnitt einer mit isotonischer Kochsalzlösung behandelten Hornhaut.*



# 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:

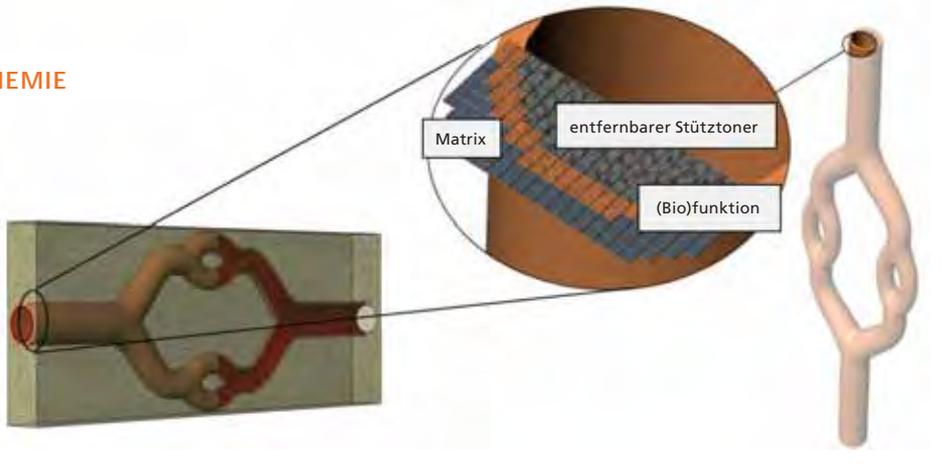
**Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen** – Unsere Arbeiten zielen auf die Entwicklung von biotechnologischen Prozessen zur Herstellung von Chemikalien und Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen und die Kopplung mit chemischen Prozessen.

**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.

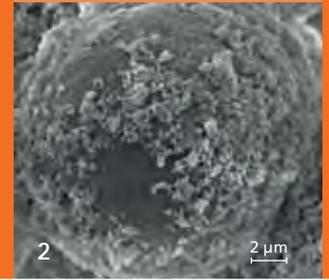
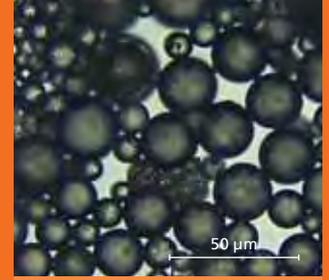
**Entkopplung von Volumen- und Oberflächeneigenschaften von Materialien durch Grenzflächenverfahrenstechnik** – Mit maßgeschneiderten Beschichtungen, die ihrerseits verfahrenstechnisch auf Ressourceneffizienz getrimmt sind, ergeben sich neue Wahlmöglichkeiten für die Basismaterialien von Werkstücken 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, betrieben wird.



1



2

# LASERDRUCK-POLYMERPARTIKEL FÜR BIOMATERIALANWENDUNGEN

Dr. rer. nat. Achim Weber

## Herausforderung Herstellung zellkompatibler 3D-Objekte

Die Elektrofotografie hat sich zu einer der führenden digitalen Technologien im Grafikdruck entwickelt. Das Verfahren, das ebenfalls mit den Begriffen Xerografie und Laserdruck bezeichnet wird, bietet die Möglichkeit, verschiedenfarbige Tonerpartikel mit hoher Auflösung anzuordnen und so ein Papiersubstrat individuell zu gestalten. Allerdings beschränkt sich das Druckverfahren zurzeit weitgehend auf eine zweidimensionale (2D) Anwendung, obwohl der hohe Feststoffgehalt von Tonerpartikeln eine gute Voraussetzung für den schnellen Aufbau dreidimensionaler (3D) Objekte darstellt. Erste kommerzielle 3D-Laserdruckenwendungen zielen auf die Fertigung einfacher Formteile. Der schichtweise 3D-Laserdruck von zytokompatiblen Objekten wie künstlichen Adern oder anderen tubulären Strukturen stellt jedoch eine besondere Herausforderung dar.

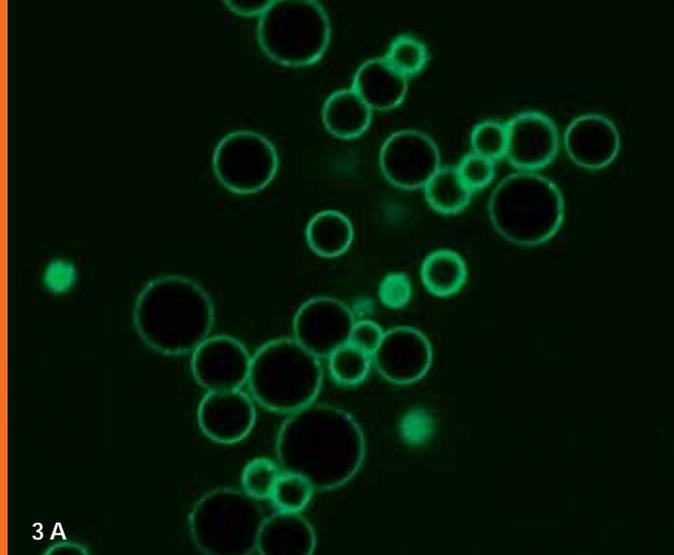
## Fixierung durch chemische Reaktion der Tonerpartikel

Am Fraunhofer IGB und am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP der Universität Stuttgart wird ein neues Verfahren untersucht, bei dem die Verwendung unterschiedlicher Tonerkomponenten gewährleistet, dass die räumliche Anordnung auch komplexer Strukturen erhalten bleibt. Hierzu wird die Struktur zunächst als dreidimensionaler Block schichtweise gedruckt. Nach jedem Partikel-auftrag erfolgt anstelle der konventionellen Schmelzfixierung eine chemische Reaktion an den zu fixierenden Partikeloberflächen. Die Stabilität der 3D-Objekte beruht auf der Bildung von kovalenten Bindungen und erfordert kein vollständiges Aufschmelzen der einzelnen Partikel. Die komplexe Objektgeometrie wird durch Stützmaterial erzeugt, das aus einer

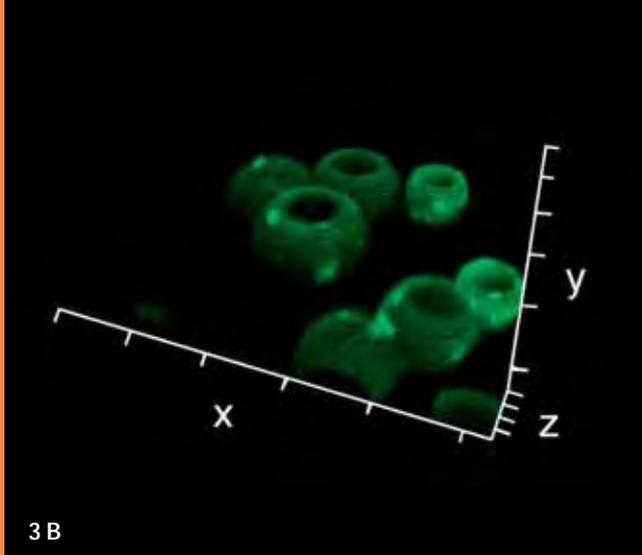
nicht vernetzbaren Tonerkomponente besteht und nach dem Druck selektiv entfernt werden kann (Abb. 1). Danach wird die Stabilität poröser oder tubulärer Strukturen, die als Trägermaterialien beispielsweise im Tissue Engineering erforderlich sind, durch die Gegenwart eines stabilen Matrixmaterials sichergestellt.

## Optimierte Glasübergangstemperatur und Partikelgröße

Laserdrucker funktionieren gerätebedingt sehr gut mit Partikeln in einem Größenbereich zwischen 3 µm und 30 µm sowie mit Polymeren mit Erweichungstemperaturen unterhalb von 110 °C. Tonerpartikel, die sich für eine Anwendung als Biomaterial eignen, stellen wir aus Polymethylmethacrylaten (PMMA) her. Durch die Wahl der Comonomer-Zusammensetzung kann die Glasübergangstemperatur der amorphen Polymethylmethacrylate über einen großen Temperaturbereich zwischen -48 °C und 110 °C variiert werden. Geringe Reaktionstemperaturen von 20 °C führen innerhalb von 24 Stunden zu sphärischen Polymethylmethacrylatpartikeln (Abb. 2), die eine vergleichsweise geringe Glasübergangstemperatur von ca. 40 °C aufweisen. Der kontrollierbare Glaspunkt ermöglicht es, die Sintertemperatur so zu optimieren, dass eine hohe Anzahl an kovalenten Bindungen während der dreidimensionalen Fixierung der Polymerpartikel erreicht werden kann. Die kovalenten Bindungen zwischen den Polymerketten verhindern den Aufbau einer Solvathülle, während die nicht-vernetzten Polymerpartikel selektiv aufgelöst werden können. Diese eignen sich daher als entfernbare Stützmaterialien von porösen und tubulären Strukturen im 3D-Druck. Die gewünschte Partikelgröße kann zwischen 3 µm und 30 µm durch eine UV-initiierte Suspensionspolymerisation sehr genau eingestellt werden.



3 A



3 B

### Modifizierung der Partikeloberfläche mit Klickchemie

Die Modifizierung der Polymethylmethacrylat-Oberflächen erfolgt mithilfe von polymeranalogen Umsetzungen. Dabei bleiben die Hauptketten der Polymeroberfläche unverändert, während die Seitengruppen chemisch modifiziert werden. Die aktivierte Oberfläche ermöglicht eine weitergehende Funktionalisierung der Tonerpartikel mit Klickfunktionen wie Thiol-, Azid- und Alkingruppen, die für eine chemische 3D-Fixierung durch die Thiol-In-Reaktion oder die 1,3-dipolare Cycloaddition zur Verfügung stehen. Abb. 3 zeigt die erfolgreiche Funktionalisierung der Tonerpartikel anhand der spezifischen Anbindung eines fluoreszierenden Farbstoffs: Mittels konfokaler Lasermikroskopie kann der Farbstoff ausschließlich an der hydrolysierten Partikeloberfläche nachgewiesen werden, während im Partikelinneren keine Emission detektiert wird (Abb. 3A). Die Überlagerung verschiedener zweidimensionaler Bildebenen ermöglicht es, die fluoreszierenden Partikeloberflächen dreidimensional darzustellen (Abb. 3B).

### Anwendung als Biomaterial und Ausblick

Um zu überprüfen, ob sich die hergestellten Polymertonerpartikel als Trägermaterial für das Tissue Engineering eignen, haben wir die Zytokompatibilität der Partikel gegenüber humanen Fibroblasten und Keratinozyten untersucht. Die Zellen wiesen auf allen Polymeren mit einem Glaspunkt über der Raumtemperatur eine hohe Viabilität auf, die mit dem Wachstum auf kommerziellen Zellkulturschalen vergleichbar ist. Die Funktionalisierung der Oberflächen führt zu einer gesteigerten Zellproliferation, die bis zu 178 Prozent gegenüber dem Referenzmaterial beträgt. Druckversuche mit dem oberflächenfunktionalisierten Tonermaterial wurden mit einem elektrofotografischen Drucker beim Projektpartner Fraunhofer IPA erfolgreich durchgeführt. Mit den bis jetzt erarbeiteten Partikelsystemen ist es uns möglich, reaktive Strukturen auf ebenen Substraten zu drucken, um so Materialien zu verbinden, die nicht ohne weiteres zusammenhaften.

### Kontakt



**Dr. Achim Weber**

Telefon +49 711 970-4022

achim.weber@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Speyerer, C.; Güttler, S.; Borchers, K.; Tovar, G. E. M.; Hirth, T.; Weber A., Surface Functionalization of Toner Particles for the Assembly of Three-Dimensional Objects via Click Chemistry, Chemie Ingenieur Technik 2012, 84: 322–327
- [2] Speyerer, C.; Borchers, K.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Weber, A., Surface etching of methacrylic microparticles via basic hydrolysis and introduction of functional groups for click chemistry, Journal of Colloid and Interface Science 2013, 397: 185–191

### Förderung

Wir danken der VolkswagenStiftung und dem FCI – Fonds der Chemischen Industrie für die Förderung der Forschungsarbeiten.

### Projektpartner

Fraunhofer IPA, Stuttgart | IGVP, Universität Stuttgart

- 1 Tubuläre Strukturen werden erzeugt, indem die aus nicht fixierten Partikeln bestehende Stützstruktur nach dem Druck entfernt wird. Die Matrixstruktur verleiht dem 3D-Objekt auch danach Stabilität.
- 2 Über Suspensionspolymerisation erzeugte sphärische Polymethylmethacrylat-Tonerpartikel.
- 3 Konfokale Lasermikroskopaufnahme der Fluoresceinamin-funktionalisierten Partikeloberflächen. Die Überlagerung der zweidimensionalen Bildebenen (A) ermöglicht eine dreidimensionale Abbildung der funktionalisierten Partikel (B). Maßstab: x-Achse = 27,5 µm, y-Achse = 27,5 µm und z-Achse = 3,5 µm.



## NEUE CHEMISCHE BAUSTEINE AUS TERPENOIDEN ABFALLSTRÖMEN

Dr. rer. nat. Michael Hofer

### Terpene als Rohstoffe

Biomasse als Ausgangsstoff für die Herstellung von Bulk- und Feinchemikalien gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dabei können die begrenzten fossilen Rohstoffe wie Öl und Gas ersetzt werden. Terpene werden seit Jahrhunderten beispielsweise als ätherische Öle sowohl in der Medizin als auch für Geschmacks- und Duftstoffe verwendet. Sie sind in der Natur reichlich vorhanden. Innerhalb verschiedener industrieller Prozesse, beispielsweise innerhalb der Herstellung von Zellulose aus Nadelbäumen, fallen Terpene in erheblicher Menge als Nebenprodukt an. Aus diesem Grund stellen Terpene einen idealen Startpunkt für die Entwicklung neuer Chemikalien und Werkstoffe dar. Der Schwerpunkt der Forschung bei der Fraunhofer-Projektgruppe BioCat liegt in der Entwicklung von neuen katalytischen Prozessen zur gezielten Funktionalisierung von Terpenen, um neue Bulk- und Feinchemikalien herzustellen.

### Chemo-enzymatische Katalyse

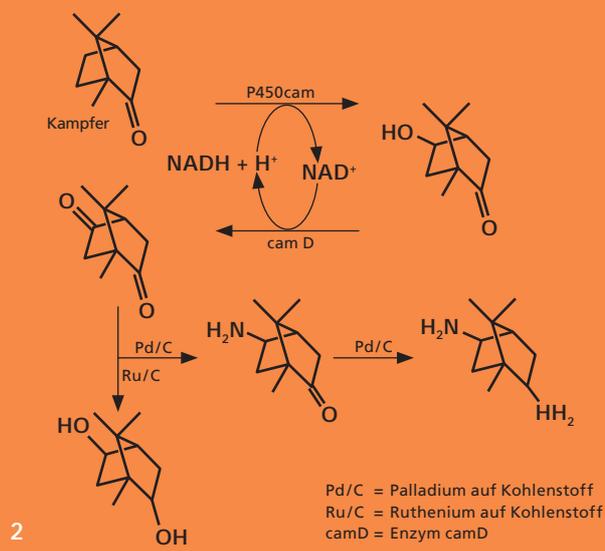
Die selektive Funktionalisierung von Terpenen stellt eine große Herausforderung dar, die durch die Kombination von biotechnologischer und chemischer Katalyse gelöst werden kann. Für diese Aufgabe verwendet die Fraunhofer-Projektgruppe verschiedene P450-Monooxygenasen, die sowohl aus natürlichen als auch aus optimierten Enzymlibliotheken stammen. Die Enzyme erlauben eine stereo- und regiospezifische Oxyfunktionalisierung von Terpenen. Allein dadurch lassen sich Moleküle erzeugen, die bereits für unterschiedliche industrielle Anwendungsbereiche in Frage kommen. Durch die Kombination mit der chemischen Katalyse lassen sich diese Moleküle noch weiter modifizieren und der Anwendungsbereich lässt sich dadurch erweitern.

### Neue katalytische Prozesse für die Herstellung neuer Moleküle

Die Kombination einer P450-Monooxygenase mit einer Alkoholdehydrogenase führte zu einem enzymatischen, kofaktorneutralen und sehr effizienten Herstellungsprozess des Moleküls Diketocamphen. Die weitere Reduktion dieses Diketons zu einem Diol konnten wir durch einen Ruthenium-Katalysator erfolgreich realisieren. Die Aminierung des Diketons konnte mittels eines Palladium-Katalysators durchgeführt werden. So führte die Kombination eines natürlichen enzymatischen Systems aus *Pseudomonas putida* mit heterogener Katalyse zur Herstellung neuer kampferbasierter bifunktioneller Moleküle.

### Aufarbeitung und Analyse

Für die Analyse der neuen Verbindungen wurden sowohl GC- als auch HPLC-Methoden entwickelt und validiert, um den selektiven Nachweis der hergestellten funktionellen Gruppen zu ermöglichen. Mittels NMR-Spektroskopie konnten wir zudem die Konfiguration der Produkte bestimmen. Sowohl für diese Aufgabe als auch für künftige Anwendungstests unserer Kunden mussten die Moleküle zunächst gereinigt werden. Zu diesem Zweck haben wir einen schnellen und einfachen Extraktionsprozess entwickelt.



### Ausblick

Neue polyfunktionelle Biomoleküle aus Abfallströmen stellen interessante Optionen dar, um aus fossilen Quellen stammende Produkte zu ersetzen oder neue Werkstoffe zu entwickeln. Unser Fokus liegt daher im Design verschiedener chemo-enzymatischer Verfahren für die Herstellung neuer Moleküle. Die ersten Prozesse konnten wir bereits für die Herstellung größerer Mengen hochskalieren, um Mustermengen für Applikationstests unserer Kunden zur Verfügung zu stellen. Gleichzeitig arbeiten wir daran, Lösungen für die simultane Anwendung von Chemo- und Biokatalysatoren für Eintopfreaktionen zu entwickeln.

### Kontakt



**Dr. Michael Hofer**

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



**Prof. Dr. Volker Sieber**

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

### Literatur

[1] Hofer, M. et al. (2013) ChemCatChem 5(11): 3351–3357

### Förderung

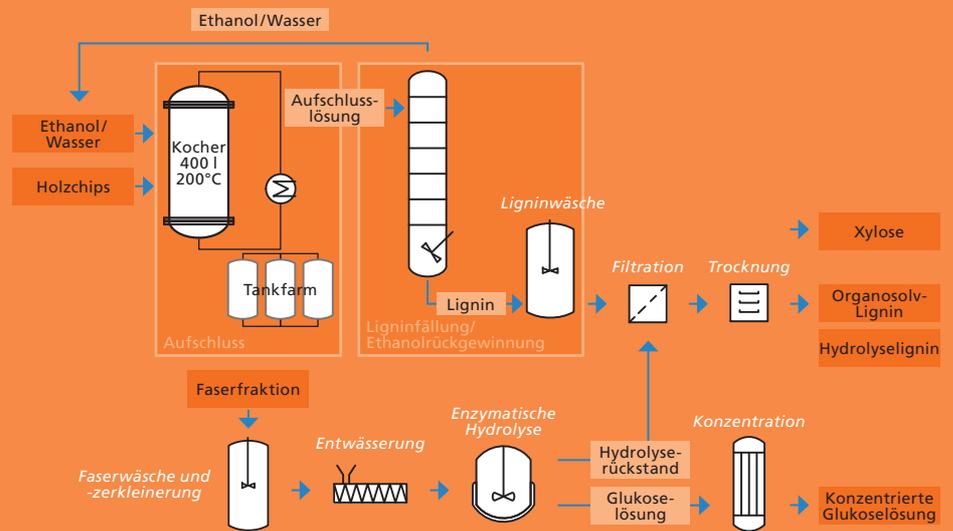
Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie für die Förderung des Projekts »Katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe«.

- 1 Zelluloseherstellung.
- 2 Kombinierte chemo-enzymatische Katalyse am Beispiel Kampfer.
- 3 Batch-Reaktor zur Umsetzung von Diketocamphen.



1

2



## LIGNOZELLULOSE-BIORAFFINERIE – ERFOLGREICHE UMSETZUNG IN DEN PILOTMASSSTAB

Dr. rer. nat. Moritz Leschinsky, Dipl.-Chem. (FH) Gerd Unkelbach

### Nachwachsende Rohstoffe nachhaltig nutzen

Steigende Rohstoffpreise und knapper werdende Erdölresourcen verstärken das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen und an Strategien zur nachhaltigen Gewinnung spezieller Materialien, Feinchemikalien oder chemischer Vorprodukte. Angelehnt an die petrochemische Industrie sollen in Zukunft Bioraffinerien solche biobasierten Materialien zur Verfügung stellen. Als Chemierohstoff, der nachhaltig und ohne Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung steht, bieten sich heimische Laubhölzer an. Für die Umwandlung von Holz oder anderen Lignozellulosen in Plattformchemikalien für die Chemie der Zukunft muss das Holz zunächst aufgeschlossen und in seine chemischen Grundbestandteile aufgetrennt werden.

### Organosolv-Lignin für vielfältige Anwendungen

In der zweiten Phase des Verbundvorhabens zur Lignozellulose-Bioraffinerie wurde das Konzept einer holzbasierten Bioraffinerie am Fraunhofer CBP in Leuna im Pilotmaßstab erfolgreich umgesetzt. Die dafür erforderlichen Vorarbeiten wurden gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IGB und ICT sowie zwölf weiteren Projektpartnern aus Industrie und Forschung durchgeführt. Das in der ersten Projektphase entwickelte »Organosolv-Verfahren« nutzt Mischungen von Alkohol und Wasser, um Holz unter Druck und bei hoher Temperatur in seine Grundbestandteile Zellulose, Hemizellulosen und Lignin zu fraktionieren. Zellulose und Hemizellulosen können dann mithilfe von Enzymen zu Zuckern umgewandelt werden. Lignin fällt im Gegensatz zu anderen Aufschlussverfahren in sehr reiner Form und ohne Schwefelverunreinigungen an. Dies ermöglicht vielfältige stoffliche Anwendungen.

### Skalierung des Fraktionierungsprozesses in Pilotanlage

Im Fokus der Arbeiten am Fraunhofer CBP stand die Skalierung des Fraktionierungsprozesses in den Pilotmaßstab. In gemeinsamen Vorarbeiten mit den Projektpartnern wurden die grundlegenden Fragestellungen für die Festlegung des Verfahrens bearbeitet. Auf Basis der Ergebnisse erfolgten die Auslegung und Detailplanung der Anlage.

Die Pilotanlage bildet eine Vielzahl einzelner Prozessschritte zur Herstellung von konzentrierten Zuckerlösungen und Ligninpulver aus Holzhackschnitzeln ab. Bis zu 70 kg Holz können täglich verarbeitet werden. Die Anlage wurde so ausgelegt, dass die Stoff- und Energiekreisläufe geschlossen werden. Auf dem vereinfachten Anlagenschema in Abb. 2 ist ersichtlich, dass das Holz zunächst in einem 400 Liter großen Reaktor bei bis zu 200 °C aufgeschlossen wird, wobei sich Lignin und Hemizellulosen im Ethanol-Wasser-Gemisch lösen. Die zusätzlichen Tanks und Wärmetauscher der »Tankfarm« ermöglichen dabei eine Verdrängungswäsche des Aufschlussgutes bei Reaktionsbedingungen und die Rückgewinnung von Energie beim Aufschlussprozess. Aus der mit Lignin und Hemizellulosen angereicherten Aufschlusslösung wird Lignin durch Zugabe von Wasser oder Destillation des Ethanols ausgefällt, abfiltriert und nach einer Wäsche getrocknet. Aus dem Filtrat wird das eingesetzte Ethanol vollständig zurückgewonnen und es verbleiben die Hemizellulose-Zucker. Der feste faserige Rückstand des Aufchlusses wird zerkleinert und gewaschen, entwässert, mit Enzymen versetzt und dann in speziell am Fraunhofer IGB ausgelegten Rührreaktoren bei hoher Faserstoffkonzentration verzuckert. Nach einem Filtrationsschritt erhält man eine Glukoselösung, die zur Stabilisierung zu einem Sirup aufkonzentriert wird.



3



4

Der Bau der Pilotanlage erfolgte zeitgleich mit dem Bau des CBP. Die Pilotanlage konnte im Frühjahr 2013 erfolgreich in Betrieb genommen werden. Seitdem optimieren wir die Einzelprozesse sowie den Gesamtprozess weiter. Zudem wurden vollständige Stoffbilanzen erstellt und Probenmuster im Kilogrammmaßstab an die Projektpartner für anwendungstechnische Untersuchungen verteilt.

#### Grundstoffe für chemische und werkstoffliche Nutzung

Die in der Pilotanlage gewonnenen Zwischenprodukte – Lignin und Zucker – dienen als Grundstoffe für die chemische und werkstoffliche Nutzung. Die aus dem Holz gewonnenen Zucker wurden von den Projektpartnern als Rohstoff für Verfahren der industriellen Biotechnologie eingesetzt, um beispielsweise chemische Grundstoffe wie Milchsäure, Essigsäure, Bernsteinsäure oder Ethanol herzustellen. Der Vorteil der aus Holz gewonnenen Zucker ist, dass diese nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln stehen. Das gewonnene Lignin konnte aufgrund seiner guten thermoplastischen Eigenschaften durch die Projektpartner direkt in Compounds für die Extrusion von Formteilen eingesetzt werden oder als Alternative für das erdölbasierte Phenol in Harzen und Polyurethanverbindungen genutzt werden. Zudem haben die Projektpartner verschiedene chemische und biotechnologische Möglichkeiten der Ligninspaltung untersucht, um aromatische Grundbestandteile zu erzeugen. Insgesamt wurden mit den Zucker- und Ligninproben aus der Pilotanlage zahlreiche Verfahren und Produkte entwickelt.

#### Ausblick

Mit der erfolgreichen Übertragung des Organosolv-Aufschlusses in den Pilotmaßstab konnte demonstriert werden, dass die chemische Nutzung von Holz nach dem Konzept einer Bioraffinerie im technischen Maßstab funktioniert. Die Pilotanlage wird im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte genutzt, um das Verfahren weiter zu optimieren, die gewonnenen Zwischenprodukte in verschiedene Wertschöpfungsketten zu integrieren und letztendlich die industrielle Umsetzung der Lignozellulose-Bioraffinerie vorzubereiten.

#### Kontakt



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

Telefon +49 3461 43-9101

gerd.unkelbach@igb.fraunhofer.de



**Dr. Moritz Leschinsky**

Telefon +49 3461 43-9102

moritz.leschinsky@igb.fraunhofer.de

#### Förderung

Wir danken dem Bundesministerium Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe für die Förderung des Projekts »Lignocellulose Bioraffinerie«, Förderkennzeichen 22022109.

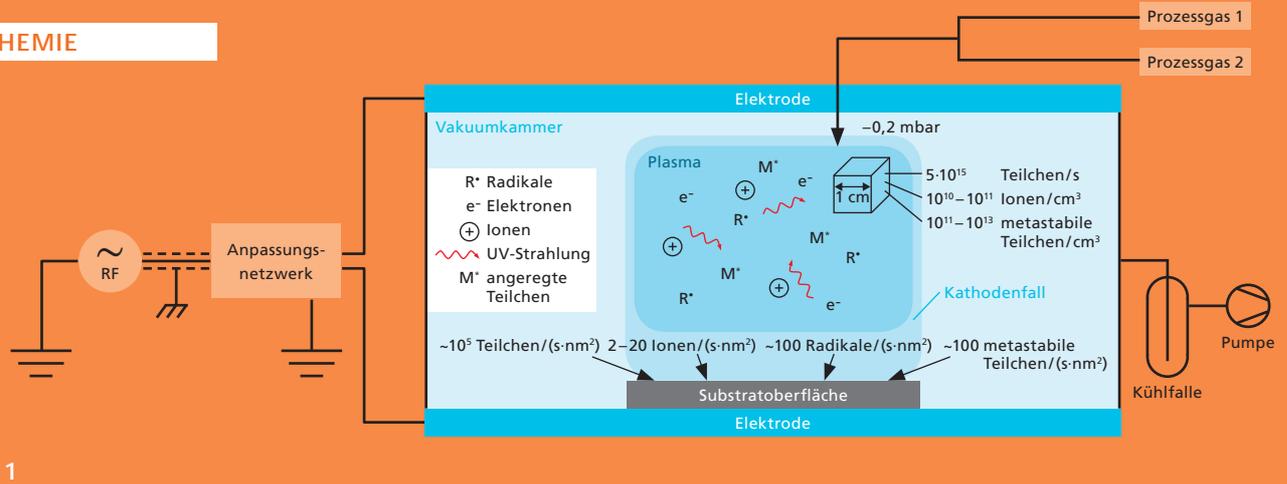
#### Projektpartner

DECHEMA (Koordinator) | Bayer Technology Services GmbH | Evonik-Degussa GmbH | Dynea Erkner GmbH | Tecnaro GmbH | InfraLeuna GmbH | Wacker AG | Universität Hamburg | Fraunhofer ICT | Fraunhofer IGB | TU Kaiserslautern | Karlsruher Institut für Technologie (KIT) | Justus-Liebig-Universität Gießen

#### Weitere Informationen

[www.lignocellulose-bioraffinerie.de](http://www.lignocellulose-bioraffinerie.de)

- 1 *Tank zur Faserwäsche.*
- 2 *Vereinfachtes Fließbild der Lignozellulose-Bioraffinerie Pilotanlage in Leuna.*
- 3 *Buchenholzscheibe mit Schnittmuster – die dabei anfallenden Reststoffe sind Rohstoffe der Lignozellulose-Bioraffinerie.*
- 4 *Entwässerung der Faserfraktion.*



# SCHNELLTESTVERFAHREN ZUR MATERIALCHARAKTERISIERUNG – PLASMABEWITTERUNG VON OBERFLÄCHEN

Dr. rer. nat. Jakob Barz

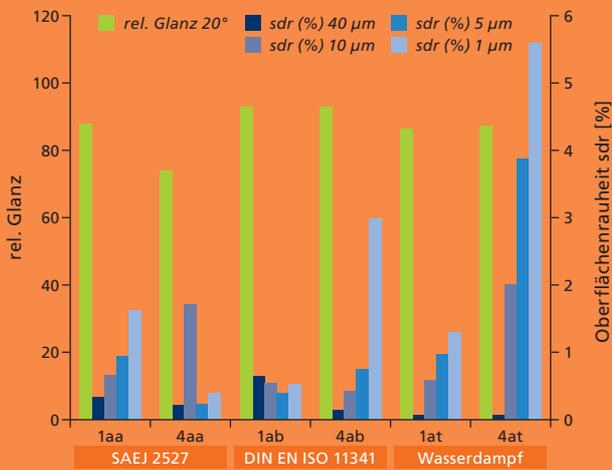
## Aufwendige Freibewitterung für neue Materialien

Die Produktentwicklungszyklen für neue Lacke und andere polymere Materialien sind vor allem aufgrund der verwendeten Testverfahren sehr aufwendig, teuer und langwierig. Die Materialoberflächen, insbesondere solche für Außenanwendungen, müssen auf Freibewitterungsständen über mehrere Monate oder gar Jahre, alternativ über mehrere tausend Stunden in Klimakammern mit Strahlquellen, hinsichtlich ihrer Witterungsbeständigkeit geprüft werden. Handelt es sich um zertifizierte Freibewitterungsstände, so sind die dafür notwendigen Prüfeinrichtungen quasi ständig mit Proben belegt und es ist für die Entwickler schwierig, kurzzeitig Prüfplätze für Neuentwicklungen zu erhalten. Alternativ dazu gibt es am Markt Bewitterungsgeräte, mit denen diese Tests schneller durchgeführt werden können. Dennoch betragen die Testzyklen auch hier einige tausend Stunden. Zudem fallen währenddessen erhebliche laufende Kosten für Strom und Strahlquellen an. In beiden Fällen entstehen große Verzögerungen in der Materialentwicklung.

Um Produktinnovationen schneller entwickeln und auf den Markt bringen zu können, sollten neue Testverfahren entwickelt werden, die es ermöglichen, innerhalb kürzester Zeit und unter geringem Energieeinsatz Schadbilder an Polymeroberflächen zu erhalten, die mit den konventionellen zertifizierten Verfahren erreicht werden.

## Nachahmung der Freibewitterung durch Plasmaverfahren

Hierfür sind plasmabasierte Verfahren besonders vielversprechend. Das Plasma dient in diesem Fall als Strahlungs- und Teilchenquelle. Die Einwirkung von Strahlung, Temperatur, Erosion und Feuchte sowie die dadurch induzierten Veränderungen auf den Oberflächen von Polymeren können mit Plasmaverfahren in einem einzigen Prozessschritt eingestellt werden. Die zu testenden Oberflächen befinden sich zur Behandlung in einer zuvor gezielt eingestellten Atmosphäre. Durch das Zünden eines Plasmas werden Atome und Moleküle in der Gasphase angeregt und teilweise ionisiert, vorhandene Moleküle werden fragmentiert und somit chemisch aktiviert. Viele Teilchen werden im Plasma angeregt und relaxieren unter Lichtemission, so dass ein breites elektromagnetisches Spektrum erhalten wird. Es finden radikalchemische sowie photochemische Reaktionen in der Plasmaphase und auf der Oberfläche der Proben statt, die dem Plasma ausgesetzt sind. Des Weiteren können, falls erwünscht, Plasmaionen eingesetzt werden, um die Oberfläche zu erodieren. Die Zusammensetzung der Plasmen kann über die Prozessparameter (Druck, eingekoppelte Plasmaleistung, Gasfluss und Gasart, Behandlungszeit) gesteuert werden. Abb. 1 veranschaulicht die Zahlenverhältnisse der im Plasma erzeugten Teilchen für ein Niederdruckplasma.



2



3

### Nachweis der Schadensbilder bereits nach Stunden

In Untersuchungen des Fraunhofer IGB im Auftrag der Firma Bayer Material Science wurden Polyurethan-Lackproben in unterschiedlichen Plasmaatmosphären bewittert. In Abb. 2 sind die Ergebnisse dargestellt, die bei Verwendung eines Wasserdampfplasmas im Vergleich zu Standardbewitterungsverfahren erzielt werden konnten. Bei Bewitterung unter Zusatz von gasförmigem Wasser konnten wir bereits nach 60 Minuten eine Schädigung der Oberfläche erreichen, die sich mit klassischer künstlicher Bewitterung nach SAE J2527 erst nach mehr als 1000 Stunden einstellt. Dies zeigt, dass durch künstliche und Plasmabewitterung ein vergleichbares Schadensbild entsteht, welches hier durch die Messgrößen Oberflächenrauheit und Glanz wiedergegeben ist.

### Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Plasmabewitterung das Potenzial besitzt, Produktionsentwicklungszyklen deutlich zu verkürzen. Daher untersuchen wir derzeit gezielt die Einflüsse einzelner Prozessparameter auf das Alterungsverhalten von Polyurethan und anderen Polymeren, um das Plasmabewitterungsverfahren weiter zu optimieren und die Gleichwertigkeit zu anerkannten künstlichen und Freibewitterungsverfahren zu belegen. Unterschiedliche technische Realisationen wurden bereits zum Patent angemeldet.

### Kontakt



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

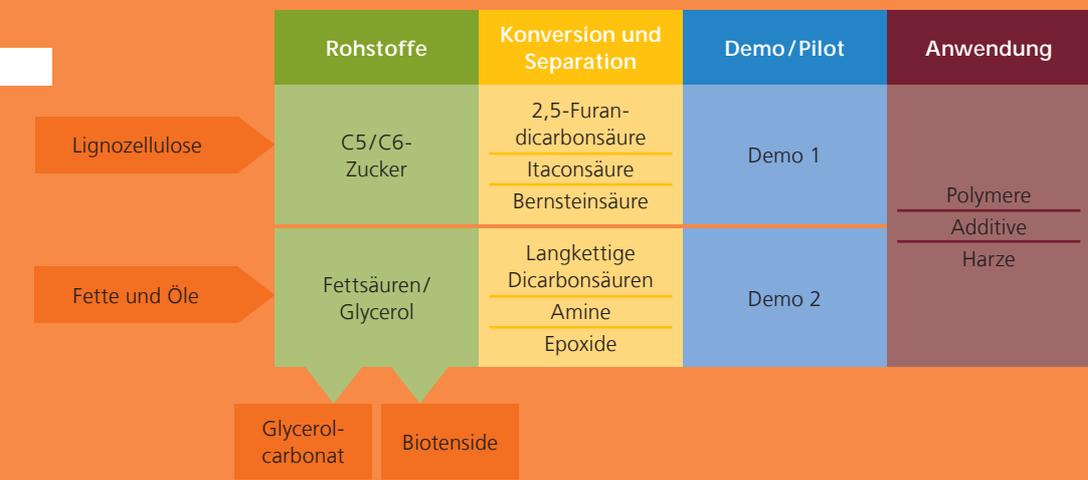


**Dr. Michael Haupt**  
 Telefon +49 711 970-4028  
 michael.haupt@igb.fraunhofer.de

### Projektpartner

Bayer Material Science, Leverkusen

- 1 Teilchen in einem Niederdruckplasma. Gezeigte Teilchenströme beziehen sich immer auf 1 nm<sup>2</sup> der Oberfläche.
- 2 Vergleich verschiedener Plasma- und Standardbewitterungsverfahren an Polyurethan-Lack: Die Balken zeigen die Ergebnisse aus den Standardtestverfahren nach SAEJ 2527 und DIN EN ISO 11341 sowie aus einem Wasserdampfplasma. Die gezeigten Messwerte sind der relative Glanz sowie die Oberflächenrauheit (sdr).
- 3 Lackoberfläche vor und nach der Plasmabewitterung.



1

## BIOCONSEPT – VON DER PFLANZE ZUM KUNSTSTOFF

Dr. rer. nat. Nicole Helber, Fabian Haitz M. Sc., Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp, Dr.-Ing. Susanne Zibek

### Biobasierte Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen zweiter Generation

Die Rohstoffe für die industrielle Biotechnologie stammen in erster Linie aus landwirtschaftlichen Produkten – Glukose aus zuckerhaltigen Pflanzen wie Zuckerrüben oder stärkehaltigen Pflanzen wie Getreide, Pflanzenöle aus Saaten. Diese biobasierten Rohstoffe der sogenannten ersten Generation stehen jedoch in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und ihr Einsatz für die Produktion von Biokraftstoffen oder biobasierten Chemikalien ist umstritten. Ein Konzept, das bereits in einer Bioraffinerie umgesetzt wird, ist die vollständige energetische und stoffliche Nutzung von biobasierten Rohstoffen der sogenannten zweiten Generation. Hierzu gehören Lignozellulose aus Holzabfällen oder Pflanzenöle, die nicht in der Lebensmittelindustrie Verwendung finden.

Mit dem EU-geförderten Projekt BioConSepT, an dem neben dem Fraunhofer IGB 30 weitere europäische Partner aus Forschung und Industrie beteiligt sind, wird die Verwertung von Rohstoffen zweiter Generation zur Herstellung von biobasierten Polymeren untersucht. Ziel des Projekts ist es, Prozesse zu liefern, die Rohstoffe der zweiten Generation in werthaltige Chemikalien konvertieren. Diese sind dabei bis zu 30 Prozent günstiger und nachhaltiger als entsprechende chemische oder biotechnologische Verfahren, die mit Rohstoffen der ersten Generation arbeiten. Die Partner haben Verfahren zur Herstellung von Chemikalien aus Rohstoffen der zweiten Generation ausgewählt, in denen enzymatische, mikrobielle sowie chemische Reaktionen eingesetzt und miteinander kombiniert werden. Als Zielmoleküle wurden in einem ersten Auswahlprozess 2,5-Furandicarbonsäure, Itaconsäure, Bernsteinsäure, langkettige Dicarbonsäuren, Diamine, Diamide und Epoxide

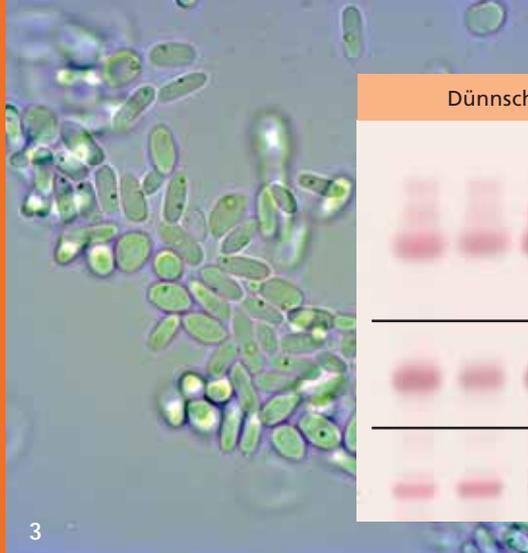
identifiziert. Zudem wird die Herstellung von Biotensiden und Glycerolcarbonat betrachtet. Durchbrüche bei der Kostenreduktion und Nachhaltigkeit der ausgewählten Prozesse sollen durch die Einführung kontinuierlicher Prozesse, neuer Reaktoren und selektiver Trenntechnologien erzielt werden. Ein weiteres Ziel des Projekts ist die Bereitstellung von Mustermengen für die Markterprobung von biobasierten Polymeren, Harzen, Weichmachern, Biotensiden und Lösungsmitteln.

### Dicarbonsäuren aus Pflanzenölen

Langkettige Dicarbonsäuren sind chemisch aufwendig und teuer zu synthetisieren, stellen jedoch ein interessantes Zwischenprodukt für die Synthese von Kunststoffen wie Polyester dar. Hefen der Gattung *Candida* oder *Pichia* sind in der Lage, Fettsäuren zu den entsprechenden Dicarbonsäuren zu oxidieren. Das Fraunhofer IGB konnte bereits ein Verfahren für die Herstellung von Dicarbonsäuren mit der Hefe *Candida cenakerosene* etablieren. Bis zu 100 g/l 1,18-Octadecendicarbonsäure konnte in einem optimierten Prozess aus Ölsäure fermentativ erzeugt werden [1]. Im Zuge des BioConSepT-Projekts wird am Fraunhofer IGB die Bildung von Dicarbonsäuren aus weiteren Fettsäuren von Pflanzenölen untersucht. Neben der Prozessentwicklung werden derzeit neue Hefestämme zur Dicarbonsäureherstellung untersucht und robuste Produktionsstämme erzeugt, die eine möglichst hohe Dicarbonsäureausbeute ermöglichen.

### Epoxide aus Pflanzenölen

Bei der Epoxidierung ungesättigter Fettsäuren und Triglyzeride entstehen Produkte mit gesteigerter Polarität und Reaktivität. Diese Epoxide können als PVC-Stabilisatoren, Weichmacher oder in biobasierten Polymeren eingesetzt werden. Als



#### Dünnschichtchromatografie



Stabilisatoren oder Weichmacher in verschiedenen Kunststoffen wie beispielsweise Polyvinylchlorid (PVC) oder Polymilchsäure (PLA) kommt meistens epoxidiertes Sojaöl (ESBO) zum Einsatz [2, 3]. Außerdem wurde in der Kunststoffindustrie die Verwendung von Pflanzenölepiden für die photoinitierte kationische Polymerisation in Dünnschichtenwendungen beschrieben [4]. Innerhalb von BioConSepT wird am Fraunhofer IGB ein Prozess zur enzymatischen Herstellung von Epoxiden mit einem immobilisierten Enzym zur Umsetzung von Pflanzenölen der zweiten Generation, unter anderem Pflanzenölen aus Abfallströmen, eingesetzt.

#### Die Lücke zwischen Labor und industrieller Praxis schließen

Im Jahr 2014 wird BioConSepT die zwei erfolgversprechendsten Herstellungsprozesse auswählen, um Produktmengen in der Größenordnung von 100 kg bis 1000 kg bereitzustellen. Die Umsetzung der ausgewählten Prozesse vom Labor in den industriellen Maßstab wird in der Multifunktionsanlage des Fraunhofer CBP in Leuna erfolgen. Somit soll BioConSepT helfen, die Lücke zwischen Labor und industrieller Praxis für die Produktion von Chemikalien aus vorhandener Biomasse weiter zu verringern.

- 1 Rohstoffe der zweiten Generation sollen in werthaltige Chemikalien konvertiert werden.
- 2 Fermentation von *Candida* im 42-Liter-Bioreaktor.
- 3 *Candida*-Zellen und Bildung von Dicarbonsäure (DCA) aus Ölsäuremethylester (OME).

#### Kontakt



**Dr.-Ing. 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

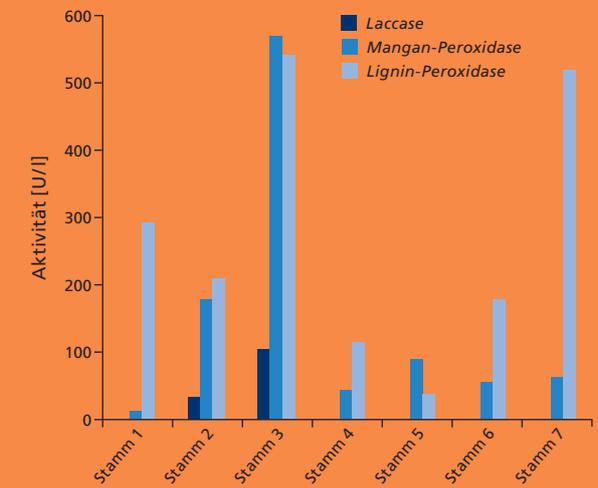
- [1] Zibek, S.; Huf, S.; Wagner, W.; Hirth, T.; Rupp, S. (2009) Fermentative Herstellung der  $\alpha,\omega$ -Dicarbonsäure 1,18-Oktadecandisäure als Grundbaustein für biobasierte Kunststoffe, *Chemie Ingenieur Technik* 81(11): 1797–1808
- [2] Benaniba, M. T.; Belhaneche-Bensemra, N.; Gelbard, G. (2003) Stabilization of PVC by epoxidized sunflower oil in the presence of zinc and calcium stearates, *Polymer Degradation and Stability* 82(2): 245–249
- [3] Al-Mulla, E. A. et al. (2010) Properties of epoxidized palm oil plasticized polylactide, *Journal of Materials Science* 45(7): 1942–1946
- [4] Crivello, J. V.; Narayan, R. (1992) Epoxidized triglycerides as renewable monomers in photoinitiated cationic polymerization, *Chemistry of Materials* 4(3): 692–699

#### Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Projekts »BioConSepT« im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007–2013), Förderkennzeichen 289194.

#### Projektpartner und weitere Informationen

www.bioconcept.eu



## NEUE ENZYME FÜR DIE MODIFIZIERUNG VON LIGNIN

Dipl.-Biol. (t. o.) Dominik Rais, Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp, Dr.-Ing. Susanne Zibek

### Lignin – natürliche Quelle für Aromaten

Die Zellwände verholzten Pflanzenmaterials bestehen aus dem Verbundstoff Lignozellulose, der sich aus den Komponenten Zellulose, Hemizellulose und Lignin zusammensetzt. Als Hauptbestandteil von Stroh und Holz fällt Lignozellulose in großen Mengen als land- und forstwirtschaftlicher Reststoff an und steht somit nicht in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Innerhalb des Konzepts der Lignozellulose-Bioraffinerie soll diese erneuerbare Rohstoffquelle gänzlich stofflich verwertet werden.

Zellulose und Hemizellulose können hydrolysiert und die gewonnenen Zuckermonomere chemisch oder fermentativ zu verschiedenen Chemikalien umgesetzt werden. Das abbaureistente Lignin wird bisher vor allem zur Energiegewinnung durch Verbrennung genutzt, bietet jedoch ein großes Potenzial zur stofflichen Nutzung. Lignin ist aus einer Kombination der Bausteine Coniferyl-, Sinapyl- und Cumarylalkohol aufgebaut und stellt die größte natürliche Quelle für Aromaten dar. Lignin kann in Form von aromatischen Oligomeren oder Monomeren zur Substitution vieler petrochemisch basierter Kunststoffe und Chemikalien wie Polyurethanen, Kunstharzen oder Phenol eingesetzt werden. Dazu müssen die Lignin-Polymere zunächst abgebaut und die Bruchstücke zu Synthesebausteinen funktionalisiert werden. Hier versprechen enzymatische Verfahren eine ökoeffiziente und selektive Konversion von Lignin.

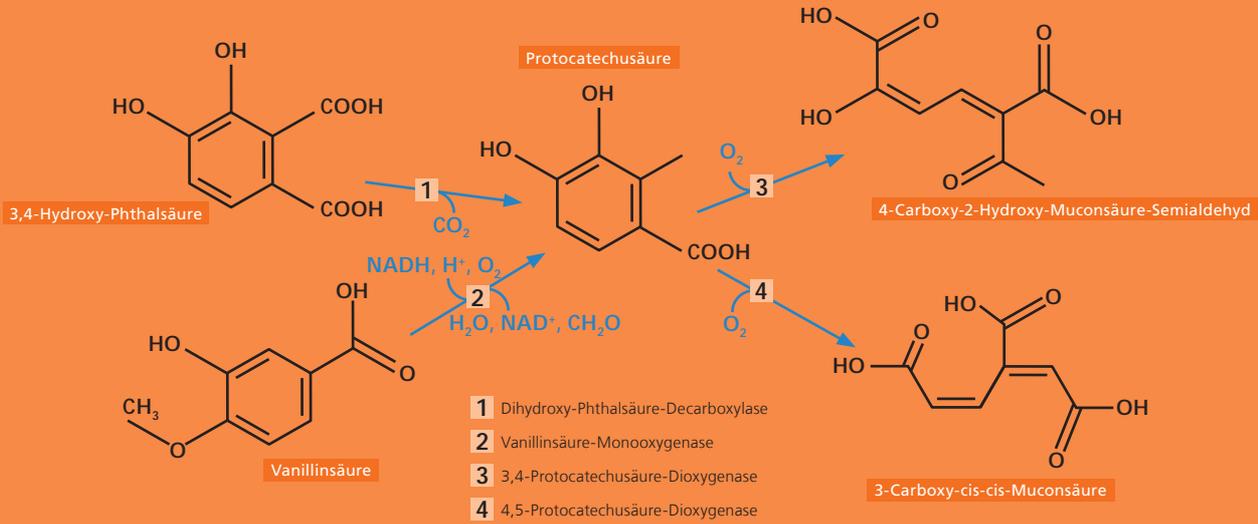
### Ligninmodifizierende Enzyme aus Pilzen

Weißfäulepilze sind die prominentesten Vertreter der Lignin abbauenden Organismen. Im Abbauprozess dieser Pilze spielen vornehmlich die Enzymklassen der Lignin-, Mangan- und

versatilen Peroxidasen sowie Laccasen eine wichtige Rolle. Die Lignin-Peroxidasen verfügen über ein hohes Redoxpotenzial und sind in der Lage, die beständigen nicht-phenolischen Strukturen im Lignin direkt anzugreifen. Mangan-Peroxidasen oxidieren Mn(II) zu Mn(III), das wiederum in das Ligninmolekül eindiffundiert und phenolische Strukturen oxidiert. Die versatilen Peroxidasen stellen Hybride aus Lignin- und Mangan-Peroxidasen dar. Laccasen haben ein niedriges Redoxpotenzial und können nicht-phenolische Strukturen nur über Mediatoren angreifen [1]. Bis auf die Laccasen sind diese Lignin modifizierenden Enzyme nur zu sehr hohen Preisen erhältlich. Eine Optimierung des Produktionsprozesses für Lignin-, Mangan- und versatilen Peroxidasen stellt somit weiterhin eine Herausforderung dar. Am IGB konnte durch Kokultivierung verschiedener Pilzstämmen in Submerskultur eine Steigerung der Produktion von Lignin modifizierenden Enzymen erreicht werden [2] (Abb. 1). In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CBP wurde die Ausbeute an ligninolytischen Enzymen in Submers-Pilzkulturen weiter optimiert und auf einen größeren Maßstab bis zu 10 Liter übertragen.

### Bakterieller Ligninabbau

Neben der Herstellung ligninolytischer Enzyme aus Pilzen wird auch der bakterielle Ligninabbau erforscht. In der Literatur sind bereits einige Bakterienstämme innerhalb der Actinomyceten sowie der  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Proteobakterien beschrieben, die in der Lage sind, Lignin abzubauen [3]. Der bakterielle Mechanismus des Ligninabbaus und dessen enzymatischer Hintergrund sind jedoch noch kaum erforscht. In den Kulturüberständen ligninolytischer Bakterienstämme, die mit Lignin kultiviert wurden, konnten wir Peroxidase- und Laccase-Enzymaktivitäten nachweisen (Abb. 2). Um neue bakterielle Enzyme zu



erschließen, untersuchen wir auch die Genome ligninolytischer Bakterien. Dabei sind sowohl Dyp-type-Peroxidasen, die möglicherweise über ähnliche Mechanismen wie die Lignin- oder Mangan-Peroxidasen am Abbau von Lignin beteiligt sind, als auch intrazelluläre Enzyme, die Ligninbruchstücke verstoffwechseln, von Interesse [3]. Im Genom eines Stammes von *Pseudonocardia sp.*, der im Fraunhofer IGB sequenziert wurde, konnten wir eine Vielzahl putativer Enzyme des Aromatenstoffwechsels finden. Eine interessante Reaktion ist hier die Demethylierung von Vanillinsäure durch eine Monooxygenase, wobei eine neue funktionelle Hydroxygruppe entsteht (Abb. 3).

Dyp-type-Peroxidasen aus verschiedenen ligninolytischen Bakterien werden exprimiert und deren katalytische Eigenschaften untersucht. Die Ergebnisse sollen einen Hinweis darauf geben, inwieweit Dyp-type-Peroxidasen in Bakterien die Rolle von Lignin-Peroxidasen übernehmen.

### Ausblick

Enzyme, die hinsichtlich der Modifikation und des Abbaus von Lignin vielversprechend sind, sollen später im größeren Maßstab produziert und für technische Anwendungen zur Verfügung gestellt werden.

- 1 *Kokultur von Pleurotus ostreatus und Phlebia radiata im Schüttelkolben nach 168 h Inkubation bei 25 °C. In der Submerskultur konnte die Enzymproduktion erhöht werden.*
- 2 *Ligninolytische Enzymaktivität im Kulturüberstand verschiedener Bakterienstämme.*
- 3 *Enzyme des Protocatechusäurestoffwechsels aus Pseudonocardia sp. können für die stoffliche Nutzung von Lignin interessant sein.*

### Kontakt



**Dr.-Ing. 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] Wong, D. W. S. (2009) Structure and action mechanism of ligninolytic enzymes, *Appl. Biochem. Biotechnol.* 157: 174–209
- [2] Qi-he, C.; Krügener, S.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2011) Co-cultured production of lignin-modifying enzymes with white-rot fungi, *Appl. Biochem. Biotechnol.* 165: 700–718
- [3] Bugg, T. D. H.; Ahmad, M.; Hardiman, E. M.; Singh, R. (2011) The emerging role for bacteria in lignin degradation and bio-product formation, *Curr. Opin. Biotechnol.* 22: 394–400

### Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) sowie der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) für die Förderung des Projekts »Lignocellulose Bioraffinerie Phase II« (Förderkennzeichen 22019309).

### Projektpartner und weitere Informationen

www.lignocellulose-bioraffinerie.de



1



2

## HERSTELLUNG BIOZERTIFIZIERTER KOSMETIKA AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

Dr. rer. nat. Ana Lucía Vásquez Caicedo, Dr.-Ing Susanne Zibek, Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp, Dipl.-Ing. Siegfried Egner

### Verstärkte Nachfrage nach Biokosmetika

Konsumenten betrachten petrochemisch hergestellte Inhaltsstoffe in Kosmetikartikeln zunehmend kritisch und fragen vermehrt nach Natur- bzw. Biokosmetika. Die Produktpalette und die Vielfalt der Naturprodukte sind durch einen Mangel an biozertifizierten Inhaltsstoffen allerdings begrenzt. Zudem stellt ihre Herstellung noch eine technische Herausforderung dar und ist somit sehr teuer. Die Kosmetikindustrie ist daher bestrebt, den steigenden Anforderungen der Verbraucher in Bezug auf die Unbedenklichkeit der eingesetzten Rohstoffe auf Umwelt und Gesundheit gerecht zu werden und fossile durch nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen.

### Zertifizierbarer Herstellungsprozess vom Anbau der Rohstoffe bis hin zum biobasierten Produkt

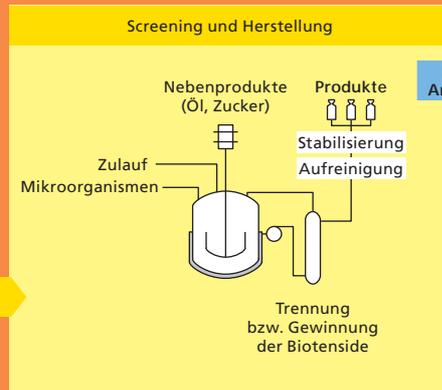
Dieser Herausforderung stellt sich das Konsortium des von der EU geförderten Projekts »O4S – Sustainable surfactant production from renewable resources through natural fermentation for applications in natural, organically-certified products«. Das Projekt O4S erarbeitet eine vollständig zertifizierbare Prozesskette, mit der nachwachsende Rohstoffe aus ökologisch kontrolliertem Anbau mittels umweltfreundlicher Verfahren für die Herstellung von biobasierten Emulgatoren und Biotensiden gewonnen werden können, um diese in biozertifizierten Kosmetika einzusetzen. Projektziele sind dabei unter anderem die Identifizierung ökologisch zertifizierter kostengünstiger Substrate wie Zucker und Öle sowie die Entwicklung eines zertifizierbaren Herstellungsprozesses für Biotenside. Die Substrate sollen dabei aus Reststoffen der ökologischen Landwirtschaft und Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion gewonnen werden.

### Biotenside – Alternative zu chemisch synthetisierten Tensiden

Tenside und Emulgatoren finden sich nicht nur in Reinigungs- und Waschmitteln, sondern auch in Kosmetika. Shampoos, Duschgele und Badezusätze bestehen bis zu 40 Prozent aus Tensiden, welche die Oberflächenspannung von Wasser herabsetzen. Ein Großteil der derzeit eingesetzten Tenside wird auf chemischem Weg synthetisiert. Zwar kommen als Rohstoffe neben Erdöl mittlerweile auch zunehmend Öle aus nachwachsenden Rohstoffen zum Einsatz. Doch die in der Regel verwendeten Kokos- oder Palmkernöle werden als ökologisch bedenklich eingestuft. Eine Alternative stellen Biotenside dar. Dies sind waschaktive Stoffe, die von Mikroorganismen hergestellt werden. Derzeit werden nur wenige dieser Biotenside industriell produziert, da ihre Herstellung noch vergleichsweise kostenintensiv ist. Damit Biotenside auch für die Naturkosmetik lukrativ werden, entwickelt das Fraunhofer IGB im Projekt O4S einen nachhaltigen, kostensenkenden und zertifizierbaren Herstellungsprozess, der die biotechnologische Fermentation und die Aufreinigung der Biotensidprodukte umfasst.

### Herstellung von biozertifizierten Biotensiden

Um Biotenside als 100 Prozent kontrolliert »biologisch« bzw. »ökologisch« (englisch: organic) ausweisen zu können, muss die gesamte Produktionskette evaluiert und zertifiziert werden. Dies beginnt mit der Auswahl der Rohstoffe, deren Eignung als Quelle für einen zertifizierbaren Fermentationsprozess anhand der standardisierten Vorschriften des internationalen Bio- und Naturkosmetikverbands Natrue geprüft wird. So haben wir zunächst die Verfügbarkeit von Reststoffen wie Getreidespelzen und Olivenölrösten sowie die jeweils



3

benötigten Konditionierungs- bzw. Umwandlungsstufen untersucht und die entsprechend anfallenden Kosten bewertet. In einem nächsten Schritt haben wir mit diesen Substraten die Biotensidbildung in verschiedenen ausgewählten Mikroorganismen getestet und eine Strategie für die Abtrennung und Aufreinigung der Biotenside entwickelt. Zudem wurden deren chemisch-physikalische (Löslichkeit, pH-Stabilität), sensorische (Farbe, Geruch) und anwendungsrelevante Eigenschaften (Schaumbildung, emulgatorische und antimikrobielle Eigenschaften) in Zusammenarbeit mit Forschungs- und Industriepartnern bestimmt.

### Systemansatz und Ausblick

Von grundlegender Bedeutung für das Projekt ist der alle Stufen der Prozesskette umfassende Systemansatz. So muss sichergestellt werden, dass sowohl die Reststoffe aus der ökologischen Landwirtschaft als auch die Verfahren zur Rohstoffaufbereitung (zu durch Mikroorganismen verwertbaren Substraten) für die Herstellung von zertifizierbaren Biotensiden geeignet sind. Ebenso müssen für die Abtrennung und Aufreinigung der biotechnisch hergestellten Tenside sowie für ihre Formulierung und Stabilisierung ökologisch tragbare Verfahren entwickelt und umgesetzt werden.

Je nach Wahl der Substrate und Aufreinigungsstrategien erhält man Produkte mit verschiedenen chemisch-physikalischen Eigenschaften. Anhand einer genauen Charakterisierung können die gewonnenen Biotenside für eine geeignete Anwendung eingesetzt werden. Um die zur Verfügung stehenden Biotenside optimal einsetzen zu können, wird auf Basis der Charakterisierung eine Formulierungsplattform entwickelt. Von dieser lassen sich spezifische Anforderungen des Produkts an die Formulierung ableiten, zum Beispiel ob das Biotensid als Pulver oder in flüssiger Form stabilisiert werden soll, um so die Stabilität des Biotensids über die gesamte Logistikkette zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang spielen auch die hygienischen und regulatorischen Anforderungen im Hinblick auf die Produktsicherheit sowie die Verbraucherakzeptanz eine große Rolle.

### Kontakt



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



**Dr.-Ing. Susanne Zibek**  
Telefon +49 711 970-4167  
susanne.zibek@igb.fraunhofer.de

### Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Projekts »O4S: Sustainable surfactant production from renewable resources through natural fermentation for applications in natural, organically-certified products«, Förderkennzeichen 286859.

### Weitere Informationen und Projektpartner

[www.organic4surfactants.eu](http://www.organic4surfactants.eu)

Schließlich liefert die Systembetrachtung unter Berücksichtigung der Massen- und Energiebilanz ein Konzept zur industriellen Auslegung und Umsetzung des integrierten Prozesses.

- 1 *Agrarabfälle zertifizierter Erzeuger sollen Biotenside für Kosmetikprodukte liefern.*
- 2 *Herstellung von Biotensiden im 42-Liter-Bioreaktor.*
- 3 *Die gesamte Prozesskette soll so gestaltet werden, dass eingesetzte Verfahren die Kriterien der Bioverbände erfüllen, um das Endprodukt zu 100 Prozent biozertifiziert herzustellen.*



# UMWELT

Dipl.-Ing. Siegfried Egner

Vor dem Hintergrund der weltweiten Diskussion über den Treibhauseffekt, die Energiewende und die Ressourcenknappheit kommt dem ressourcenschonenden Wirtschaften und dem Umweltschutz eine immer größere Bedeutung zu. Beides 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 gleichzeitig negative Auswirkungen auf die Umwelt zu vermeiden – und so die wirtschaftliche mit ökologischer Nachhaltigkeit zu verbinden.

Aufgaben und Lösungsansätze im Geschäftsfeld Umwelt sind in vielen Fällen stark mit Themen der Geschäftsfelder Energie und Chemie verknüpft. In europäischen und nationalen Projekten mit Partnern aus Forschung und Industrie entwickeln wir Verfahren und Systemkomponenten, die helfen, das Klima und Ressourcen zu schonen sowie Materialien und Substanzen für eine Wiedernutzung zurückzugewinnen.

Beispiele hierzu sind die Fortentwicklung des innovativen Infrastrukturkonzepts DEUS 21 für eine dezentrale Bewirtschaftung von Energie und Wasser und Forschungsprojekte, um die Emission von partikulären oder gelösten persistenten Spurenstoffen zu verhindern. Um die Qualität von Sekundärrohstoffen zu verbessern und sie konkurrenzfähig zu Primärrohstoffen zu machen, entwickeln wir neue Aufarbeitungsprozesse, mit denen Stoffgemische selektiv auf molekularer bzw. atomarer Ebene aufgetrennt werden können. Die Rückgewinnung von Inhaltsstoffen aus Prozesswässern der Agroindustrie oder kommunalen Kläranlagen als hochwertige Dünger und Bodenverbesserer erlaubt es, stoffliche, aber auch energetische Ressourcen zu schonen. Ein anderes Beispiel ist die regenerative Erzeugung von Algenbiomasse für die stoffliche und energetische Nutzung. Durch die Fixierung von Kohlenstoffdioxid wird nicht nur das Klima geschont, sondern auch hochwertige Rohstoffe, beispielsweise für die Kosmetik oder den ökologischen Pflanzenschutz, gewonnen.

Für den Nachweis der Nachhaltigkeit der entwickelten Produkte und Prozesse analysieren wir systematisch die Umweltauswirkungen eines Produkts während seines Lebensweges – von der Produktion über die Nutzung bis hin zur Entsorgung. Diese Ökobilanzen oder auch als Life Cycle Assessment (LCA) bekannte Analysen erstellen wir in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern. Komplexere Projekte im Geschäftsfeld Umwelt werden durch interdisziplinäre Teams aus Natur- und Ingenieurwissenschaftlern bearbeitet. Zur Einbindung weiterer Kompetenzen ist das 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.



2

# WASSERGEWINNUNG AUS LUFTFEUCHTIGKEIT MIT EINEM NEUARTIGEN SORPTIONSVERFAHREN

Dipl.-Ing. Mike Blicher

## Neue Trinkwasserressourcen erschließen

Die Sicherung der Trinkwasserversorgung für eine wachsende Weltbevölkerung ist eine der wichtigsten Aufgaben heutiger und zukünftiger Generationen. In vielen Gegenden der Welt besteht bereits heute keine Versorgungssicherheit für Trinkwasser und der Klimawandel verschlimmert die Situation besonders in ariden und semi-ariden Gebieten zunehmend. Vor allem in Regionen, wo kein Zugang zu nachhaltig nutzbaren Oberflächen- oder Grundwässern besteht, kann das in der Umgebungsluft als Luftfeuchtigkeit gebundene Wasser grundsätzlich als nahezu unerschöpfliche Wasserquelle dienen. Der heutige Stand der Technik liefert allerdings nur wenige am Markt verfügbare Systeme, beispielsweise die Kältekondensation. Von Nachteil sind ihr sehr hoher spezifischer Energieverbrauch sowie hohe Betriebs- und Anlagenkosten. Zudem funktioniert die Kältekondensation nur unter bestimmten klimatischen Bedingungen.

## Neuartiges sorptives Verfahren zur Wassergewinnung aus Luftfeuchte

Der Ansatz eines neuen, am Fraunhofer IGB entwickelten Verfahrens ist die Wassergewinnung aus Luftfeuchte durch ein kombiniertes Absorptions-/Desorptionsverfahren. Dazu wird die Absorption von Luftfeuchte an einem flüssigen Absorbens, einer hochkonzentrierten Sole, mit der Desorption durch eine Vakuumverdampfertechnik kombiniert (Abb. 2). Ziel eines vom Land Baden-Württemberg und der EU geförderten Vorhabens war es, gemeinsam mit Entwicklungspartnern aus der Industrie, die Machbarkeit einer energieautarken, mobilen Anlage zur dezentralen Wassergewinnung aus Luft zu demonstrieren.

## Vom Labor zum Feldversuch

Hierzu wurden zunächst, aufbauend auf den technischen und wissenschaftlichen Grundlagen, der Charakterisierung des Systems und einer Reihe von Vorversuchen, die Teilkomponenten ausgelegt und konstruiert. Nach der Fertigung der Komponenten wurden die Einzelsysteme umfangreich getestet. Nach Zusammenführung und Integration der Gesamtanlage in Container folgten eine Reihe von Praxisversuchen zur Evaluierung der Leistungsfähigkeit und die Demonstration der Gesamttechnologie.

Mit der Demonstrationsanlage konnten wir gemeinsam mit unseren Entwicklungspartnern die Technologie zur Wassergewinnung aus Luftfeuchtigkeit in einem anwendungsnahen Maßstab und in einer Industrieanforderungen entsprechenden Qualität umsetzen. Die Anlage besteht aus drei Containern, die neben den Absorptions- und Desorptionsmodulen alle nötigen Hilfsaggregate, einen Solespeicher sowie einen Energiespeicher beinhalten (Abb. 1, 3–5).

## Erfolgreiche Inbetriebnahme und Testphase

In einer mehrwöchigen Testphase im Herbst 2013 konnten wir zeigen, dass die Teilprozesse sowie die Gesamtanlage gut funktionieren und sich auch unter Realbedingungen Wasser aus Luftfeuchtigkeit gewinnen lässt. Dabei war es möglich, selbst bei teilweise sehr ungünstigen Umgebungsbedingungen im Hinblick auf Luftfeuchte und Temperatur, Wasser aus der Luft aufzunehmen und vom Sorptionsmittel als nutzbares Trinkwasser abzutrennen.



Das Verfahren stellt somit eine Alternative zu den bekannten Anlagen mit Kältekondensation dar. Ein Vorteil der neuen Technologie ist die Verwendung thermischer Energie als Hauptenergiequelle für den energieintensivsten Teilprozess der Desorption, die aus Abwärme oder durch Solarthermie gewonnen werden kann. Auch die für kleinere Verbraucher wie Antriebe und Steuerung benötigte elektrische Energie kann regenerativ, über Photovoltaik oder Wind, gewonnen werden, sodass ein autarker Einsatz der Anlage möglich ist. Das Gesamtkonzept ist durch die Nutzung von regenerativen Energien nachhaltig und CO<sub>2</sub>-neutral. Weiterhin werden keine Abfallstoffe produziert und alle Arbeitsmittel im Kreislauf geführt.

### Ausblick

Die erfolgreich umgesetzte Demonstrationsanlage soll zukünftig an verschiedenen Standorten erprobt und die Technologie optimiert werden. Es ist geplant, die Technologie gemeinsam mit Partnern in weiteren Pilotanlagen umzusetzen und zur Marktreife zu entwickeln. Das Verfahren der Wassergewinnung aus Luftfeuchtigkeit könnte in vielen Gebieten einen Beitrag zur Trinkwasserversorgung leisten, insbesondere im mittleren Osten, Teilen Südasiens, der erweiterten Mittelmeerregion und Afrika, wo der Ausbau einer sicheren Trinkwasserversorgung für die dort lebende Bevölkerung existenziell wichtig ist. Auch eine Übertragung der Technologie auf Anwendungen in Ballungsgebieten, beispielsweise zur dezentralen Trinkwassergewinnung in Megacities, ist denkbar.

### Kontakt



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



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

### Förderung

Wir danken dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und der Europäischen Union – Europäischer Fond für regionale Entwicklung – für die Förderung des Projekts »Entwicklung und Demonstration einer Technologie zur nachhaltigen Trinkwassergewinnung aus Luftfeuchtigkeit – WaLu«, Förderkennzeichen RWB-EFRE WaLu UT180.

### Projektpartner

Maschinenbau Lohse GmbH, Heidenheim | Michelberger Energietechnik GmbH, Bodnegg | Melotec Kunststoffverarbeitungs GmbH, Ulm | IGVP, Universität Stuttgart

- 1 *Demonstrationsanlage.*
- 2 *Prinzip der sorptiven Wassergewinnung aus Luftfeuchte.*
- 3 *Photovoltaikanlage und Turm der Demonstrationsanlage.*
- 4 *Ventilbatterie.*
- 5 *Anlagensteuerung.*



1



2

## NACHHALTIGE PRODUKTION VON DÜNGEMITTELN UND BODENVERBESSERERN DURCH SCHLISSUNG VON STOFFKREISLÄUFEN

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

### Ausgangssituation

Der Ausbau der Bioökonomie bei einem gleichzeitig weltweit wachsenden Bedarf an Lebensmitteln führt zu einem steigenden Bedarf an Düngemitteln. Auf der anderen Seite wird das Angebot an Düngemitteln zunehmend eingeschränkt, beispielsweise aufgrund des hohen Primärenergiebedarfs bei der Herstellung synthetischer Stickstoffdünger. Nachdem verfügbare Phosphorvorkommen keinen hohen Reinheitsgrad mehr aufweisen, steigen auch hier die Abbau- und Aufbereitungskosten. Einen Ausweg aus dieser Entwicklung im Sinne der Nachhaltigkeit bietet die Kreislaufführung der wesentlichen Nährstoffelemente Phosphor (P), Stickstoff (N) und Kalium (K). Hierzu müssen die Nährstoffe aus Stoffströmen der industriellen Produktion, der Produktion von Lebensmitteln, aus kommunalen Abwässern und ebenso aus der bioenergetischen Verwertung oder der Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen zurückgewonnen werden.

### Nährstoffmanagement zur Schließung von Stoffströmen

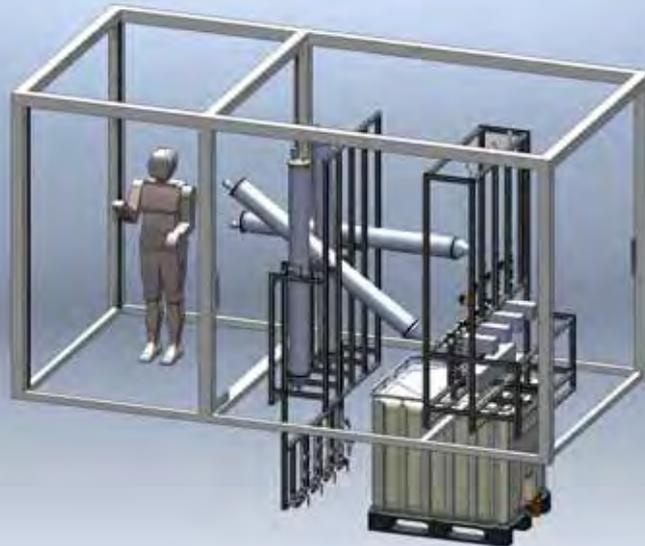
Für ein zukunftsfähiges Wirtschaften ist die Rückgewinnung der Nährstoffe essenziell. Das Fraunhofer IGB beschäftigt sich mit der Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger, kosteneffizienter Technologien und Strategien für ein integriertes Ressourcenmanagement. Schwerpunkt ist die Entwicklung neuartiger Technologien zur Rückgewinnung von Nährstoffen aus Abwasser und organischen Reststoffen wie Gülle, Gärresten und industriellen Reststoffen, beispielsweise aus der Lebensmittelindustrie.

Zu unserer Methodik gehört die standardisierte Charakterisierung und Bewertung verschiedener fester und flüssiger Reststoffe in Hinblick auf die Möglichkeit einer Nährstoffrückgewinnung. Je nach Beschaffenheit des Ausgangssubstrats entwickeln wir neuartige, spezifische Aufbereitungstechnologien, um möglichst hohe Rückgewinnungsquoten zu erzielen. In unseren nachfolgenden Herstellungsprozessen werden die Nährstoffe so ausgefällt oder pelletiert, dass sie als vollwertiges und spezifisches Produkt vermarktet und in verschiedenen landwirtschaftlichen Sektoren eingesetzt werden können. Düngemittel können sowohl als Feststoff als auch in flüssiger Form hergestellt und vertrieben werden. Wir bieten die Möglichkeit, entsprechende Produktformulierungen zu entwickeln, Musterungen herzustellen und entsprechend zu charakterisieren.

### Elektrochemisches Verfahren zur Rückgewinnung von Magnesium-Ammonium-Phosphat

Zur Rückgewinnung von Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) und Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) aus Abwasser hat das Fraunhofer IGB einen neuartigen elektrochemischen Prozess entwickelt und patentieren lassen. Hierbei werden  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{PO}_4^{3-}$  mit einer Magnesium-Elektrode als Struvit (Magnesium-Ammonium-Phosphat, MAP,  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) ausgefällt. Unser Verfahren hat die Vorteile, dass keine Chemikalien wie  $\text{MgCl}_2$  oder  $\text{NaOH}$  zugesetzt werden müssen und nur wenig Energie (70 Wh/ $\text{m}^3$  Abwasser) verbraucht wird.

Das elektrochemische Verfahren wurde mit einer Elektrolysezelle in verschiedenen Versuchsansätzen (Batch und kontinuierlich) und für unterschiedliche Ionenkonzentrationen



3

(20–500 mg/l PO<sub>4</sub>-P und 100–1500 mg/l NH<sub>4</sub>-N) erfolgreich demonstriert. Eine Pilotanlage mit einem Durchflussvolumen von 1 m<sup>3</sup>/h Abwasser steht für Untersuchungen an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Zulaufströmen, beispielsweise auf Kläranlagen, zur Verfügung.

#### Bodenverbesserer aus organischen Reststoffen

Die direkte Applikation von unbehandelten Gärresten oder Gülle auf Feldern führt in der Regel zu Stickstoffverlusten – durch Emission von Ammoniak, durch Nitratauswaschung und auch als klimarelevante Lachgasemission. Die Rückgewinnung von N-, P-, und K-Salzen sowie die konditionierende Stabilisierung einer organischen Matrix können diese Stickstoffverluste im Boden reduzieren und die Effizienz der Nährstoffnutzung erhöhen. Weiterhin kann allein durch organische feste Reststoffe ein bodenspezifisches Substrat hergestellt werden, mit dem die Qualität der Pflanzflächen, z. B. in Bezug auf die Feuchte- und Nährstoffaufnahmekapazität, verbessert werden kann.

In verschiedenen nationalen und EU-geförderten Forschungs- und Industrieprojekten beschäftigen wir uns mit der Aufbereitung dieser Reststoffe und der Nährstoffrückgewinnung sowohl aus der feststoffarmen flüssigen Phase (Fällung von P-Salzen, Gewinnung einer Ammoniumsulfat-Lösung) als auch aus der festen Phase (Trocknung mit einem neuartigen, energiearmen Verfahren zur Gewinnung von kohlenstoffhaltigen Bodenverbesserern).

#### Düngepräparate mit kombiniertem Pflanzenschutz

Weiterhin beschäftigen wir uns in EU-geförderten Projekten mit der Entwicklung umweltverträglicher Pflanzenschutzmittel, die mit Nährstoffen in einer für die Pflanze optimalen Menge kombiniert werden können. So wird in einem Projekt ein für den Bioweinbau zur Bekämpfung von Falschem Mehltau geeignetes und mit Mikronährstoffen angereichertes Präparat entwickelt. Zur Herstellung dieses natürlichen Pflanzenschutzmittels setzen wir Mikroalgen ein, um den Einsatz von Kupferpräparaten in der Landwirtschaft zu reduzieren.

#### Kontakt



**Dipl.-Ing. (FH) Daniel Frank**

Telefon +49 711 970-3629

daniel.frank@igb.fraunhofer.de



**Dipl.-Ing. Siegfried Egner**

Telefon +49 711 970-3643

siegfried.egner@igb.fraunhofer.de

#### Förderung

Wir danken der Europäischen Union, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung verschiedener Projekte.

#### Ausblick

Unsere Technologien werden beständig weiterentwickelt und in einem Team von Wissenschaftlern und Technikern kundenspezifisch umgesetzt. Unser Portfolio reicht von der Idee über die Realisierung im Pilotmaßstab bis hin zu Feldversuchen, um die bedarfsgerecht hergestellten Düngemittel auf ihre Wirksamkeit zu testen. So können wir gemeinsam mit unseren Partnern und Kunden Nährstoffe aus den verschiedensten Stoffströmen zurückgewinnen und zu Design-Düngern aufarbeiten, um Nährstoffkreisläufe zu schließen.

- 1 *Über Fällung gewonnene Phosphat-Salzkristalle.*
- 2 *Pelletierte organische Bodenverbesserer aus Gärresten.*
- 3 *Pilotanlage zur elektrochemischen Gewinnung von Magnesium-Ammonium-Phosphat aus Abwasser.*



1



2

## MORGENSTADT – WASSER IN DER STADT DER ZUKUNFT

Dr.-Ing. Marius Mohr

### Die Fraunhofer-Morgenstadt

Weltweit wächst die Zahl der in Städten lebenden Menschen rasant. Städte verbrauchen große Mengen an Ressourcen und belasten durch die hohe Besiedlungsdichte die Umwelt besonders stark. Auf der anderen Seite sind Städte extrem dynamische Systeme, in denen sich Innovationen schnell verbreiten können. Für eine nachhaltige Entwicklung von Städten sind technische und organisatorische Innovationen und ihre schnelle Umsetzung notwendig. Diese Innovationen können nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit entwickelt und umgesetzt werden. Zu diesem Zweck haben sich zehn Fraunhofer-Institute mit Kommunen und Unternehmen zu dem Innovationsnetzwerk »Morgenstadt: City Insights« zusammengeschlossen.

### Innovationen für die Stadt der Zukunft

In einer ersten Phase, von Juni 2012 bis Oktober 2013, analysierten Wissenschaftler der beteiligten Institute in sechs ausgewählten Städten weltweit Beispiele für erfolgreiche Entwicklungen in acht Schlüsselsektoren. Ziel war es, Handlungsfelder sowie Wirkfaktoren für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung zu identifizieren und daraus ein handlungsorientiertes Modell für eine nachhaltige Stadtentwicklung zu erarbeiten. Das Fraunhofer IGB leistete seinen Beitrag im Sektor Wasserinfrastruktur und übernahm die Leitung des interdisziplinären Teams beim zweiwöchigen Forschungseinsatz in Kopenhagen im März 2013, in dem insgesamt 13 Praxisbeispiele untersucht wurden. Im Sektor Wasserinfrastruktur wurden drei Praxisbeispiele analysiert.

### Reduzierung des Wasserverbrauchs

Die Versorgung der Bevölkerung einer Stadt mit Trinkwasser ist weltweit essenziell. Dänemarks Grundwasserressourcen sind begrenzt. Deshalb wurde in den 1980ern in Kopenhagen beschlossen, den Pro-Kopf-Verbrauch an Trinkwasser durch eine Reihe von Maßnahmen zu reduzieren. Damit konnte der durchschnittliche Verbrauch von 170 Litern pro Einwohner und Tag auf 104 Liter (2013) verringert werden. Anders als in Deutschland, wo eine Verringerung des spezifischen Wasserverbrauchs inzwischen häufig kritisch gesehen wird, hat Kopenhagen das Ziel, seinen Verbrauch bis 2025 auf 90 Liter pro Einwohner und Tag zu verringern, so dass die verfügbaren Wasserressourcen trotz Bevölkerungswachstums auch in Zukunft ausreichen.

### Anpassung an den Klimawandel

Das Auftreten von immer heftigeren Starkregenfällen in den Sommermonaten ist aktuell das wichtigste Wasser-Thema in Kopenhagen. In den Jahren 2010 und 2011 führten drei ungewöhnlich heftige Regenfälle zu beträchtlichen Schäden an der Infrastruktur und zu Versicherungsansprüchen von nahezu 1 Mrd €. Bereits seit 2008 arbeitet die Stadtverwaltung systematisch an der Erstellung von Plänen zur Anpassung der Infrastruktur an diese Entwicklung. Die ersten Maßnahmen werden seit 2013 getroffen. Wie bei nahezu allen Planungen in Kopenhagen steht auch hier neben der Gefahrenvorsorge die Erhöhung der Lebensqualität im Fokus: Durch zusätzliche Grünflächen und Gewässer in der Stadt soll Regenwasser gespeichert und abgeleitet werden, gleichzeitig werden Flächen zur Erholung geschaffen.



### Technischer Bodenfilter für die Regenwasseraufbereitung

In diesem Zusammenhang steht auch die Entwicklung eines technischen Bodenfilters (Dual Porosity Filter), der an der Universität Kopenhagen gemeinsam mit Unternehmen und der Stadtverwaltung entwickelt wurde. Mit geringem Wartungsaufwand erzeugt der Filter aus verschmutztem Straßenregenwasser qualitativ hochwertiges Wasser, das in städtische Gewässer eingeleitet werden kann.

### Städtische Erfolgsfaktoren

Die wichtigsten Erfolgsfaktoren der Stadt Kopenhagen sind das Streben nach einer hohen Lebensqualität auf allen Planungsebenen, die lokale wissenschaftliche Kompetenz (Universitäten) und eine hochmotivierte und fähige Stadtverwaltung mit zahlreichen Mitarbeitern. Auch das Bewusstsein, auf dem Gebiet der Nachhaltigkeit internationaler Vorreiter zu sein und erfolgreich umgesetzte Lösungen weltweit exportieren zu können, trägt zum Erfolg der Stadt bei. Immerhin hat Kopenhagen das Ziel, im Jahr 2025 als weltweit erste Hauptstadt klimaneutral zu sein.

### Ausblick – Partner für die Morgenstadt

Seit Januar 2014 läuft die zweite Phase des Morgenstadt-Innovationsnetzwerks, in der auf der Grundlage der erhobenen Daten und des hieraus abgeleiteten Handlungsmodells die Umsetzung von Innovationen in Städten vorbereitet wird. Parallel unterstützt das Morgenstadt-Netzwerk die Nationale Plattform Zukunftsstadt, in der – koordiniert durch drei Bundesministerien – eine übergreifende strategische Forschungsagenda unter Einbeziehung von Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Kommunen entwickelt wird. Zu daraus hervorgehenden und zu bereits veröffentlichten Ausschreibungen des EU-Forschungsprogramms Horizon 2020 sollen aus dem Netzwerk Anträge zu Verbundprojekten entstehen. Aktuell ist das Netzwerk noch offen für neue Partner aus Wirtschaft sowie Kommunen.

### Kontakt



**Dr.-Ing. Marius Mohr**  
Telefon +49 711 970-4216  
marius.mohr@igb.fraunhofer.de

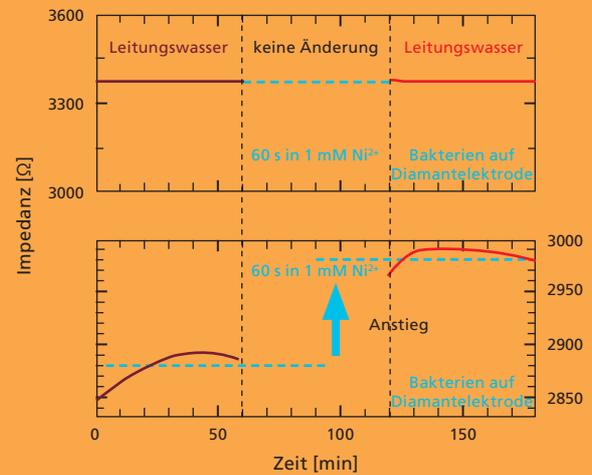


**Dr.-Ing. Ursula Schließmann**  
Telefon +49 711 970-4222  
ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de

### Projektpartner und weitere Informationen

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

Im Rahmen des von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) durchgeführten Regionalvorhabens »Integriertes Ressourcenmanagement in asiatischen Städten: der urbane Nexus« ist das Fraunhofer IGB bereits in die Beratung asiatischer Städte zur Vernetzung der Sektoren Wasser, Energie und Ernährungssicherheit eingebunden.



# GEFAHRSTOFFDETEKTION DURCH KOMBINATION PHYSIKALISCHER UND BIOLOGISCHER SENSORIK

Dr. rer. nat. Iris Trick

## Gefährdung von Trinkwassernetzen durch toxische Stoffe

Kontaminationen aus Industrieunfällen, gezielte Giftanschläge oder Verunreinigungen durch Pestizidauswaschungen landwirtschaftlicher Nutzflächen sind unvorhersehbare Ereignisse. Für die Bevölkerung stellen sie eine ernstzunehmende Gefahr dar, beispielsweise wenn giftige Substanzen über das Grundwasser oder Gewässer in die Trinkwasserversorgungssysteme gelangen. Motiviert durch die Situation, dass die Trinkwasseraufbereitung und -verteilung mit geeigneter Inline-Messtechnik deutlich gegenüber dem Status quo verbessert werden sollte, haben sich Mitarbeiter des Fraunhofer IAF und des Fraunhofer IGB zusammengeschlossen, um ihre Kompetenzen zu bündeln. Physikalische und biologische Verfahren kommen im Projekt »TOXIKOMB« zusammen, um mit einer verbesserten, vor allem aber raschen Gefahrstoffdetektion im Trinkwasserbereich eine innovative Lösung anzubieten.

## Lösungsweg

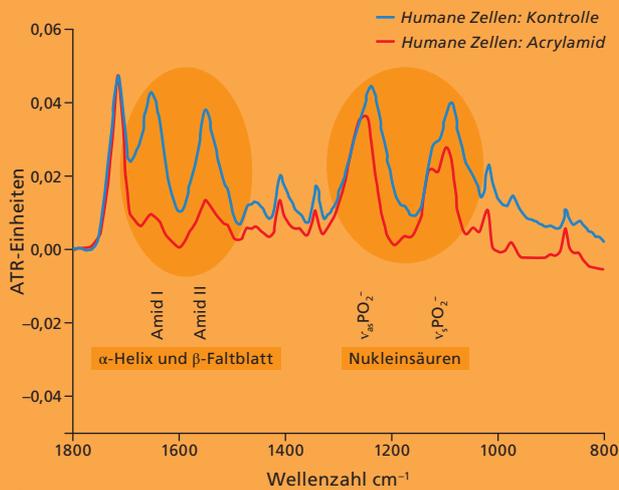
Das Projektziel besteht im raschen und sicheren Nachweis von toxischen Substanzen durch Kombination elektrochemischer und infrarotspektroskopischer Verfahren mit biologischen Systemen. Dabei steht nicht der spezifische Nachweis bestimmter Stoffe im Vordergrund, sondern das Erkennen bzw. der Nachweis ihrer toxischen Wirkung. Während chemisch-analytische Verfahren in der Lage sind, spezifische Stoffe zu identifizieren, können Lebzell-Sensoren toxische Einflüsse anhand ihrer Reaktionsmuster anzeigen. Als erste modellmäßig ausgewählte Anwendung für das im Projekt entwickelte Nachweissystem ist die Überwachung von Trinkwasser vorgesehen.

## Biologische Sensoren zeigen toxische Wirkung an

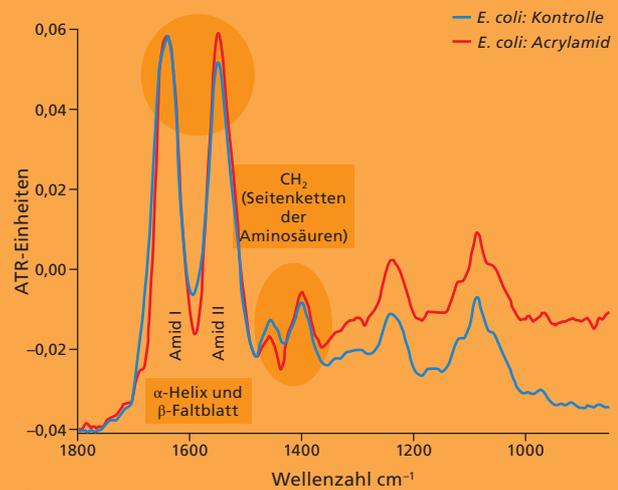
Um die toxische Wirkung von Stoffen zu erfassen, setzen wir als biologische Sensoren mammalische Zellen sowie Mikroorganismen ein. Die beiden Zelltypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Sensitivität gegenüber verschiedenen Stoffen. Als bakterielle Sensoren wurde *Caulobacter crescentus* ausgewählt, als mammalisches Zellsystem wurden humane embryonale Nierenzellen für die Untersuchungen etabliert.

## Impedanzmessung biologischer Signale

Die Reaktion der Biosensoren auf verschiedene Substanzen wird mittels Impedanzmessung aufgenommen und bewertet. Hierbei wird der Wechselstromwiderstand einer mit Zellen bewachsenen Elektrode als Funktion der Zeit gemessen. Grundlage dieses Verfahrens ist die Tatsache, dass biologische Systeme auf unterschiedliche Moleküle abhängig von deren Molekülstruktur reagieren. Die damit verbundenen Wechselwirkungen können sowohl die am Aufbau der Zelle beteiligten Strukturmoleküle als auch biochemische Stoffwechselreaktionen beeinflussen. Die Aktivität der Zelle wird demnach in Abhängigkeit der speziesspezifischen Eigenschaften durch zelltoxische Stoffe beeinträchtigt. Dies wirkt sich entweder auf die Wechselwirkungen an Grenzflächen (Nachbarzellen, Materialoberflächen) aus oder führt zu einer messbaren Änderung an Zellbestandteilen. Diese Reaktionen können mittels Impedanzmessung verfolgt werden, da sie einen Einfluss sowohl auf die Ladungen an den Oberflächen als auch auf das Spektrum der Zellwandkomponenten und Reaktionsprodukte haben.



3



4

Ziel war es zunächst zu überprüfen, welche Elektroden geeignet sind, Impedanzmessungen an immobilisierten mikrobiellen und mammalianen Zellen durchzuführen. Abb. 1 zeigt den Aufwuchs von *Caulobacter crescentus* auf Diamantelektroden, die am Fraunhofer IAF entwickelt wurden. Abb. 2 verdeutlicht die Änderung der Impedanz als Reaktion der Zellen auf Nickelacetat, das als eine der Testsubstanzen verwendet wurde.

### Ergänzende IR-Messtechnik und Integration in Messzelle

Ergänzt wird das Verfahren durch Messungen mit Infrarotspektroskopie (IR), die einerseits die Detektion von chemischen Stoffen ermöglichen und andererseits deren chemische Wirkung auf Proteine, Aminosäuren und Nukleinsäuren aufzeigen. Als Infrarotquelle wird dabei ein am IAF entwickelter Quantenkaskadenlaser (QCL) eingesetzt. Messungen mittels Infrarotspektroskopie belegen exemplarisch, dass sich Zellkomponenten, wie beispielsweise die Proteinstruktur mammalianer wie bakterieller Zellsysteme, substanzspezifisch ändern (Abb. 3 und 4). Beide Messverfahren sollen schließlich in eine für das Inline-Monitoring geeignete Messzelle integriert werden.

### Ausblick

Relevanz hat diese Thematik in erster Linie für Trinkwasserversorger, aber auch für größere Wohnkomplexe oder industrielle Betriebe, die ihre Anlagen kontinuierlich überwachen wollen. Verbrauchern wird damit eine höhere Sicherheit geboten.

### Kontakt



**Dr. Iris Trick**

Telefon +49 711 970-4217

iris.trick@igb.fraunhofer.de



**Dr. Anke Burger-Kentischer**

Telefon +49 711 970-4023

anke.burger-kentischer@igb.fraunhofer.de

### Förderung

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

### Projektpartner

Den Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF, Freiburg, danken wir für die gute Zusammenarbeit.

- 1 *Mikrobieller Aufwuchs auf einer Diamantelektrode.*
- 2 *Elektrochemische Messungen an Leitungswasser mit *Caulobacter crescentus* als Biosensor auf Diamant. Bei Zugabe von Nickelacetat erfolgt ein deutlicher Anstieg des Messsignals (unten). Oben: Kontrolle, ohne Impedanzänderung.*
- 3 *Acrylamid reagiert mit Nukleinsäuren und Proteinen humaner Zellen, erkennbar an einer Veränderung der Infrarotbanden.*
- 4 *Reaktion von *Escherichia coli* auf Acrylamid, Reaktion mit Aminosäuren nachweisbar.*



# ENERGIE

Dr.-Ing. Ursula Schließmann

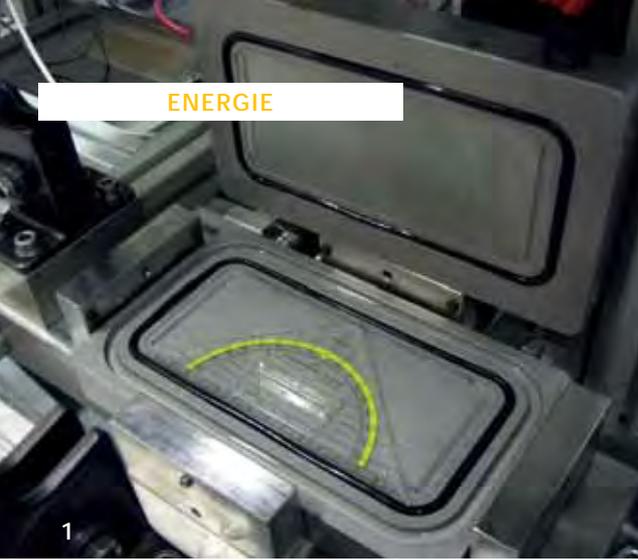
Die ausreichende Bereitstellung und effiziente Nutzung von Energie ist von höchster volkswirtschaftlicher Bedeutung. Denn die energetische Versorgung auf der Basis von Rohöl, Erdgas und Kohle bedient sich endlicher Primärenergiequellen und führt zu einer rapiden Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration 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.

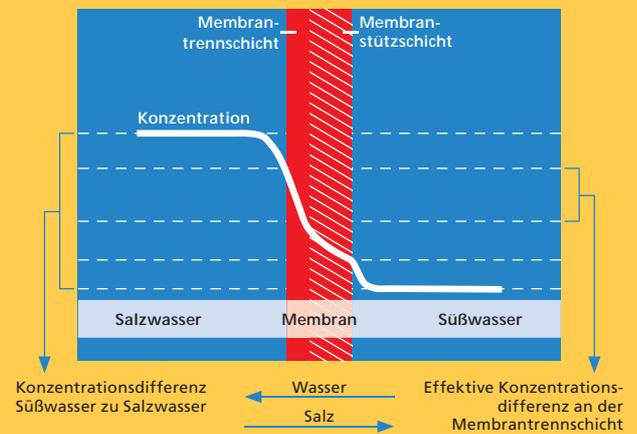
Wir leisten Beiträge zur Erhöhung der Photosynthesekapazität durch die Entwicklung von Mikroalgenkultivierungsprozessen oder zur Erschließung regenerativer Energiequellen mithilfe hochinnovativer Membrantechnik (Gastrennung, Brennstoffzellen, Osmosekraftwerk). Ein Beispiel ist die Entwicklung von Membranen 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

## ENERGIEUMWANDLUNG DURCH OSMOSE

Dipl.-Ing. (FH) Christopher Hänel, Dr. rer. nat. Thomas Schiestel

### Emissionsfreie Energieumwandlung durch Osmose

Bei der Energieumwandlung mittels Osmose werden zwei Wasserströme mit unterschiedlichem Salzgehalt über eine semipermeable Membran in Kontakt gebracht. Die Membran ist wasserdurchlässig und hält Salz zurück. Dies führt dazu, dass kontinuierlich Wasser in den Wasserstrom mit höherem Salzgehalt übertritt. Dadurch baut sich dort ein hydrostatischer Druck auf, der über eine Turbine entspannt wird, wodurch elektrische Energie erzeugt werden kann. Insgesamt wird somit chemische in elektrische Energie umgewandelt.

Das Prinzip dieser sogenannten Pressure Retarded Osmosis (PRO, Vorwärtsosmose) ist seit den 1970er-Jahren bekannt. Aufgrund des hohen Preises für Membranen, eines geringen Wasserübergangs und einer hohen Salzleckrate der verfügbaren Membranen wurde das Prinzip bisher jedoch nicht technisch umgesetzt. Dabei ist das Potenzial, mit Osmosekraftwerken an Flussmündungen emissionsfrei elektrische Energie zu gewinnen immens [1] und das Interesse an einer Umsetzung in Zeiten von Klimawandel und steigenden Energiepreisen gewachsen.

Darüber hinaus bietet sich die Vorwärtsosmose auch an, Osmose-Energie in solchen technischen Prozessen zu nutzen, bei denen Wasserströme mit hohem Salzgehalt entstehen. Ein Beispiel ist die Meerwasserentsalzung, bei der nach der Umkehrosmose oder der thermalen Entsalzung ein hochkonzentriertes Retentat zurückbleibt. Mit diesem Retentat könnte ein PRO-Prozess mit Meerwasser als niedrigkonzentriertem Prozessstrom durchgeführt, hierbei Energie zurückgewonnen und so der Gesamtprozess energieeffizienter gestaltet werden.

### Herausforderung Konzentrationspolarisation

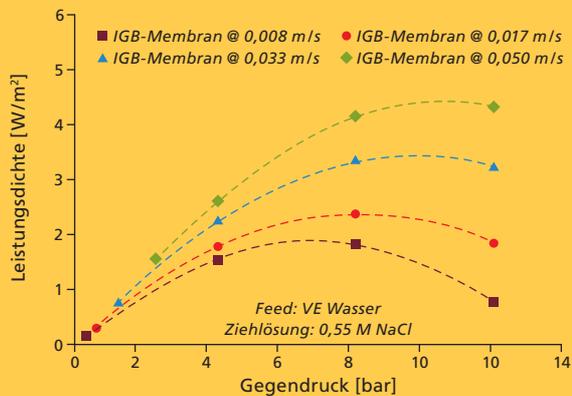
Es ist bekannt, dass insbesondere die Konzentrationspolarisation (KP, Abb. 2) für die Leistung einer Membran entscheidend ist. Dabei kann man zwischen der internen und externen KP unterscheiden. Bei der internen KP kommt es durch einen geringen Salztransport über die Trennschicht zu einer Erhöhung der Salzkonzentration in der Trägerstruktur der Membran und damit zu einer Verringerung der treibenden Kraft für den Osmoseprozess. Bei der externen KP kommt es auf beiden Seiten der Membran in den jeweiligen Deckschichten durch Wasser- bzw. Salztransport zu einer Verkleinerung des Konzentrationsgradienten. Während bei der internen KP insbesondere die Struktur der Membran eine Rolle spielt, sind es bei der externen KP besonders die Prozessparameter.

### Ziel – optimierte Membranstruktur und Prozessparameter

Ziel des Fraunhofer IGB ist die Entwicklung neuartiger Osmosemembranen durch Optimierung der inneren Struktur. Die Leistung der optimierten Membranen ermitteln wir mit einer automatisierten Versuchsanlage (Abb. 1). Außerdem wird der Einfluss wichtiger verfahrenstechnischer Parameter wie der Überströmungsgeschwindigkeit, der Salzwasserkonzentration und der Temperatur bestimmt.

### Erhöhte Leistungsdichte

Die am IGB entwickelten Membranen besitzen eine besonders offen-poröse Trägerstruktur mit dünner Trennschicht. Sie zeigen dadurch deutlich höhere Leistungsdichten. Für die Leistung des Gesamtprozesses spielen neben der Membranstruktur auch verfahrenstechnische Parameter eine entscheidende Rolle. Erhöhte Überströmungsgeschwindigkeiten (Abb. 3) reduzieren die externe Konzentrationspolarisation an der Grenzfläche der Membran und führen zu höheren Leistungsdichten.



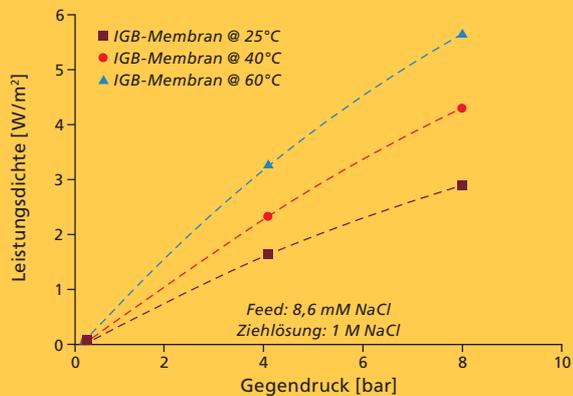
3

Mit für technische PRO-Prozesse realistischen Überströmungen erreichen wir derzeit Leistungsdichten von  $3 \text{ W/m}^2$ . Versuche zeigen außerdem einen starken Einfluss der Temperatur. Mit steigender Temperatur nimmt die Leistungsdichte signifikant zu (Abb. 4). Grund hierfür ist die Temperaturabhängigkeit des Diffusionskoeffizienten, welcher mit Erhöhung der Temperatur steigt. Dadurch kann bei höheren Temperaturen mehr Wasser über die Membran transportiert werden.

### Ausblick

Eine wirtschaftliche Umsetzung von Osmosekraftwerken setzt eine Leistungsdichte von ca.  $5 \text{ W/m}^2$  voraus. Durch die Weiterentwicklung von Membranmaterial und -struktur sowie die Optimierung verfahrenstechnischer Parameter können wir dieses Ziel in naher Zukunft erreichen.

Das Prinzip eignet sich auch hervorragend zur Energierückgewinnung aus dem Retentat von Meerwasserentsalzungsanlagen oder aus salinen (warmen) Prozessabwässern der chemischen Industrie.



4

### Kontakt



**Dr. Thomas Schiestel**

Telefon +49 711 970-4164

thomas.schiestel@igb.fraunhofer.de

### Literatur

- [1] Loeb, S. J. (1998) Energy production at the Dead Sea by pressure-retarded osmosis: challenge or chimera?, Desalination 120: 247–262
- [2] Touati, K.; Schiestel, T. (2013) Evaluation of the potential of osmotic energy as renewable energy source in realistic conditions, Energy Procedia 42: 261–269

### Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Projekts H<sub>2</sub>OCEAN im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7/2007–2013), Förderkennzeichen 288145.

### Projektpartner

Prof. Fernando Tadeo, Universität Valladolid, Valladolid, Spanien

### Weitere Informationen

[www.h2ocean-project.eu](http://www.h2ocean-project.eu)

- 1 Messzelle für die Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Membranen.
- 2 Während des Filtrationsprozesses bildet sich eine Grenzschicht auf der Membran, die zu einem Konzentrationsgefälle, der Konzentrationspolarisation, führt.
- 3 Vergleich der Leistungsdichte bei unterschiedlichen Überströmungsgeschwindigkeiten und Raumtemperatur.
- 4 Vergleich der Leistungsdichte bei unterschiedlichen Temperaturen und einer Überströmungsgeschwindigkeit von  $0,017 \text{ m/s}$ .



## BIOGASPRODUKTION AUS NEBENPRODUKTEN DER VERWERTUNG VON KRABBENSCHALEN

Barbara E. Waelkens M. Sc.

### Ausgangssituation

Chitin ist eine der Hauptkomponenten des Außenskeletts von Arthropoden, wie z. B. von Krabben, Hummern sowie Garnelen, und ist damit eines der meist verbreiteten Biopolymere der Welt. Das Anwendungspotenzial von Chitin und seinen Derivaten ist zwar groß, bisher aber noch nicht umgesetzt. Das von der EU geförderte Projekt »ChiBio« strebt daher mit einem internationalen Forscherteam an, die nachhaltige Nutzung von Krabben- und Garnelenschalen weiterzuentwickeln. Nach dem Konzept einer Bioraffinerie werden neue Prozesse entwickelt, um Chitin als Ausgangsstoff für Spezialchemikalien zu verwenden.

### Energetische Nutzung proteinreicher Abfallströme

Hauptkomponenten der Krabbenschalen sind neben Chitin auch mineralische Materialien, insbesondere Kalziumsalze, und Proteine [1]. Der erste Verfahrensschritt zur Nutzung von Chitin ist dessen Extraktion. Dieser Prozess kann chemisch (Säure-Lauge-Extraktion) oder enzymatisch durchgeführt werden. Bei dem chemischen Prozess entstehen eine proteinreiche Lauge und eine kalziumreiche saure Lösung. Für ein möglichst abfallfreies Bioraffineriekonzept kann der proteinreiche Abfallstrom zur energetischen Nutzung eingesetzt werden. Die Vorteile der anaeroben Vergärung organischer Stoffe wurden schon 1964 von McCarty [2] identifiziert: Ein hoher Grad an Stabilisierung des organischen Materials, ein niedriger Nährstoffbedarf, kein Bedarf an Sauerstoff und die Gewinnung von Biogas, das als erneuerbare Energiequelle dienen kann.

### Herausforderungen für die Biogasproduktion

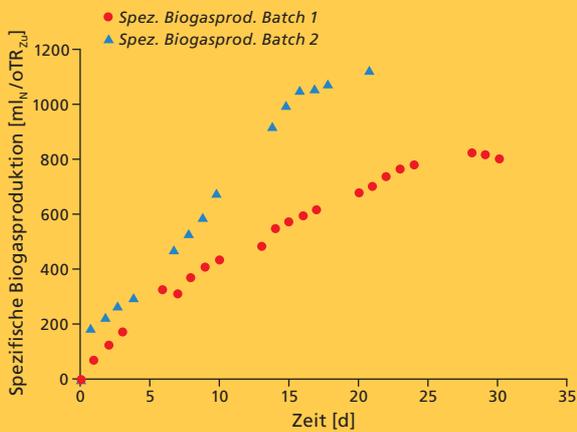
Grundsätzlich kann fast jede Art organischer Substanz zu Biogas umgesetzt werden. In Europa ist die Biogasproduktion

und -nutzung in der Klärtechnik sowie in der Landwirtschaft mittlerweile weit verbreitet. Selbst in der Industrie wird die Anaerobtechnik in über 65 Ländern eingesetzt und insgesamt wurden bisher über 1400 Anlagen von 16 Anlagenbauern installiert [3]. Eine der Herausforderungen im Projekt ChiBio ist es, eine möglichst nachhaltige Verwertung der entstehenden Nebenprodukte technisch umzusetzen. Hierzu wurde das Biogasproduktionspotenzial der Nebenprodukte ermittelt, die bei der chemischen Extraktion von Chitin aus Garnelen- und Krabbenschalen anfallen (Abb. 1).

Verglichen mit anderen Substraten sind diese Nebenprodukte durch einen niedrigen organischen Trockenmassengehalt, extreme pH-Werte und hohe Salzkonzentrationen gekennzeichnet. Während typische Substrate wie Schlamm aus der Abwasserreinigung oder Gülle ein Verhältnis von organischer Trockenmasse zur Gesamttrockenmasse ( $o_{TR}/TR$ -Verhältnis) von 60 Prozent bzw. 80 Prozent aufweisen, liegt das  $o_{TR}/TR$ -Verhältnis bei den nach der Chitinextraktion von Krabben- und Garnelenschalen anfallenden Nebenprodukten bei ca. 15 Prozent bzw. 30 Prozent.

### Potenzial für die Biogasproduktion

Für die Ermittlung des Biogasproduktionspotenzials wurden 1-Liter-Reaktoren im Labormaßstab (Abb. 2) mit dem Nebenstrom von jeweils chitinextrahierten, proteinhaltigen Garnelenschalen und zwei verschiedenen Chargen von Krabbenschalen (Mai und Juli) als Substrat betrieben. Die Experimente wurden als Fed-Batch mit zwei Beschickungszyklen durchgeführt. Die spezifische Biogasproduktion des Garnelenschalen-Nebenstroms (Abb. 3) entsprach  $1125 \text{ ml}_N/\text{g}_{o_{TR}}$  im ersten sowie  $830 \text{ ml}_N/\text{g}_{o_{TR}}$  im zweiten Beschickungszyklus. Damit war



3

sie höher als die spezifische Biogasausbeute für die Krabben-schalen-Nebenströme (Abb. 4), für die wir 305 bzw. 319 ml<sub>N</sub>/g<sub>OTR</sub> im ersten sowie 283 bzw. 391 ml<sub>N</sub>/g<sub>OTR</sub> im zweiten Beschickungszyklus ermittelten.

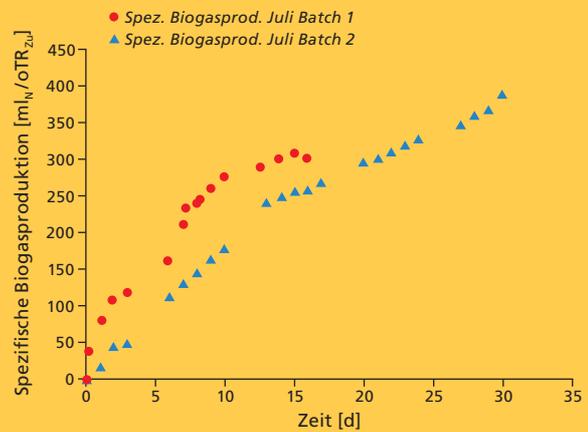
Die spezifische Biogasausbeute des Nebenstroms der Verwertung von Garnelenschalen war somit sogar höher als die typische Biogasausbeute für nachwachsende Rohstoffe (ca. 500–700 ml<sub>N</sub>/g<sub>OTR</sub>). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Hauptkomponente des Letzteren Zucker ist, während die Hauptkomponente des Garnelenstroms Proteine sind, welche eine höhere spezifische Biogasausbeute liefern. Die spezifische Biogasausbeute der Nebenströme der Verwertung von Krabben-schalen kann eher mit der Biogasausbeute organischer Siedlungsabfälle (ca. 350 ml<sub>N</sub>/g<sub>OTR</sub>) verglichen werden.

Die Biogasproduktionsraten waren hauptsächlich linear (Abb. 3 und 4), was auf eine Wachstumslimitierung der anaeroben Mikroorganismen hindeutet. Weitere Untersuchungen der Ursache dieser Wachstumslimitierung bieten die Chance, den anaeroben Abbau und damit die spezifische Biogasausbeute zu verbessern.

### Ausblick

Weitere Prozessschritte in der Chitinaufbereitung sind die biokatalytische Spaltung des Chitins und die Aufreinigung der hierbei entstehenden Produkte. Auch in diesen Prozessen entstehen entsprechend organische Nebenströme, deren Biogaspotenzial ebenso ermittelt wird. Zu Projektende werden Aussagen zum energetischen Gesamtpotenzial bei der Verwertung der Nebenströme vorliegen.

- 1 *Substrate: Nebenprodukte, die bei der Extraktion von Chitin aus Garnelen- und Krabben-schalen anfallen.*
- 2 *Doppelwandige 1-Liter-Laborbiogasreaktoren.*
- 3 *Spezifische Biogasproduktion des Nebenstroms aus der Chitinextraktion von Garnelenschalen.*
- 4 *Spezifische Biogasproduktion des Nebenstroms aus der Chitinextraktion von Krabben-schalen.*



4

### Kontakt



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



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

### Literatur

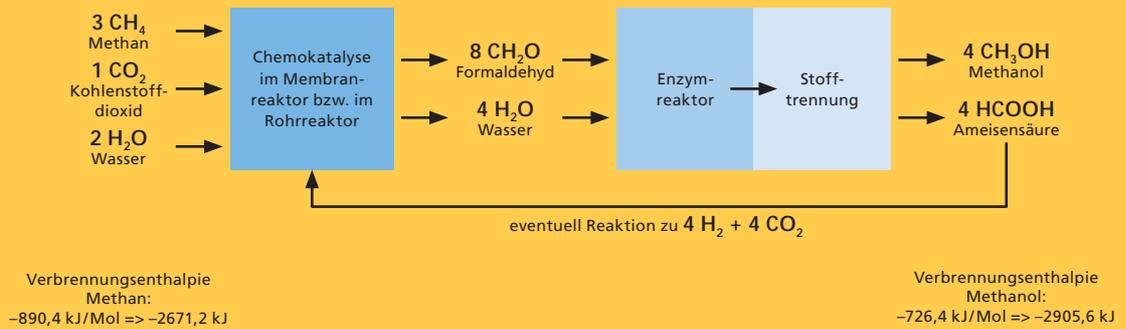
- [1] Boßelmann, F.; Romano, P.; Fabritius, H.; Raabe, D.; Epple, M. (2007) The composition of the exoskeleton of two crustacea: The American lobster *Homarus americanus* and the edible crab *Cancer pagurus*, *Thermochimica Acta*, Vol. 463: 65–68
- [2] McCarty, P. L. (1964) *Anaerobic waste treatment fundamentals*, Public Works for September-December, Princeton University
- [3] Show, K. Y.; Tay, J. H.; Hung, Y. T. (2010) Global perspective of anaerobic treatment of industrial wastewater, *Handbook of Environmental Engineering 11: Environmental Bioengineering*

### 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



1

# ENZYMTECHNISCHE HERSTELLUNG VON METHANOL UND AMEISENSÄURE AUS FORMALDEHYD

Dipl.-Ing. Matthias Stier, Prof. Dr. rer. nat. Dieter Bryniok

## Stoffliche Nutzung von Biogas

Biogas wird zurzeit zum überwiegenden Teil als Energieträger zur Produktion von Wärme und Strom genutzt. Die energetische Nutzung von Biogas ist effizient, wenn die Wärme das ganze Jahr über sinnvoll genutzt wird, was aber nicht bei allen Biogasanlagen der Fall ist. Daher wird seit langem an Möglichkeiten einer stofflichen Nutzung von Biogas – das sich aus etwa 40 bis 75 Prozent Methan, 25 bis 55 Prozent Kohlenstoffdioxid und 10 Prozent Wasser zusammensetzt – geforscht, beispielsweise zur Herstellung von Methanol. Sowohl chemokatalytische als auch biotechnologische Ansätze verließen jedoch bisher wenig erfolgversprechend.

In dem Verbundprojekt »Enzymatisch-chemokatalytische Oxidationskaskaden in der Gasphase ECOX« werden, gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Katalyse LIKAT in Rostock sowie der Martin-Luther-Universität in Halle, chemische und biotechnologische Reaktionsschritte so kombiniert, dass Biogas möglichst effizient zu Methanol und Ameisensäure umgesetzt werden kann (Abb. 1). Damit sollen auch die Grundlagen für weitere Prozesse zur Umsetzung gasförmiger Substrate gelegt werden.

## Kombination von chemokatalytischer und enzymatischer Umsetzung

Der Lösungsansatz liegt in der Kombination aus einer chemokatalytischen Umsetzung von Methan zu Formaldehyd, die von den Projektpartnern entwickelt wird, und der anschließenden Disproportionierung des Formaldehyds zu Methanol

und Ameisensäure durch eine Formaldehyd-Dismutase aus *Pseudomonas* sp. in einem Enzymreaktor (Abb. 3). Der enzymtechnische Schritt wird am Fraunhofer IGB entwickelt. Die im Enzymreaktor entstehende Ameisensäure kann als Wertstoff genutzt, in den katalytischen Prozess zurückgeführt oder zu Methylformiat umgesetzt werden. Methylformiat entsteht dabei in wässriger Lösung direkt aus Methanol und Ameisensäure. Wird die Ameisensäure zurückgeführt, entstehen in der Bilanz 4 Mol Methanol aus 3 Mol Methan, 1 Mol Kohlenstoffdioxid und 2 Mol Wasser. Es handelt sich dabei um einen endothermen Prozess. Die Verbrennungsenthalpie für 4 Mol Methanol ist höher als die des umgesetzten Biogases mit 3 Mol Methan.

## Enzymreaktor – Immobilisierung der Dismutase

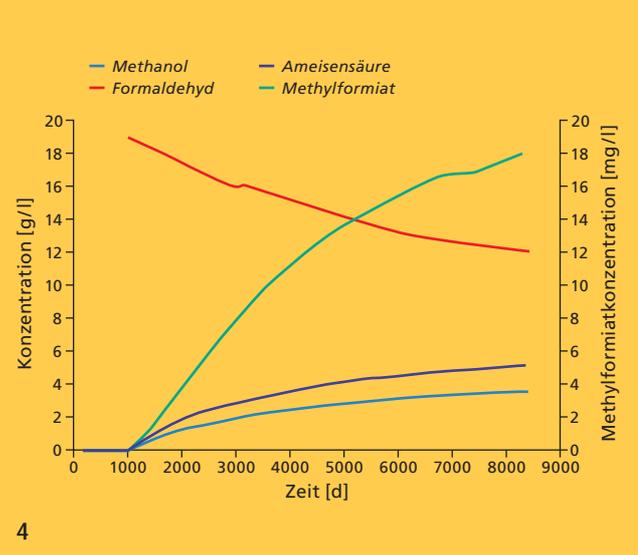
In den bisherigen Arbeiten ist es gelungen, die Formaldehyd-Dismutase sowohl aus dem Wildtypstamm als auch aus mehreren rekombinanten Stämmen als lagerfähiges und langzeitstabiles Enzym zu gewinnen. Das Enzym wurde an unterschiedliche Trägermaterialien gebunden. Damit wurden Enzymaktivitäten von 0,0088–0,028 Mikromol pro Minute pro Milligramm des Trägermaterials erzielt. Die katalytische Halbwertszeit beträgt 155 Tage. Durch gentechnische Modifikationen konnten Enzyme mit einer definierten räumlichen Ausrichtung auf die Träger aufgebracht werden, wodurch die Aktivität auf das Einhundertfache gesteigert wurde.



2



3



4

### Automatisierte Versuchsanlage für Gasphasenreaktionen

Für die verfahrenstechnische Entwicklung wurde eine vollautomatisierte Versuchsanlage für Gasphasenreaktionen konstruiert und aufgebaut, in der die Temperatur und der Druck exakt gesteuert werden können. Die Konzentrationen sowohl des Substrats Formaldehyd als auch der Produkte wird mit einem Online-Massenspektrometer gemessen. Durch ein spezielles Membranmodul ist es möglich, alle Komponenten der Reaktion sowohl in der wässrigen Phase als auch in der Gasphase mit einer Ansprechzeit im Sekundenbereich simultan zu messen (Abb. 4). Erste Versuche zeigten, dass mit dieser Methode eine vollständige Bilanzierung der Dismutase-Reaktion zuverlässig möglich ist.

### Ausblick

Die Aufarbeitung der Formaldehyd-Dismutase und ihre Immobilisierung auf Trägermaterialien verliefen erfolgreich, das immobilisierte Enzym zeigt sehr hohe Enzymaktivitäten. Dies und die funktionsfähige Versuchsanlage mit Online-Massenspektrometrie sind hervorragende Voraussetzungen für die Entwicklung eines enzymtechnischen Prozesses.

Der nächste Schritt im Forschungsprojekt ist die kontinuierliche Produktion von Methanol und Ameisensäure mit der immobilisierten Formaldehyd-Dismutase in der Versuchsanlage. In der darauffolgenden Projektphase folgt die Kopplung des enzymtechnischen Prozesses mit dem chemokatalytischen Prozess zur Herstellung von Formaldehyd aus Biogas.

Der technische Prozess zur Herstellung von Methanol und Ameisensäure aus Biogas ist darüber hinaus ein Modellfall für weitere enzymtechnische Prozesse mit gasförmigen Substraten an der Gasphase und in Kombination mit chemokatalytischen Reaktionen. Damit stellt er einen wichtigen Schritt hin zur stofflichen Verwertung biogener Materialien über gasförmige Zwischenprodukte wie Biogas oder Synthesegas dar.

### Kontakt



**Dipl.-Ing. Matthias Stier**  
 Telefon +49 711 970-4075  
 matthias.stier@igb.fraunhofer.de



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

### Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »ECOX – Enzymatisch-chemokatalytische Oxidationskaskaden in der Gasphase«, Förderkennzeichen 031A168A.

### Projektpartner

Leibniz-Institut für Katalyse an der Universität Rostock LIKAT, Rostock | Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Pharmazie, Arbeitsgruppe Aufarbeitung biotechnischer Produkte, Halle

- 1 *Kombinierter chemokatalytisch-enzymatischer Prozess zur Herstellung von Methanol und Ameisensäure aus Biogas.*
- 2 *Online-Massenspektrometer.*
- 3 *Druck-Enzymreaktor.*
- 4 *Simultane Messung des Eduktes (Formaldehyd) und der Produkte (Methanol, Ameisensäure, Methylformiat) der dismutasekatalysierten Reaktion.*



# ANHANG

## PATENTERTEILUNGEN 2013

Im Jahr 2013 wurden sieben Schutzrechte erteilt, die wie folgt unseren Geschäftsfeldern zugeordnet sind:

Medizin	Pharmazie	Chemie
<p>Process for production of a regioselective membrane EP 1 497 017, erteilt am 9. Januar 2013</p>	<p>Zellulärer Pyrogentest mittels Toll-Like Rezeptor EP 2 041 172, erteilt am 27. November 2013</p>	<p>Verfahren zur Herstellung gasdichter und temperaturbelastbarer Module mit keramischen Hohlfaser- oder Kapillarmembranen EP 1 858 632, erteilt am 13. März 2013</p>
<p>Hyphenspezifische Zellwandproteine DE 10 2004 013 826, erteilt am 29. Mai 2013</p>		<p>Verfahren zum Herstellen funktioneller Oberflächenbereiche auf einem Flächensubstrat EP 2 051 147, erteilt am 22. Mai 2013</p>
<p>Anordnung und Verfahren zur Analyse biologischer Proben JP 5328663, erteilt am 2. August 2013</p>		
<p>Zeitgleicher Nachweis verschiedener microRNA-Biogenese-Formen DE 10 2012 215 925, erteilt am 19. September 2013</p>		

# MESSEN, KONGRESSE, VERANSTALTUNGEN 2013

## Messen und Ausstellungskongresse

### BAU

Weltleitmesse für  
Architektur, Materialien,  
Systeme

Fraunhofer-Allianzen Bau und  
Photokatalyse  
14. – 19. Januar 2013,  
München

### Internationale Grüne Woche

Messe für Ernährung,  
Landwirtschaft und  
Gartenbau

Fraunhofer-Gemeinschafts-  
stand  
18. – 27. Januar 2013, Berlin

### 8. Internationaler Kongress »Forum Life Sciences«

Fraunhofer-Verbund  
Life Sciences  
13. – 14. März 2013,  
TU München

### Ideen 2020 – Ein Rund- gang durch die Welt von morgen

Ausstellung der  
Helmholtz-Gemeinschaft  
seit 14. März 2013,  
deutschlandweit

### Energy Storage

International Summit for  
the Storage of Renewable  
Energies

Fraunhofer-Allianz Energie  
18. – 19. März 2013,  
Düsseldorf

### Hannover Messe Energy

Internationale Leitmesse  
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

### Deutsche Biotechnologie- tage 2013

Fraunhofer-Verbund  
Life Sciences  
14. – 15. Mai 2013, Stuttgart

### 9. Nationale

Branchenkonferenz  
Gesundheitswirtschaft

Fraunhofer-Verbund  
Life Sciences  
10. – 11. Juli 2013,  
Rostock-Warnemünde

### 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  
Leitmesse für  
industrielle Teile- und  
Oberflächenreinigung

Fraunhofer-Allianz  
Reinigungstechnik  
22. – 24. Oktober 2013,  
Stuttgart

### World Conference on Regenerative Medicine

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

## Veranstaltungen

### 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, Universitäts-  
klinikum der Eberhard Karls  
Universität Tübingen

### Fraunhofer Talent School

15. – 17. März 2013,  
Fraunhofer-Institutszentrum  
Stuttgart

### DECHEMA-Kolloquium »Effiziente Herstellung in- dustrieller Enzyme«

21. März 2013,  
Frankfurt am Main

### Girls' Day

Mädchen-Zukunftstag  
25. April 2013, Fraunhofer-  
Institutszentrum Stuttgart

### DECHEMA-Statusworkshop »Biosurfactants – Challenges and Perspectives«

16. – 17. Mai 2013,  
Frankfurt am Main

### 5. FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens

25. – 31. Mai 2013,  
La Colle sur Loup, Frankreich

**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

**47. Wissenschaftliche  
Tagung der Deutsch-  
sprachigen Mykologischen  
Gesellschaft e. V.**  
5.–6. September 2013,  
Tübingen

**Jubiläumsveranstaltung  
60 Jahre Fraunhofer IGB**  
25. September 2013,  
Fraunhofer IGB, Stuttgart

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

**ProcessNet-Jahrestreffen  
der Fachgemeinschaft  
SuPER  
»Integrierte stoffliche und  
energetische Nutzung von  
Biomasse«**  
5.–6. November 2013,  
Frankfurt am Main

**TERMIS-Americas**  
Jahrestagung der Tissue  
Engineering & Regenera-  
tive Medicine Internation-  
al Society, Amerika  
10.–13. November 2013,  
Atlanta, GA, USA

**Ressourceneffizienz- und  
Kreislaufwirtschafts-  
kongress Baden-  
Württemberg 2013**  
12.–13. November 2013,  
Stuttgart

**unitag  
Studieren an der Uni  
Stuttgart**  
20. November 2013,  
Universität Stuttgart

**bone-tec**  
Internationaler Bone-  
Tissue-Engineering  
Kongress  
16.–19. Dezember 2013,  
Singapur

---

## MESSEN UND VERANSTALTUNGEN, VORSCHAU 2014



**Internationale Grüne  
Woche  
Messe für Ernährung,  
Landwirtschaft und  
Gartenbau**  
Fraunhofer-Gemeinschafts-  
stand  
17.–26. Januar 2014, Berlin

**Wissenschaftskonferenz  
des Bundesverteidigungs-  
ministeriums (BMVg) und  
der Studiengesellschaft  
der Deutschen Gesell-  
schaft für Wehrtechnik  
mbH (DWT)**  
3.–5. Februar 2014, Berlin

**BIOFACH**  
Weltleitmesse für Bio-  
Lebensmittel  
12.–15. Februar 2014,  
Nürnberg

**Kooperationsforum »Tech-  
nologien für zellbasierte  
Therapien«,**  
Fraunhofer-Verbund  
Life Sciences  
12. März 2014, Erlangen

**Energy Storage**  
International Summit for  
the Storage of Renewable  
Energies  
Fraunhofer-Allianz Energie  
25.–27. März 2014,  
Düsseldorf

**Girls' Day**  
Mädchen-Zukunftstag  
27. März 2014, Fraunhofer-  
Institutszentrum Stuttgart

**Hannover Messe Energy**  
Internationale Leitmesse  
der erneuerbaren und  
konventionellen Energie-  
erzeugung, Energieversor-  
gung, -übertragung, -ver-  
teilung und -speicherung  
Fraunhofer-Allianz Energie  
7.–11. April 2014, Hannover

**Hannover Messe  
IndustrialGreenTec**  
Internationale Leitmesse  
für Umwelttechnologien  
Fraunhofer-Allianzen Bau und  
Photokatalyse  
7.–11. April 2014, Hannover

**Fraunhofer Talent School**  
11.–13. April 2014,  
Fraunhofer-Institutszentrum  
Stuttgart

**IFAT**  
Weltleitmesse für Wasser,  
Abwasser-, Abfall- und  
Rohstoffwirtschaft  
Fraunhofer-Allianz SysWasser  
5.–9. Mai 2014, München

**BIO International  
Convention**  
Fraunhofer-Verbund  
Life Sciences  
23.–26. Juni 2014,  
San Diego, USA

**parts2clean**

12. Internationale Leitmesse für industrielle Teile- und Oberflächenreinigung  
Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik  
24. – 26. Juni 2014, Stuttgart

**Tag der Wissenschaft**

12. Juli 2014, Universität Stuttgart

**PSE 2014**

14<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering  
15. – 19. September 2014, Garmisch-Partenkirchen

**unitag**

Studieren an der Uni Stuttgart  
19. November 2014, Universität Stuttgart

**Checkpoint Zukunft**

Tag für Studierende bei Fraunhofer  
5. Dezember 2014, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

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

## MITARBEIT IN FACHVERBÄNDEN UND GREMIEN, GUTACHTERTÄTIGKEITEN

-----  
**Borchers, K.**  
-----

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

-----  
**Bryniok, D.**  
-----

**Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA)**, Fachgemeinschaft »Biotechnologie«, Mitglied Fachgruppen »Biotechnologie Nachwachsen der Rohstoffe« und »Niedermolekulare Naturstoffe mit biologischer Aktivität«

**Fraunhofer-Allianz SysWasser**, Geschäftsführer

**German Water Partnership**, Mitglied Länderforum Südosteuropa

**Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e. V. (ITVA)**, Mitglied

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

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

-----  
**Hirth, T.**  
-----

**Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)**, Fachgutachter

**Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)**, Fachkollegium »Verfahrenstechnik, Technische Chemie«, Mitglied Fach »Bioverfahrenstechnik«; Fachgutachter

**Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA)**, Fachgemeinschaft »Biotechnologie«, Mitglied Fachgruppe »Biotechnologie Nachwachsen der Rohstoffe«

**Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)**, Fachgutachter

**Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik der Universität Stuttgart**, Prodekan

**Forschungscampus DLR@UniST**, Mitglied Lenkungs-kreis

**Fraunhofer-Gesellschaft**, Präsidiumsmitglied

**Fraunhofer-Verbund Life Sciences**, Verbundvorsitzender

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

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

**Industrielle Biotechnologie Bayern Netzwerk GmbH (IBB Netzwerk GmbH)**, Beiratsmitglied

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

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

ProcessNet – eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC, Mitglied Lenkungskreis; Vorsitzender Fachgemeinschaft »SuPER«; Fachgemeinschaft »SuPER«, Vorsitzender Arbeitsausschuss »Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie«; Fachgemeinschaft »Fluidynamik und Trenntechnik«, Beiratsmitglied Fachgruppe »Hochdruckverfahrenstechnik«; Fachgemeinschaft »Chemische Reaktionstechnik«, Mitglied Fachgruppen »Reaktionstechnik« und »Nanotechnologie«

SusChem Deutschland, Mitglied Koordinierungskreis

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

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU), Beiratsmitglied

VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC), Beiratsmitglied

-----  
**Kluger, P. J.**  
-----

Deutsche Gesellschaft für Biomaterialien, Mitglied

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

VDI-Gesellschaft Materials Engineering (VDI-GME), Fachbereich »Nanotechnik«, Mitglied Fachausschuss »Nanotechnik in der Medizintechnik«

-----  
**Müller, Michaela**  
-----

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

Gemeinschaftsausschuss »Kombinierte Oberflächentechnik« der Organisationen DFO, DGO, EFDS und INPLAS, Mitglied

-----  
**Oehr, C.**  
-----

BALTIC-NET, Mitglied

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

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

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

European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering, Mitglied

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO®, Stellvertretender Sprecher

14<sup>th</sup> International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2014), Chairman; Mitglied Management Committee, Local Organizing Committee, International Program Committee und International Scientific Committee

Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS, Vorstandsmitglied

Nationales Zentrum für Plasmamedizin e. V., Mitglied Kuratorium

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

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

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

VDI-Gesellschaft Materials Engineering (VDI-GME), Fachbereich »Nanotechnik«, Stellvertretender Vorsitzender Fachausschuss »Nanotechnik in der Medizintechnik«

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

-----  
**Rupp, S.**  
-----

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

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

Europäische Union, Gutachter im 7. Forschungsrahmenprogramm

FEBS Advanced Lecture Course, Mitglied Organization Committee

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

Stuttgart Research Center (SRC) Systems Biology, Mitglied

-----  
**Schenke-Layland, K.**  
-----

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

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

Arthritis Research UK, Fachgutachterin für Einzelantragsverfahren

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

Katholieke Universiteit  
Leuven, Research Council,  
Fachgutachterin für Einzelan-  
tragsverfahren

Schiestel, T.

Deutsche Gesellschaft für  
Materialkunde e. V. (DGM),  
Gemeinschaftsausschuss  
»Hochleistungskeramik«, Mit-  
glied Arbeitskreis »Kerami-  
sche Membranen«

Schließmann, U.

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

ProcessNet – eine Initia-  
tive von DECHEMA und  
VDI-GVC, Fachgemeinschaft  
»Fluidodynamik und Trenn-  
technik«, Mitglied Fachgrup-  
pe »Membrantechnik«

Schmid-Staiger, U.

aireg – Aviation Initiative  
for Renewable Energy in  
Germany e. V., Mitglied Ar-  
beitskreis »Rohstoffbereitstel-  
lung«

European Algae Biomass  
Association (EABA),  
Mitglied

Sieber, V.

Bundesministerium für  
Bildung und Forschung  
(BMBF), Fachgutachter

Deutsche Forschungs-  
gemeinschaft (DFG), Fach-  
gutachter

Deutsche Gesellschaft  
für Chemische Technik  
und Biotechnologie e. V.  
(DECHEMA), Fachgemein-  
schaft »Biotechnologie«,  
Mitglied Fachgruppen »Bio-  
technologie Nachwachsen-  
de Rohstoffe«, »Chemische  
Biologie«, »Biotransforma-  
tionen«, »Systembiologie  
und Synthetische Biologie«  
und Temporärer Arbeitskreis  
»Neue Bioproduktionssyste-  
me«

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

Gesellschaft Deutscher  
Chemiker (GDCh), Mitglied

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

Wissenschaftszentrum  
Straubing, Mitglied Direk-  
torium

Sternad, W.

HACH LANGE GmbH,  
Kundenbeiratsmitglied

Tovar, G. E. M.

Deutsche Bunsen-Gesell-  
schaft für Physikalische  
Chemie (DBG), Mitglied

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

Deutsche Gesellschaft für  
Materialkunde e. V. (DGM),  
Fachausschuss »Biomateriali-  
en«, Leiter Arbeitskreis »Bio-  
mimetische Biomaterialien«

Fraunhofer-Allianz Nano-  
technologie, Sprecher und  
Mitglied Lenkungsreis

Gesellschaft Deutscher  
Chemiker (GDCh), Mitglied

Kolloid-Gesellschaft, Mit-  
glied

NanoMAT, Mitglied

ProcessNet – eine Initia-  
tive von DECHEMA und  
VDI-GVC, Fachgemeinschaft  
»Chemische Reaktionstech-  
nik«, Beiratsmitglied Fach-  
gruppe »Nanotechnologie«

Trösch, W.

German Water Partnership  
e. V., Vorstandsmitglied

Unkelbach, G.

American Chemical Society  
(ACS), Mitglied »Division of  
Cellulose and Renewable Ma-  
terials«, »Division of Bioche-  
mical Technology« und »Divi-  
sion of Catalysis Science and  
Technology«

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

Vohrer, U.

Deutsche Bunsen-Gesell-  
schaft für Physikalische  
Chemie (DBG), Mitglied

Deutsche Physikalische Ge-  
sellschaft (DPG), Mitglied

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

Forschungsallianz Kultur-  
erbe, Gründungsmitglied

Fraunhofer-Allianz Reini-  
gungstechnik, Gründungs-  
mitglied

Gesellschaft Deutscher  
Chemiker (GDCh), Mitglied

Hauptkommission der  
Fraunhofer-Gesellschaft,  
Mitglied

Verein Deutscher Ingeni-  
eure e. V. (VDI), Mitglied

Wissenschaftlich-Techni-  
scher Rat der Fraunhofer-  
Gesellschaft, Mitglied

Walles, H.

Bundesministerium für  
Bildung und Forschung  
(BMBF), Fachgutachterin

Bundesverband der Phar-  
mazeutischen Industrie  
e. V. (BPI), Mitglied Arbeits-  
kreis »Tissue Engineering«

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

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Fachgutachterin für SFB/TransRegio, Graduiertenkolleg, Einzelantragsverfahren

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

Deutsche Gesellschaft für Regenerative Medizin e. V., Mitglied wissenschaftlicher Beirat

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, Mitglied Medizintechnischer Ausschuss

Studienstiftung des deutschen Volkes, Vertrauensperson

VDI-Gesellschaft Materials Engineering (VDI-GME), Fachbereich »Nanotechnik«, Mitglied Fachausschuss »Nanotechnik in der Medizintechnik«

Weber, A.

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA), Fachgemeinschaft »Biotechnologie«, Mitglied Fachgruppen »Biotechnologie Nachwachsener Rohstoffe«, »Medizinische Biologie« und »Mikrobielle Materialzerstörung und Materialschutz«

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

Materials Research Society (MRS), Mitglied

Zibek, S.

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

Hochschule Furtwangen, Fakultät Medical and Life Sciences, Wissenschaftlicher Beirat, Fachausschuss »Biotechnologie/Verfahrenstechnik«

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

## WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

### Mit Hochschulen

Aalto University, Helsinki, Finnland

Aristotle University of Thessaloniki, Griechenland

Catholic University of Leuven, Belgien

Charles University, Prag, Tschechische Republik

Cranfield University, Vereinigtes Königreich

Eberhard Karls Universität Tübingen

Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Niederlande

Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Österreich

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

ESADE Foundation, Barcelona, Spanien

Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP), Brasilien

Georgia Institute of Technology (Georgia Tech), Atlanta, USA

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Hebrew University of Jerusalem, Israel

Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg

Hochschule Anhalt, Köthen

Hochschule Biberach

Hochschule Esslingen

Hochschule Hamm-Lippstadt

Hochschule Merseburg

Hochschule Reutlingen

Julius-Maximilians-Universität, Würzburg

Letterkenny Institute of Technology (LYIT), Irland

Linnaeus University, Kalmar, Schweden

Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)

Luiz de Queiroz College of Agriculture, Piracicaba, Brasilien	Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo)	University of Bergen, Norwegen	Centre for Process Innovation (CPI), Wilton, Redcar, Vereinigtes Königreich
Lund University, Schweden	Stockholm University, Schweden	University of California Los Angeles (UCLA), USA	Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM), Antofagasta, Chile
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	Technische Universität Kaiserslautern	University of Milano-Bicocca, Mailand, Italien	Centro tecnológica CARTIF, Valladolid, Spanien
McGill University, Montreal, Kanada	Technische Universität München (TUM)	University of Novi Sad, Serbien	Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario Asociación – ITAGRA, Palencia, Spanien
Medizinische Hochschule Hannover (MHH)	Trinity College Dublin, Irland	University of Seville, Spanien	Chemical Process Engineering Research Institute (CPERI), Thessaloniki, Griechenland
Medizinische Universität Innsbruck, Österreich	Umeå University, Schweden	University of Southern California (USC), Los Angeles, USA	CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, Erfurt
National University of Ireland, Galway, Irland	Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Spanien	University of Sydney, Australien	Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Heidelberg
Newcastle University, Vereinigtes Königreich	Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Brasilien	University of West Hungary, Sopron, Ungarn	Deutsches Zentrum für Biomaterialien und Organersatz Stuttgart-Tübingen
Norwegian University of Life Sciences (NMBU), Ås, Norwegen	Universität Heidelberg	Univerza v Mariboru, Maribor, Slowenien	Dr. Margarete Fischer-Bosch-Institut für Klinische Pharmakologie (IPK), Stuttgart
Queensland University of Technology QUT, Brisbane, Australien	Universität Hohenheim, Stuttgart	Uppsala University, Schweden	Flanders Institute for Biotechnology (VIB), Gent, Belgien
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH), Aachen	Universität Innsbruck, Österreich	<b>Mit anderen Forschungseinrichtungen</b>	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e. V. (HZDR), Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
Royal College of Surgeons Ireland (RCSI), Dublin, Irland	Universität Konstanz	AIT Austrian Institute of Technology, Wien, Österreich	Institut Carnot CIRIMAT, Toulouse, Frankreich
Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Schweden	Universität Leipzig	Association pour la Recherche et le Développement des Méthodes et Processus Industriels – ARMINES, Paris, Frankreich	Institut Dr. Schrader Creachem GmbH, Holzminden
Sheffield Hallam University, Vereinigtes Königreich	Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, Spanien	Ateknea Solutions, Barcelona, Spanien	
Stanford University, USA	Universität Stuttgart	BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin	
Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, Niederlande	Universität Wien, Österreich		
	Université Paul Sabatier Toulouse III, Frankreich		
	University of Bari Aldo Moro, Italien		

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV), Denkendorf	LEITAT Technological Center (Asociación Acondicionamiento Tarrasense), Barcelona, Spanien	PROFACTOR GmbH, Steyr-Gleink, Österreich	Universitätsklinikum Innsbruck, Österreich
Institut für Textilchemie und Chemiefasern (ITCF), Denkendorf	Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg	Research & Development centre Re/genT, Helmond, Niederlande	Universitätsklinikum Tübingen
Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Salammbou, Tunesien	Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart	Robert-Koch-Institut, Berlin	Universitätsklinikum Ulm
Institut Pasteur, Paris, Frankreich	Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, Berlin	Teknologisk Institutt (TI), Oslo, Norwegen	Universitätsklinikum Würzburg
Institute on Membrane Technology, Italian National Research Council, ITM-CNR, Rom, Italien	Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Stuttgart	VITO – Flemish Institute for Technological Research NV, Mol, Belgien	----- <b>Mit Museen</b> -----
Instituto Nazionale di Economia Agraria (INEA), Rom, Italien	Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam-Golm	VTT Technical Research Centre of Finland, Finnland	Bayerisches Hauptstaatsarchiv, München
Inter-American Institute for Global Change Research IAI, São Jose dos Campos, Brasilien	Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung, Köln	----- <b>Mit Kliniken</b> -----	Deutsches Bergbaumuseum, Bochum
IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd., Stockholm, Schweden	Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz	Charité – Universitätsmedizin Berlin	Deutsches Museum, München
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg	Methodology Centre for Environment Assessment (METCENAS), Prag, Tschechische Republik	Haukeland University Hospital, Bergen, Norwegen	Deutsches Schifffahrtsmuseum, Bremerhaven
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe	National Institute of Laser, Plasma and Radiation Physics, Magurele-Bucharest, Rumänien	Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen, Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum, Bad Oeynhausen	Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg
Laboratoire Phenobio SAS, Martillac, Frankreich	Nederlandse Organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek TNO, Delft, Niederlande	Karl-Olga-Krankenhaus, Stuttgart	Landesmuseum Württemberg, Stuttgart
Leibniz-Institut für Katalyse e. V. (LIKAT), Rostock	Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research Nofima, Oslo, Norwegen	Klinik Charlottenhaus, Stuttgart	Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Rathgen-Forschungslabor, Berlin
Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e. V. (INP), Greifswald	Optimización Orientada a la Sostenibilidad S.L. (IDENER), Sevilla, Spanien	Klinik Schillerhöhe, Gerlingen	Zentrum für Bucherhaltung, Leipzig
		Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart	
		Sana Herzchirurgie Stuttgart	
		Universitätsklinikum Frankfurt, Frankfurt am Main	

# LEHRTÄTIGKEITEN

<p>-----  <b>Hochschule Esslingen</b>                      -----  <b>WS 2013/14</b>                      -----                      Weber, A.  <b>Vorlesung</b>                      »Physikalische Chemie – Thermodynamik und Reaktionskinetik«                      Fakultät Angewandte Naturwissenschaften, BSc Chemieingenieurwesen/ Farbe und Lack, BSc Biotechnologie, 4 SWS</p>	<p>                     Bryniok, D.  <b>Vorlesung</b>                      »Energie und Wasser«                      Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 1 SWS                      -----                      Bryniok, D.  <b>Seminar</b>                      »Energie und Wasser«                      Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 1 SWS                      -----  <b>WS 2013/2014</b>                      -----                      Bryniok, D.  <b>Vorlesung</b>                      »Technische Mechanik I«                      Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 2 SWS                      -----                      Bryniok, D.  <b>Übungen zur Vorlesung</b>                      »Technische Mechanik I«                      Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 4 SWS                      -----                      Bryniok, D.  <b>Vertiefungspraktikum</b>                      »Bioenergie«                      Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung, 2 SWS                      -----                      Bryniok, D.  <b>Betreuung Praxissemester, Projekt- und Bachelorarbeiten</b>                      Studiengang Energietechnik und Ressourcenoptimierung</p>	<p>                     -----  <b>Universität Heidelberg BZH</b>                      -----  <b>SS 2013</b>                      -----                      Sohn, K.  <b>Beiträge zum Seminar und Praktikum</b>                      »Proteine/Nervensystem«                      Medizinische Fakultät, Fachrichtung Biochemie                      -----  <b>WS 2013/14</b>                      -----                      Sohn, K.  <b>Beiträge zum Seminar und Praktikum</b>                      »Blut und Eisenstoffwechsel«                      Medizinische Fakultät, Fachrichtung Biochemie                      -----  <b>Universität Hohenheim</b>                      -----  <b>SS 2013</b>                      -----                      Kluger, P. J.; Hansmann, J.; Kleinhans, C.; Groeber, F.; Hoppensack, A.  <b>Vorlesung</b>                      »Tissue Engineering«                      Naturwissenschaftliche Fakultät, BSc Ernährungswissenschaft, BSc Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, 2 SWS</p>	<p>                     -----  <b>Technische Universität München</b>                      -----  <b>SS 2013</b>                      -----                      Sieber, V.  <b>Vorlesung</b>                      »Enzymengineering«                      Fachrichtung Industrielle Biotechnologie, 2 SWS                      -----                      Sieber, V.  <b>Beiträge zur Vorlesung</b>                      »Technologie und Verwertung von sonstigen biogenen Rohstoffen«                      Fachrichtung Forstwirtschaft, 4 SWS                      -----                      Sieber, V.  <b>Vorlesung</b>                      »Biokatalyse und Proteintechnologie«                      Fachrichtung Chemie, 1 SWS                      -----                      Sieber, V.  <b>Vorlesung</b>                      »Industrielle Biokatalyse für NaWaRo«                      Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 3 SWS                      -----  <b>WS 2013/14</b>                      -----                      Sieber, V.  <b>Vorlesung</b>                      »Technische Biokatalyse«                      Fachrichtung Industrielle Biotechnologie, 2 SWS                      -----                      Sieber, V.  <b>Vorlesung</b>                      »Einführung in die Stoffliche Nutzung«                      Fachrichtung Nachwachsende Rohstoffe, 2 SWS</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>-----  <b>Hochschule Offenburg</b>  -----</p> <p><b>WS 2013/14</b></p> <p>Kluger, P. J.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Werkstoffe in der Medizintechnik – Biologische Aspekte«</b>  Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, BSc Medizintechnik, 1 SWS</p> <p>-----  <b>Universität Stuttgart</b>  -----</p> <p><b>SS 2013</b></p> <p>Bach, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Tovar, G. E. M.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Komplexe Fluide«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, 2 SWS</p> <p>Bailer, S. M. (u. a.)  <b>Vorlesung</b>  <b>»Wissenschaftliche Praxis – Ringveranstaltung«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Hansmann, J.; Rupp, S.; Tovar, G. E. M.; Hirth, T. (mit Doser, M.)  <b>Vorlesung</b>  <b>»Medizinische Verfahrenstechnik I«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau), MSc Verfahrenstechnik, MSc Maschinenbau, MSc Technische Biologie, 2 SWS</p>	<p>Hansmann, J.; Kluger, P. J.; Bailer, S. M.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Zellkulturtechnik«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Hansmann, J.; Kluger, P. J.; Bailer, S. M.  <b>Praktikum</b>  <b>»Zellkulturtechnik, Dreidimensionale Gewebekultur und Bioreaktor-technologie«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Hirth, T.; Schließmann, U.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Biologische und chemische Verfahren zur industriellen Nutzung von Biomasse (Energieträger und Chemierohstoffe)«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Energie- und Biotechnik, MSc Umweltschutztechnik, MSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Hirth, T.; Rupp, S.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Biomaterialien – Biobasierte Materialien«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, BSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Hirth, T.; Tovar, G. E. M.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Grenzflächenverfahrenstechnik I – Chemie und Physik der Grenzflächen«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, Spezialisierungsfach, 2 SWS</p>	<p>Hirth, T.; Tovar, G. E. M. (mit Groß, J.)  <b>Vorlesung</b>  <b>»Grundlagen der Verfahrenstechnik I«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, BSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Hirth, T.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Nachhaltige Rohstoffversorgung – Von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Fachübergreifende Schlüsselqualifikation, 2 SWS</p> <p>Tovar, G. E. M.; Borchers, K.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Biomaterialien – Biokompatible Materialien«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, BSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Tovar, G. E. M.; Hirth, T.  <b>Vorlesung</b>  <b>»Nanotechnologie I – Chemie und Physik der Nanomaterialien«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, Spezialisierungsfach, MSc Technische Biologie, MSc Materialwissenschaften, 2 SWS</p> <p>Tovar, G. E. M.; Borchers, K.; Kluger, P. J.  <b>Praktische Übungen</b>  <b>»Biomaterialien und Nanotechnologie«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Technische Biologie, 4 SWS</p>	<p>Tovar, G. E. M.; Hirth, T.  <b>Praktische Übungen</b>  <b>»Grenzflächenverfahrenstechnik«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, Spezialisierungsfach, MSc Technische Biologie, 2 SWS</p> <p>Tovar, G. E. M.; Hirth, T. (mit Doser, M.)  <b>Praktische Übungen</b>  <b>»Medizinische Verfahrenstechnik«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, MSc Technische Biologie</p> <p>Tovar, G. E. M.; Hirth, T.  <b>Praktische Übungen</b>  <b>»Nanotechnologie«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, Spezialisierungsfach, MSc Technische Biologie, BSc Medizintechnik, Kompetenzfeld, 2 SWS</p> <p>Tovar, G. E. M.; Hirth, T.  <b>Praktische Übungen</b>  <b>»Verfahrenstechnik«</b>  Studiengänge des Maschinenbaus, 2 SWS</p> <p><b>WS 2013/14</b></p> <p>Hirth, T.; Oehr, C.; Tovar, G. E. M.  Vorlesung  <b>»Grenzflächenverfahrenstechnik II – Technische Prozesse«</b>  Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, Spezialisierungsfach, 2 SWS</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.

**Vorlesung**

»Grundlagen der Grenzflächenverfahrenstechnik«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, Spezialisierungsfach, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M. (mit Groß, J.)

**Vorlesung**

»Grundlagen der Verfahrenstechnik II«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, BSc Technische Biologie, 2 SWS

Hirth, T.; Kluger, P. J.; Tovar, G. E. M. (mit Doser, M.)

**Vorlesung**

»Medizinische Verfahrenstechnik II«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau), MSc Maschinentechnik, 2 SWS

Hirth, T.

**Vorlesung**

»Nachhaltige Rohstoffversorgung und Produktionsprozesse«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, 2 SWS

Hirth, T.

**Vorlesung**

»Sustainable Production Processes«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc WASTE, 2 SWS

Kluger, P. J.; Hirth, T.

**Vorlesung**

»3D-Gewebekultur«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Technische Biologie, 2 SWS

Oehr, C.

**Vorlesung**

»Plasmaverfahren für die Dünnschicht-Technik«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, 2 SWS

Tovar, G. E. M.; Borchers, K.; Kleinhans, C. (mit Brümmer, F.)

**Vorlesung**

»Biomaterialien – Herstellung, Charakterisierung und Anwendungen«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Technische Biologie, 2 SWS

Tovar, G. E. M.; Hirth, T.

**Vorlesung**

»Nanotechnologie II – Technische Prozesse und Anwendungen für Nanomaterialien«  
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, MSc Verfahrenstechnik, Spezialisierungsfach, BSc Medizintechnik, Kompetenzfeld, MSc Werkstoffwissenschaften, MSc Technische Biologie, 2 SWS

Tovar, G. E. M.

**Seminar**

»Aktuelle Methoden der Nanotechnologie und Grenzflächenverfahrenstechnik in der Medizintechnik«  
BSc Medizintechnik, Kompetenzfeld, 2 SWS

SS 2013 und WS 2013/14

Haitz, T.; Kahlig, A.; Stier, M.; Tovar, G. E. M. (u. a.)

**»Arbeitstechniken und Projektarbeit«**

Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, BSc Verfahrenstechnik, 2 SWS

Hirth, T.

**»Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«**

Fachrichtung Verfahrenstechnik, Technische Biologie, WASTE

Rupp, S.

**»Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«**

Fachrichtung Verfahrenstechnik, Chemie, Technische Biologie

Tovar, G. E. M.; Hirth, T.

**»Mitarbeiterseminar für DoktorandInnen und DiplomandInnen«**

Fachübergreifende Veranstaltung, 1 SWS

Tovar, G. E. M. ; Hirth, T.

**»Grenzflächenverfahrenstechnisches Kolloquium«**

Fachübergreifende Veranstaltung, 1 SWS

Tovar, G. E. M.

**»Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten«**

Fachrichtung Verfahrenstechnik, Technische Biologie, Medizintechnik

Universität Tübingen

WS 2013/14

Schenke-Layland, K.

**Vorlesung, Seminar und Praktikum**

»Vitale Implantate«  
Medizinische Fakultät, BSc Medizintechnik

Schenke-Layland, K.

**Vorlesung, Seminar und Praktikum**

»Implantology«  
Medizinische Fakultät, MSc Biomedical Technologies

Universität für Bodenkultur Wien

SS 2013

Walles, H.

**Gastprofessur/Vorlesung**

»Grundlagen des Tissue Engineering von komplexen Geweben«  
MSc Biotechnologie, 1 Woche ganztägig

Universität Würzburg

SS 2013

Walles, H.

**Vorlesung**

»Grundlagen des Tissue Engineering II«  
Fakultät für Chemie und Pharmazie, MSc Technologie der Funktionswerkstoffe, 5 SWS

Walles, H.  
**Übung**  
»Mikrosysteme für biologische und medizinische Anwendungen«  
Fakultät für Chemie und Pharmazie, MSc Technologie der Funktionswerkstoffe, 5 SWS

#### WS 2013/14

Walles, H.  
**Vorlesung**  
»Grundlagen des Tissue Engineering«  
Fakultät für Chemie und Pharmazie, BSc Technologie der Funktionswerkstoffe, 5 SWS

Walles, H.  
**Vorlesung und Übung**  
»Mikrosysteme für biologische und medizinische Anwendungen«  
Fakultät für Chemie und Pharmazie, MSc Technologie der Funktionswerkstoffe, 5 SWS

Walles, H.  
**Vorlesung**  
»Tissue Engineering«  
Graduiertenschule Graduate School of Life Sciences, Graduiertenkolleg International Research Training Group 1522 »HIV/AIDS and associated infectious diseases in Southern Africa«

Walles, H.  
**Vorlesung**  
»Werkstoffe für Biosensoren, Tissue Engineering und Geweberegeneration«  
Fakultät für Chemie und Pharmazie, MSc Technologie der Funktionswerkstoffe, 5 SWS

Walles, H.  
**Praktikum**  
»Grundlagen des Tissue Engineering«  
Fakultät für Chemie und Pharmazie, BSc Technologie der Funktionswerkstoffe, 1 Woche ganztägig

#### SS 2013 und WS 2013/14

Walles, H.  
**Vorlesung**  
»Tissue Engineering«  
Fakultät für Biologie und Medizinische Fakultät, MSc Biomedizin, 2 SWS

Walles, H.  
**Praktikum**  
»Modellorganismen«  
Fakultät für Biologie und Medizinische Fakultät, MSc Biomedizin, 1 Woche ganztägig

Walles, H.  
**»Stammzellen«**  
Medizinische Fakultät, Integriertes Seminar für Studierende der Medizin, 2 SWS

Walles, H.  
**Seminar und Journal Club für Doktoranden,**  
Medizinische Fakultät, 4 SWS

Walles, H.  
**»Anleitung zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten«,**  
Doktoranden und Studierende der Medizinischen Fakultät, 3 SWS

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

# HOCHSCHULARBEITEN

## Dissertationen

Berg, M.

Etablierung von Methoden zur Studie von molekularen Wechselwirkungen in *S. cerevisiae* basierend auf dem erweiterten genetischen Code, Universität Stuttgart

Bilbao, J.

Phosphorus recovery from wastewater filtrates through a novel electrochemical struvite precipitation process, Universität Hohenheim

Frank, D.

Experimentelle Untersuchung und Modellierung der Fällung von Kalium-Magnesium-Phosphat, Universität Stuttgart

Gronen, A.

Identifizierung geeigneter Milchsäurebakterien zur Milchsäureproduktion aus Weizenstroh-Hydrolysat – Stammisolierung, Charakterisierung und Stoffwechselanalyse, Universität Stuttgart

Haller, B. E.

Entwicklung eines global übertragbaren raumbestimmten Planungsinstruments für das integrierte urbane Wassermanagement, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0663-6

Hartmann, S. C.

Entwicklung eines DNA-Mikroarrays zur Identifizierung und Resistenzcharakterisierung Sepsis-assoziiierter humanpathogener Mikroorganismen unter Anwendung der Receiver Operating Characteristic (ROC)-Analyse, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0601-8

Hoch, E.

Hydrogelsysteme auf Basis UV-polymerisierbarer Biopolymere für den Aufbau von Gewebemimetika mittels Inkjet-Bioprinting am Beispiel von hyalinem Knorpel, Universität Stuttgart

Hoppensack, A.

Entwicklung eines humanen In-vitro-Modells des renalen proximalen Tubulus, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Kühnle, S.

Charakterisierung von Niederdruckmikroplasma und ihre Anwendung zur Oberflächenmodifizierung von porösen, polymeren Hohlfasermembranen, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0616-2

Ludwig, D.

Entwicklung von Verfahren und Prozessmodellen zur Fraktionierung von Lignocellulose, Universität Stuttgart

Moller, B.

Herstellung, Charakterisierung und Weiterverarbeitung von Carbon Nanotube Dispersionen, Universität Stuttgart

Moß, K. S.

Neue Mikroorganismen und Enzyme zur Herstellung von N-Acetylglukosamin und Chitobiose, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0522-6

Pudlas, M.

Nicht invasive Diagnostik in der Regenerativen Medizin mittels Raman-Spektroskopie, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0396-3

Schreiber, T.

Herstellung nanostrukturierter Polymerpartikel mittels Miniemulsionspolymerisation zum Einsatz als Adsorbentmaterial für Tocopherylacetat, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0518-9

Seibert, A.

Entwicklung eines Verfahrens zur Gewinnung von EPA-Ethylestern aus *Phaeodactylum tricornutum* mit überkritischen Fluiden, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0521-9

Speyerer, C.

Synthese und Oberflächenfunktionalisierung sphärischer Polyacrylatpartikel für den Aufbau biokompatibler Objekte mittels dreidimensionaler Elektrofotografie, Universität Stuttgart

Votteler, M.

Characterization and analysis of cellular and extracellular components during human cardiovascular development, Eberhard Karls Universität Tübingen

Weber, C. G.

N-Acylhomoserinlacton-Lactonasen zur Vermeidung von Biofilmen – Herstellung, Evaluation des Wirkspektrums und Strategien zur Immobilisierung auf technischen Oberflächen, Universität Stuttgart, Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-0555-4

- Zibek, S.  
Lokale chemische Stimulation von Zelllinien durch Dispensieren von Tropfen mit dem StimuDrop, Universität Freiburg, Der Andere Verlag, ISBN 978-3-86247-386-1
- **Diplomarbeiten**  
-----
- Bantel, Y.  
Eine Protein-Protein-Interaktionsanalyse des Transkriptionsfaktors Tup1p mit Hilfe des erweiterten genetischen Codes, Universität Stuttgart
- Hoffmann, D.  
Analyse der Autophagozytose als unkonventioneller potentieller Sekretionsweg von Proteinen bei pathogenen Pilzen am Beispiel des Tsa1p, Universität Stuttgart
- Marquardt, N.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Troll, F.  
Optimierung der fermentativen Produktion von Mannosylerythritollipiden und Lipasen mit *Pseudozyma aphidis*, Universität Stuttgart
- **Masterarbeiten**  
-----
- Acuna Rivadeneira, H. F.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Amjid, M.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Funk, C.  
Titel geschützt, Universität Hohenheim
- Gamardo, C.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Gligor, S.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Hahn, K.  
Funktionsbasiertes Screening nach cellulolytischen und xylanolytischen Enzymen aus einer Boden-Metagenombank, Hochschule Anhalt, Köthen
- Hartenauer, A.  
Lichtgetriebene ATP-Synthese an Liposomen, Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Jannasch, M.  
Dreidimensionale Hautmodelle als in vitro Testsystem für die perkutane Wurminfektion, Universität Hohenheim
- Jiang, B.  
Separation of water out of highly concentrated electrolyte solutions using a multistage vacuum membrane distillation, KTH School of Industrial Engineering and Management, Stockholm, Schweden
- Klingler, B.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Künzel, I.  
Titel geschützt, Technische Universität Berlin
- Lepper, M.  
Analyse der unkonventionellen Proteinsekretion in Hefen, Technische Universität Braunschweig
- Mitsch, D.  
Development of an RNA isolation method for endogenous progenitor cell clusters in the developing human heart, Universität Ulm
- Nemati Shahab, S.  
Construction and implementation of a laboratory system for experiments on thermal energy storage using sodium hydroxide and water, Universität Stuttgart
- Rebholz, A.  
Charakterisierung des Zellverhaltens humaner Hautzellen auf diamantbeschichteten und biofunktionalisierten Titansubstraten für die Entwicklung neuer Endo-Exo-Prothesen, Universität Hohenheim
- Schmid, F.  
Etablierung eines Osteoblasten/Osteoklasten Co-Kultur Systems zur Simulation der in vivo Situation für die Testung eisenbasierter Knochenersatzmaterialien, Hochschule Albstadt-Sigmaringen
- Schwab, S.  
Entwicklung eines In-vitro-Testverfahrens auf Basis eines pigmentierten humanen Hautmodells, Universität Hohenheim
- Shang, J.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Shariff, Z. A.  
Study of the influence of process parameters on fenton and photo-fenton oxidative water treatment processes during the decolorization and mineralization of methylene blue solution, Brandenburgische Technische Universität, Cottbus
- Shen, N.  
Development of a bio-reactor system for tissue engineering, RWTH Aachen
- Übele, F.  
Prozessoptimierung, -charakterisierung und Scale-up einer UV-initiierten Polymethylmethacrylat-Suspensionspolymerisation zur Herstellung von biokompatiblen Tonerpartikeln für den 3D-Laserdruck, Universität Stuttgart
- Valarezo García, N. A.  
Titel geschützt, Universität Stuttgart
- Weisser, S. A.  
Interdisziplinäre Untersuchung multifaktorieller Ursachen hypertropher Narbenbildung, Hochschule Albstadt-Sigmaringen
- Werkmeister, C.  
Klonierung und heterologe Expression unterschiedlicher Dismutasen in *Escherichia coli*, Hochschule Albstadt-Sigmaringen

- Wiesemann, J.  
**Cre-Rekombinase vermittelter Nachweis unterschiedlicher Infektionsstadien des Herpes simplex Virus Typ-1 in neuronalen Zellen**, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena
- Won, S. Y.  
**Reduction of membrane fouling by means of electrolytic surface reaction**, Universität Stuttgart
- **Bachelorarbeiten**  
 -----
- Badarneh, D.  
**Titel geschützt**, German Jordanian University
- Basler, K.  
**Titel geschützt**, Technische Hochschule Mittelhessen
- Becker, C.  
**Einfluss unterschiedlicher Sterilisationstechniken auf die Stabilität und Biokompatibilität von elektrogenen Trägersubstraten**, Universität Stuttgart/Eberhard Karls Universität Tübingen
- Bomans, K.  
**Immunhistochemische Charakterisierung der Zell-Material-Interaktionen an Titan-Implantaten im dreidimensionalen Hautmodell**, Hochschule Esslingen
- Braun, C.  
**Entwicklung einer Methode zur Herstellung einer photovernetzbaren Dispersion aus Carbon Black in Polyethylenglycoldiacrylat und Drucken stabiler und heizbarer Strukturen auf Polyurethanfolien mittels Inkjet-Drucktechnik**, Universität Stuttgart/Eberhard Karls Universität Tübingen
- Damkwide Kella, J.  
**Herstellung einer rekombinanten *Pseudozyma* sp. Lipase in *Pichia pastoris***, Hochschule Mannheim
- Denneker, N.  
**Prozessoptimierung der chemo-enzymatischen Epoxidierung von Fettsäuren und pflanzlichen Ölen**, Universität Stuttgart
- Doreth, C.  
**Zellmarkierungen mit verschiedenen Eisenoxid-Nanopartikeln: Untersuchungen zur Zellaufnahme und Zellvitalität**, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- Götz, R.  
**Titel geschützt**, Hochschule Heilbronn
- Kattner, N.  
**Einstellung der Tinten- und Druckparameter für den Aufbau von zellhaltigen Hydrogelen durch Drucken von Zellsuspensionen mittels piezo-elektrischem Inkjet-Druck**, Universität Stuttgart
- Meier, M.  
**Einfluss des Transkriptionsfaktors NFATc-1 auf die humane Taschenklappenentwicklung**, Hochschule Mannheim
- Messmer, J.  
**Titel geschützt**, Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG)
- Momeni, C. S.  
**Untersuchung der chemo-enzymatischen Epoxidierung in unterschiedlichen Prozessführweisen**, Hochschule Furtwangen
- Prömel, S.  
**Titel geschützt**, Universität Stuttgart
- Sahm, R.  
**Titel geschützt**, Technische Universität Darmstadt
- Sattler, I.  
**Evaluierung des osteogenen Differenzierungspotentials von humanen Adipose derived Stem Cells (hASCs) in aminofunktionalisiertem Polylactid-Komposit-Material für den Einsatz im Knochen-Tissue Engineering**, Hochschule Esslingen
- Schröder, D.  
**Entwicklung von Komponenten eines Organerhaltungssystems**, Universität Stuttgart
- Steiner, D.  
**Titel geschützt**, Universität Hohenheim
- Tremmer, A.-L.  
**Etablieren eines Sterilisationsverfahrens zur Sicherstellung der Biokompatibilität elektrogenespinnener PEGdma/PLA Scaffolds**, Universität Stuttgart/Eberhard Karls Universität Tübingen
- Vásconez Navas, L.  
**Titel geschützt**, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador
- Vollmer, I.  
**Titel geschützt**, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
- Werthmann, H.  
**Mathematische Modellierung, Parameterschätzung und Simulation eines Prozesses zur kontinuierlichen Synthese von Adenosinribosephosphat für die zellfreie Biotechnologie**, Hochschule Esslingen
- Zikeli, K.  
**Untersuchung der TLR9-vermittelten Zytokininduktion in der humanen Keratinozytenzelllinie HaCaT und ihre Wirkung auf die Immunzellrekrutierung**, Universität Stuttgart
- **Praktikumsberichte**  
 -----
- Bernecker, K.  
**Mikrobielle Herstellung von 1,18-Octadecendisäure**, Hochschule Anhalt, Köthen

Bitzenhofer, E.  
**Isolation von Monozyten aus dem peripheren humanen Blut und deren Differenzierung zu Osteoklasten**, Universität Hohenheim

Damkwide Kella, J.  
**Herstellung und Charakterisierung einer rekombinanten *Pseudozyma aphidis* Lipase in *Pichia pastoris***, Hochschule Mannheim

Frey, D.  
**Etablierung und Optimierung von Screening-Assays zur Identifizierung und Charakterisierung ligninolytischer Enzyme**, Hochschule Furtwangen

Hempelt, S.  
**Optimierung der fermentativen Produktion von Chitinasen**, Universität Hohenheim

Henzler, J.  
**Titel geschützt**, Universität Hohenheim

Laier, E.  
**Titel geschützt**, Universität Hohenheim

Röhr-Baliet, R.  
**In silico Screening nach neuen Enzymen**, Hochschule Esslingen

-----  
**Studienarbeiten**  
-----  
Acuna Rivadeneira, H. F.  
**Passive cooling to optimize energy use in temperature control of water and compressed air**, Universität Stuttgart

Bindermann, A. H.  
**Etablierung eines Protokolls zur Oberflächenfunktionalisierung elektrospinnener Materialien und Charakterisierung endothelialer Zellen**, Beuth Hochschule für Technik Berlin

Messmer, J.  
**Titel geschützt**, Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG)

-----  
**Semesterarbeiten**  
-----  
Mein, M.  
**Beschichtung von Polylactid-Granulat mit Carbon-Nanotube Dispersionen**, Universität Stuttgart

---

## VERÖFFENTLICHUNGEN 2013

-----  
**In Büchern**  
-----

Austel, N.; Stier, M. (2013)  
**Ganzheitliche Nutzung von Biomasse**.  
In: Neue technische Perspektiven erneuerbarer Energien und ihre politisch-rechtliche Verarbeitung, (Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, Band 10): Metropolis-Verlag, Marburg: 9–48  
ISBN 978-3-7316-1038-0

Bailer, S. M.; Lieber, D. (Hrsg.) (2013)

**Virus-Host Interactions. Methods and Protocols**.  
Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 1064: Humana Press, New York  
ISBN 978-1-62703-600-9

Hirth, T.; Oehr, C. (2013)  
**Einordnung in das Forschungsfeld Katalyse und Beschichtungsprozesse**.  
In: Innovative Technologien für Ressourceneffizienz in rohstoffintensiven Produktionsprozessen: Fraunhofer-Verlag, Stuttgart: 243–266  
ISBN 978-3-8396-0596-7

Hogk, I.; Rupp, S.; Burger-Kentischer, A. (2013)  
**3D-tissue model for herpes simplex virus-1 infections**.  
In: Virus-Host Interactions. Methods and Protocols, (Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 1064): Humana Press, New York: 239–251  
ISBN 978-1-62703-600-9

Kahlig, A.; Schwedhelm, I.; Monaghan, M.; Thein, M.; Hansmann, J. (2013)  
**Energy regeneration systems in cell-free protein synthesis in vitro**.  
In: New Research on Protein Synthesis: Nova Science Publishers, New York: 67–76  
ISBN 978-1-62948-527-0

Lieber, D.; Bailer, S. M. (2013)  
**Determination of HSV-1 infectivity by plaque assay and a luciferase reporter cell line**.  
In: Virus-Host Interactions. Methods and Protocols, (Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 1064): Humana Press, New York: 171–181  
ISBN 978-1-62703-600-9

Mohr, M.; Trösch, W. (2013)  
**Semi-centralised urban water management as prerequisite for water reuse**.  
In: Milestones in Water Reuse. The best success stories: IWA Publishing, London: 97–106  
ISBN 978-1-78040-007-5

- Striebinger, H.; Koegl, M.; Bailer, S. M. (2013) **A high-throughput yeast two-hybrid protocol to determine virus-host protein interactions**, In: Virus-Host Interactions. Methods and Protocols, (Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 1064): Humana Press, New York: 1–15 ISBN 978-1-62703-600-9
- Weber, A.; Herz, M.; Tovar, G. E. M. (2013) **Fluorescent spherical monodisperse silica core-shell nanoparticles with a protein-binding biofunctional shell**. In: Cellular and Subcellular Nanotechnology. Methods and Protocols, (Series: Methods in Molecular Biology, Vol. 991): Humana Press, New York: 293–306 ISBN 978-1-62703-335-0
- **In Fachzeitschriften**  
 -----
- Albermann, S.; Elter, T.; Teubner, A.; Krischke, W.; Hirth, T.; Tudzynski, B. (2013) **Characterization of novel mutants with an altered gibberellin spectrum in comparison to different wild-type strains of *Fusarium fujikuroi***, Applied Microbiology and Biotechnology 97 (17): 7779–7790
- Asan, E.; Steinke, M.; Lesch, K.-P. (2013) **Serotonergic innervation of the amygdala: targets, receptors, and implications for stress and anxiety**, Histochemistry and Cell Biology 139 (6): 785–813
- Aurand, B.; Elkin, B.; Heim, L.-O.; Lommel, B.; Kindler, B.; Tomut, M.; Rödel, C.; Kuschel, S.; Jäckel, O.; Barz, J.; Kuehl, T. (2013) **Preparation and characterization of nanometer-thin freestanding polymer foils for laser-ion acceleration**, Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics 51 (18): 1355–1360
- Aurand, B.; Kuschel, S.; Jäckel, O.; Rödel, C.; Zhao, H. Y.; Herzer, S.; Paz, A. E.; Bierbach, J.; Polz, J.; Elkin, B.; Paulus, G. G.; Karmakar, A.; Gibbon, P.; Kühl, T.; Kaluza, M. C. (2013) **Radiation pressure-assisted acceleration of ions using multi-component foils in high-intensity laser-matter interactions**, New Journal of Physics 15: Art. 033031, 11 Seiten
- Bailer, S. M.; Lenac Rovis, T.; Pothineni, V. R.; Ouwendijk, W. J. D.; Simic, H.; Babic, M.; Miklic, K.; Malic, S.; Verweij, M. C.; Baiker, A.; Gonzalez, O.; von Brunn, A.; Zimmer, R.; Früh, K.; Verjans, G. M.; Jonjic, S.; Haas, J. (2013) **Comprehensive analysis of varicella-zoster virus proteins using a new monoclonal antibody collection**, Journal of Virology 87 (12): 6943–6954
- Belz, S.; Ganzer, B.; Messerschmid, E.; Friedrich, K. A.; Schmid-Staiger, U. (2013) **Hybrid life support systems with integrated fuel cells and photobioreactors for a lunar base**, Aerospace Science and Technology 24 (1): 169–176
- Bergmann, P.; Ripplinger, P.; Beyer, L.; Trösch, W. (2013) **Disposable flat panel airlift photobioreactors**, Chemie Ingenieur Technik 85 (1-2): 202–205
- Borchers, K.; Bierwisch, C.; Engelhardt, S.; Graf, C.; Hoch, E.; Jaeger, R.; Kluger, P. J.; Krüger, H.; Meyer, W.; Novosel, E.; Refle, O.; Schuh, C.; Seiler, N.; Tovar, G. E. M.; Wegener, M.; Ziegler, T. (2013) **Biocompatible elastomers for 3D biomaterials by additive manufacturing**, European Cells and Materials 26, Suppl. 1: 1
- Brauchle, E.; Johannsen, H.; Nolan, S.; Thude, S.; Schenke-Layland, K. (2013) **Design and analysis of a squamous cell carcinoma in vitro model system**, Biomaterials 34 (30): 7401–7407
- Brauchle, E.; Schenke-Layland, K. (2013) **Raman spectroscopy in biomedicine – non-invasive in vitro analysis of cells and extracellular matrix components in tissues**, Biotechnology Journal 8 (3): 288–297
- Carrillo Riveros, P. A.; Troll, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2013) **Scale over and optimization of *Pseudozyma aphidis* fermentation for the production of mannosyl-erythritol lipids**, Book of Abstracts: 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives: 26–27
- Dally, S.; Hartmann, S.; Rupp, S.; Bailer, S. M. (2013) **DNA-Microarray erstellt Resistenzprofil des gram-negativen Bakteriums *Acinetobacter baumannii***, GIT Labor-Fachzeitschrift 57 (10): 641–643
- Dally, S.; Lemuth, K.; Kaase, M.; Rupp, S.; Knabbe, C.; Weile, J. (2013) **DNA microarray for genotyping antibiotic resistance determinants in *Acinetobacter baumannii* clinical isolates**, Antimicrobial Agents and Chemotherapy 57 (10): 4761–4768
- Degenkolbe, E.; König, J.; Zimmer, J.; Walther, M.; Reißner, C.; Nickel, J. (2013) **A GDF5 point mutation strikes twice – causing BDA1 and SYN52**, PLoS Genetics 9 (10): e1003846
- Diestel, U.; Resch, M.; Meinhardt, K.; Weiler, S.; Hellmann, T. V.; Müller, T. D.; Nickel, J. (2013) **Identification of a novel TGF- $\beta$ -binding site in the zona pellucida c-terminal (ZP-C) domain of TGF- $\beta$ -receptor-3 (TGFR-3)**, PLoS one 8 (6): e67214

- Groeber, F.; Kahlig, A.; Loff, S.; Walles, H.; Hansmann, J. (2013)  
**A bioreactor system for interfacial culture and physiological perfusion of vascularized tissue equivalents**, *Biotechnology Journal* 8 (3): 308–316
- Grumaz, C.; Lorenz, S.; Stevens, P.; Lindemann, E.; Schock, U.; Retey, J.; Rupp, S.; Sohn, K. (2013)  
**Species and condition specific adaptation of the transcriptional landscapes in *Candida albicans* and *Candida dubliniensis***, *BMC Genomics* 14: Art. 212
- Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2013)  
**Investigations on production conditions and genetic background of mannosylerythritol lipid synthesis in *Pseudozyma* strains**, *Book of Abstracts: 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives*: 25
- Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2013)  
**Enhanced microbial synthesis and surfactant properties of cellobiose lipids**, *Book of Abstracts: 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives*: 25
- Hagel, V.; Mateescu, M.; Southan, A.; Wegner, S. V.; Nuss, I.; Haraszti, T.; Kleinhans, C.; Schuh, C.; Spatz, J. P.; Kluger, P. J.; Bach, M.; Tussetschläger, S.; Tovar, G. E. M.; Laschat, S.; Boehm, H. (2013)  
**Desmosine-inspired cross-linkers for hyaluronan hydrogels**, *Scientific Reports* 3: Article number 2043
- Haitz, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2013)  
**Herstellung Pflanzenölbasierter Epoxide**, *GIT Labor-Fachzeitschrift* 57 (3): 179–181
- Hansmann, J.; Groeber, F.; Kahlig, A.; Kleinhans, C.; Walles, H. (2013)  
**Bioreactors in tissue engineering – principles, applications and commercial constraints**, *Biotechnology Journal* 8 (3): 298–307
- Haupt, M.; Bergrath, B.; Barz, J.; Hilgers, H.; Oehr, C.; Wemhöner, J. (2013)  
**Lager wie geschmiert – Reibungsreduzierung in Kugellagern durch nanodyn®-Plasma-beschichtungen**, *Vakuum in Forschung und Praxis* 25 (3): 38–43
- Hijosa-Valsero, M.; Molina, R.; Schikora, H.; Müller, M.; Bayona, J. M. (2013)  
**Removal of cyanide from water by means of plasma discharge technology**, *Water Research* 47 (4): 1701–1707
- Hinderer, S.; Özdemir, D.; Schenke-Layland, K. (2013)  
**Hybrid electrospun scaffolds for cardiovascular tissue engineering**, *European Cells and Materials* 26 (Suppl. 2): 12
- Hinderer, S.; Schenke-Layland, K. (2013)  
**Tracheal tissue engineering: building on a strong foundation**, *Expert Review of Medical Devices* 10 (1): 33–35
- Hirth, T. (2013)  
**Biobasierte Polymere: Nachwachsende Rohstoffe – Nachhaltige Produktion**, *GIT-LABOR.de*, 11.03.2013
- Hoch, E.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K. (2013)  
**Chemical tailoring of gelatin to adjust its chemical and physical properties for functional bioprinting**, *Journal of Materials Chemistry B* 1 (41): 5675–5685
- Hofer, M.; Strittmatter, H.; Sieber, V. (2013)  
**Biocatalytic synthesis of a diketobornane as a building block for bifunctional camphor derivatives**, *ChemCatChem* 5 (11 (Special Issue: Frontiers in Catalysis Research)): 3351–3357
- Hogk, I.; Kaufmann, M.; Finkelmeier, D.; Rupp, S.; Burger-Kentischer, A. (2013)  
**An in vitro HSV-1 reactivation model containing quiescently infected PC12 cells**, *BioResearch Open Access* 2 (4): 250–257
- Hoppensack, A.; Schanz, J.; Kazanecki, C.; Colter, D.; Walles, H. (2013)  
**An in vitro model of the renal proximal tubule composed of small intestinal submucosa (SIS) and human kidney-derived cells (hKDCs)**, *Toxicology Letters* 221 (Supplement (Abstracts of EUROTOX)): 140
- Kahlig, A.; Hansmann, J.; Groeber, F.; Schwarz, T.; Weyhmüller, J.; Illig, C.; Kleinhans, C.; Walles, H. (2013)  
**In silico approaches for the identification of optimal culture condition for tissue engineered bone substitutes**, *Current Analytical Chemistry* 9 (1): 16–28
- Kleinhans, C.; Barz, J.; Wurster, S.; Willig, M.; Oehr, C.; Müller, M.; Walles, H.; Hirth, T.; Kluger, P. J. (2013)  
**Ammonia plasma treatment of polystyrene surfaces enhances proliferation of primary human mesenchymal stem cells and human endothelial cells**, *Biotechnology Journal* 8 (3): 327–337
- Labouta, H. I.; Thude, S.; Schneider, M. (2013)  
**Setup for investigating gold nanoparticle penetration through reconstructed skin and comparison to published human skin data**, *Journal of Biomedical Optics* 18 (6): Art. 61218

- Leistner, M.; Steinke, M.; Walles, T. (2013)  
**Biomedizin in der Thoraxchirurgie: Eine Standortbestimmung**, Zentralblatt für Chirurgie 138 (3): 342–347
- Lemnitzer, F.; Raschbichler, V.; Kolodziejczak, D.; Israel, L.; Imhof, A.; Bailer, S. M.; Koszinowski, U.; Ruzsics, Z. (2013)  
**Mouse cytomegalovirus egress protein pM50 interacts with cellular endophilin-A2**, Cellular Microbiology 15 (2): 335–351
- Ludwig, D.; Amann, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2013)  
**Development and optimization of single and combined detoxification processes to improve the fermentability of lignocellulose hydrolyzates**, Bioresource Technology 133: 455–461
- Mailander-Sanchez, D.; Wagener, J.; Braunsdorf, C.; Grumaz, C.; Lorenz, S.; Sohn, K.; Schaller, M. (2013)  
**Metatranscriptome analysis reveals new insights in probiotic/host/*Candida* interaction in oral Candidiasis**, Mycoses 56 (Supplement 2): 26
- Mailander-Sanchez, D.; Wagener, J.; Braunsdorf, C.; Grumaz, C.; Lorenz, S.; Sohn, K.; Wehkamp, J.; Schaller, M. (2013)  
**Characterization of the protective and immunoregulatory activity of probiotic lactobacilli in mucosal Candidiasis**, Mycoses 56 (Supplement 2): 9
- Mayer, L. S. L.; Hartmann, S. C.; Cavalari, M.; Weile, J.; Rothacher, P.; Boven, K.-H.; Lemuth, K.; Bailer, S. M.; Rupp, S. (2013)  
**Identification of human pathogenic fungi via DNA-microarray analysis for clinical applications**, Mycoses 56 (Supplement 2): 10
- Moll, C.; Reboredo, J.; Schwarz, T.; Appelt, A.; Schürlein, S.; Walles, H.; Nietzer, S. (2013)  
**Tissue engineering of a human 3D in vitro tumor test system**, Journal of Visualized Experiments (JoVE) (78): 50460
- Moß, K. S.; Hartmann, S. C.; Müller, I.; Fritz, C.; Kruegener, S.; Zibek, S.; Hirth, T.; Rupp, S. (2013)  
***Amantichitium ursilacus* gen. nov., sp. nov., a chitin-degrading bacterium isolated from soil**, International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 63 (Pt.1): 98–103
- Münkel, R.; Schmid-Staiger, U.; Werner, A.; Hirth, T. (2013)  
**Optimization of outdoor cultivation in flat panel airlift reactors for lipid production by *Chlorella vulgaris***, Biotechnology & Bioengineering 110 (11): 2882–2893
- Niedergall, K.; Bach, M.; Schiestel, T.; Tovar, G. E. M. (2013)  
**Nanostructured composite adsorber membranes for the reduction of trace substances in water: The example of bisphenol A**, Industrial & Engineering Chemistry Research 52 (39): 14011–14018
- Palige, K.; Linde, J.; Martin, R.; Böttcher, B.; Citiulo, F.; Sullivan, D. J.; Weber, J.; Staib, C.; Rupp, S.; Hube, B.; Morschhäuser, J.; Staib, P. (2013)  
**Global transcriptome sequencing identifies chlamydo-spore specific markers in *Candida albicans* and *Candida dubliniensis***, PLoS one 8 (4): e61940
- Palzer, S.; Bantel, Y.; Kazenwadel, F.; Berg, M.; Rupp, S.; Sohn, K. (2013)  
**An expanded genetic code in *Candida albicans* to study protein-protein interactions in vivo**, Eukaryotic Cell 12 (6): 816–827
- Panlawan, P.; Luangthongkam, P.; Wiemann, L. O.; Sieber, V.; Marie, E.; Durand, A.; Inprakhon, P. (2013)  
**Lipase-catalyzed interfacial polymerization of  $\omega$ -pentadecalactone in aqueous biphasic medium: A mechanistic study**, Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 88: 69–76
- Pudlas, M.; Brauchle, E.; Klein, T. J.; Huttmacher, D. W.; Schenke-Layland, K. (2013)  
**Non-invasive identification of proteoglycans and chondrocyte differentiation state by Raman microspectroscopy**, Journal of Biophotonics 6 (2): 205–211
- Reiter, J.; Strittmatter, H.; Wiemann, L. O.; Schieder, D.; Sieber, V. (2013)  
**Enzymatic cleavage of lignin beta-O-4 aryl ether bonds via net internal hydrogen transfer**, Green Chemistry 15 (5): 1373–1381
- Riepe, B.; Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2013)  
**Enhanced downstream processing of the biosurfactants mannosylerythritol lipid and cellobiose lipid**, Book of Abstracts: 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives: 25
- Röhm, M.; Lindemann, E.; Hiller, E.; Ermert, D.; Lemuth, K.; Trkulja, D.; Sogukpinar, Ö.; Brunner, H.; Rupp, S.; Urban, C. F.; Sohn, K. (2013)  
**A family of secreted pathogenesis-related proteins in *Candida albicans***, Molecular Microbiology 87 (1): 132–151
- Rupp, S. (2013)  
**Next-generation bioproduction systems: Cell-free conversion concepts for industrial biotechnology**, Engineering in Life Sciences 13 (1): 19–25

- Rupp, S. (2013) **New bioproduction systems: from molecular circuits to novel reactor concepts in cell-free biotechnology**, *Advances in Biochemical Engineering Biotechnology* 137: 103–123
- Scheller, K.; Dally, I.; Hartmann, N.; Münst, B.; Braspenning, J.; Walles, H. (2013) **Upcyte® microvascular endothelial cells repopulate decellularized scaffold**, *Tissue Engineering Part C: Methods* 19 (1): 57–67
- Schenke-Layland, K.; Walles, H. (2013) **Editorial: Strategies in tissue engineering and regenerative medicine**, *Biotechnology Journal* 8 (3): 278–279
- Schimek, K.; Busek, M.; Brincker, S.; Groth, B.; Hoffmann, S.; Lauster, R.; Lindner, G.; Lorenz, A.; Menzel, U.; Sonntag, F.; Walles, H.; Marx, U.; Horland, R. (2013) **Integrating biological vasculature into a multi-organ-chip microsystem**, *LAB on a Chip* 13 (18): 3588–3598
- Sdek, P.; Oyama, K.; Angelis, E.; Chan, S. S.; Schenke-Layland, K.; MacLellan, W. R. (2013) **Epigenetic regulation of myogenic gene expression by heterochromatin protein 1 alpha**, *PLoS one* 8 (3): e58319
- Southan, A.; Mateescu, M.; Hagel, V.; Bach, M.; Schuh, C.; Kleinhans, C.; Kluger, P. J.; Tussetschläger, S.; Nuss, I.; Haraszti, T.; Wegner, S. V.; Spatz, J. P.; Boehm, H.; Laschat, S.; Tovar, G. E. M. (2013) **Toward controlling the formation, degradation behavior, and properties of hydrogels synthesized by aza-Michael reactions**, *Macromolecular Chemistry and Physics* 214 (16): 1865–1873
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Weber, A. (2013) **Surface etching of methacrylic microparticles via basic hydrolysis and introduction of functional groups for click chemistry**, *Journal of Colloid and Interface Science* 397: 185–191
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Storsberg, J.; Tovar, G. E. M.; Hirth, T.; Weber, A. (2013) **Generation and surface functionalization of electro photographic toner particles for biomaterial applications**, *MRS Proceedings* 1569 (Symposium QQ – Advanced Materials for Biological and Biomedical Applications)
- Staiger, N.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2013) **Lignin als nachwachsende Rohstoffquelle – Enzymatischer Abbau von Lignin zur Gewinnung aromatischer Synthesebausteine**, *GIT Labor-Fachzeitschrift* 57 (6): 36–367
- Steffler, F.; Guterl, J.-K.; Sieber, V. (2013) **Improvement of thermostable aldehyde dehydrogenase by directed evolution for application in synthetic cascade biomanufacturing**, *Enzyme and Microbial Technology* 53 (5): 307–314
- Steinke, M.; Gross, R.; Bauer, S.; Walles, T.; Walles, H. (2013) **A human airway mucosa tissue model to investigate whooping cough**, *European Respiratory Journal* 42 (Supplement 57): 374s
- Storsberg, J.; Schmidt, C.; Fuchsluger, T. A.; Weber, A.; Sel, S. (2013) **Biomaterials for ophthalmic implants – all for one and one for all?**, *Acta Ophthalmologica* 91 (Supplement s252)
- Thude, S.; Johannsen, H. (2013) **In vitro Modell für das humane Plattenepithelkarzinom**, *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft (JDDG)* 11 (9): 914
- Vörsmann, H.; Groeber, F.; Walles, H.; Busch, S.; Beissert, S.; Walczak, H.; Kulms, D. (2013) **Development of a human three-dimensional organotypic skin-melanoma spheroid model for in vitro drug testing**, *Cell Death & Disease* 4: e719, 11 Seiten
- Votteler, M.; Berrio, D. A.; Horke, A.; Sabatier, L.; Reinhardt, D. P.; Nsair, A.; Aikawa, E.; Schenke-Layland, K. (2013) **Elastogenesis at the onset of human cardiac valve development**, *Development* 140 (11): 2345–2353
- Votteler, M.; Layland, S. L.; Lill, G.; Brockbank, K. G. M.; Horke, A.; Schenke-Layland, K. (2013) **RNA isolation from fetal and adult human tissues for transcriptional profiling**, *Biotechnology Journal* 8 (3): 338–344
- Weishaupt, S. U.; Rupp, S.; Lemuth, K. (2013) **Simultaneous detection of different microRNA types using the ZIP-code array system**, *Journal of Nucleic Acids* 2013: Article ID 496425 (13 Seiten)

Vorträge

Bilbao, J.; Egner, S.; Hirth, T.  
**Recovery of nutrients for fertilizer production,** Copa-Cogeca – WssTP Workshop »Innovative agricultural water management«, 20. März 2013, Brüssel, Belgien

Bilbao, J.; Frank, D.; Egner, S.; Trösch, W.; Hirth, T.  
**Elektrochemische Phosphorrückgewinnung aus flüssigen Gärprodukten (Struvit-Fällung),** Biogas Jahrestagung 2013, 29.–31. Januar 2013, Leipzig

Blicker, M.  
**Überblick Wärmespeicher – Technologien, Stand der Technik und neue Entwicklungen,** 1. Energiespeichertagung Umwelt-Campus Birkenfeld, 27.–28. Februar 2013, Birkenfeld

Blicker, M.  
**Wärmespeicherung in kleinen Kugeln,** Trierer Fachtagung Vossloh, 22.–24. Oktober 2013, Trier

Borchers, K.  
**Biocompatible elastomers for 3D biomaterials by additive manufacturing,** [Meet the expert] Implants, 22.–23. April 2013, Interlaken, Schweiz

Borchers, K.  
**Gedruckte Ersatzteile für den Menschen,** Veranstaltung »3D-Druck – Motor für die nächste industrielle Revolution!« der Oberösterreichischen Zukunftsakademie, 24. Juni 2013, Linz, Österreich

Borchers, K.  
**Bioink development for additive manufacturing of artificial soft tissue,** 29<sup>th</sup> International Conference on Digital Printing Technologies (NIP 29), 29. September – 3. Oktober 2013, Seattle, WA, USA

Brauchle, E.  
**Raman spectroscopy on the cardiovascular commitment and cardiac phenotypes of mouse embryonic stem cells differentiated towards the cardiovascular fate,** TERMIS-Americas 2013, 10.–13. November 2013, Atlanta, GA, USA

Bryniok, D.  
**Innovations for a sustainable and energy efficient water and wastewater management,** COST and WssTP Joint Strategic: Conference Water in the Urban Environment – Bringing Research to the Market, 16.–18. April 2013, Brüssel, Belgien

Bryniok, D.  
**Elimination of micro-pollutants from hospital wastewater,** WATEC Israel 2013, 22.–24. Oktober 2013, Tel Aviv, Israel

Bryniok, D.  
**Beispiele von Kaskadennutzung in der Bioökonomie,** 7. Kolloquium »Sustainable BioEconomy«, 9. Dezember 2013, Karlsruhe

Chaumette, C.  
**NAWADES: Research towards new filter technology for long-life and antifouling filters to be used in reverse osmosis,** Advances in Science and Engineering for Brackish Water and Seawater Desalination II, 29. September – 3. Oktober 2013, Cetraro (CS), Italien

Frank, D.; Bilbao, J.; Egner, S.; Hirth, T.  
**Combined recovery of phosphorous and potassium as K-struvite from manure and digestate,** ManuREsource 2013: International conference on manure management and valorization, 5.–6. Dezember 2013, Brügge, Belgien

Gruber-Traub, C.; Müller, M.; Weber, A.; Hirth, T.  
**Particle-based formulations for wound healing patches,** FORMULA VII: How Does Your Formulation Work?, 1.–4. Juli 2013, Mulhouse, Frankreich

Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Hirth, T.  
**Separation of minor components from oilseeds by specific polymeric adsorbents,** 4<sup>th</sup> Leipzig Symposium: Rapeseed – Tremendous Potential for added Value Generation?, 20.–21. März 2013, Leipzig

Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Investigations on production conditions and genetic background of mannosylerythritol lipid synthesis in *Pseudozyma* strains,** 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives, 16.–17. Mai 2013, Frankfurt am Main

Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Enhanced microbial synthesis and surfactant properties of cellobiose lipids,** 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives, 16.–17. Mai 2013, Frankfurt am Main

Haupt, M.  
**Anti-Eis-Beschichtungen auf Kunststofffolien für die Luftfahrt mittels Plasmaprozeduren,** 16. Fachtagung für Plasmatechnologie, 18.–20. Februar 2013, Greifswald

Hinderer, S.  
**Upregulation of (tropo-) elastin expression in a 3D dynamic bioreactor,** Gordon Research Seminar: Elastin, elastic fibers and microfibrils, 20.–21. Juli 2013, Biddeford, ME, USA

Hinderer, S.  
**Upregulation of (tropo-) elastin expression in a 3D dynamic bioreactor,** Gordon Research Conference: Elastin, elastic fibers and microfibrils, 21.–26. Juli 2013, Biddeford, ME, USA

- Hinderer, S.  
**In vitro elastogenesis using 3D scaffolds and a bioreactor system**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien (DGBM), 26.–28. September 2013, Erlangen
- Hinderer, S.; Özdemir, D.; Schenke-Layland, K.  
**Hybrid electrospun scaffolds for cardiovascular tissue engineering**, 6<sup>th</sup> Annual SCSB Meeting: »Materials for Tissue Engineering«, 13.–15. März 2013, Hafjell, Norwegen
- Hirth, T.  
**Nachhaltigkeit als strategisches Element einer Forschungseinrichtung – Forschung für die Nachhaltigkeit und nachhaltige Forschung bei Fraunhofer**, Workshop »Nachhaltigkeit – Problemanalysen, Lösungsansätze, Perspektiven« vom IZKT der Universität Stuttgart, 10.–13. Januar 2013, Stuttgart
- Hirth, T.  
**Nachhaltige Chemie – Mit nachwachsenden Rohstoffen den Wandel gestalten**, Vortrag auf der Experimenta – Science Center der Region Heilbronn-Franken, 5. Februar 2013, Heilbronn
- Hirth, T.  
**The contribution of aquaculture to bioeconomy**, Aquaculture Forum Bremerhaven: Workshop III – Fischernahrung und die Aquakulturtechnologien am Scheideweg, 18.–19. Februar 2013, Bremerhaven
- Hirth, T.  
**Ressource efficiency – New raw materials, processes and products**, 3<sup>rd</sup> EGNATON Conference, 18.–20. Februar 2013, Heidelberg
- Hirth, T.  
**Mit Bioökonomie die Zukunft gestalten**, Workshop »Zukunftsorientierte Verwertung von pflanzlichen Agrarrohstoffen«, 21. Februar 2013, Schleswig
- Hirth, T.  
**Aktivitäten zum Thema Ressourceneffizienz der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC)**, VDI-Expertengespräch »Das Thema Ressourceneffizienz im VDI«, 22. Februar 2013, Stuttgart
- Hirth, T.  
**Bioökonomie und Biopolymere**, Innovationsforum »Biopolymere und biobasierte Kunststoffe – nachhaltige Materialien der Zukunft«, 28. Februar – 1. März 2013, Schwarzeheide
- Hirth, T.  
**The Leuna Biorefinery Project – Integration of biotechnological and chemical processes**, 6<sup>th</sup> International Conference on Industrial Biotechnology and Biobased Plastics & Composites, 10.–12. April 2013, Köln
- Hirth, T.  
**Mit Bioökonomie die Zukunft gestalten – Rohstoffe, Prozesse und Produkte**, Deutsche Biotechnologietage 2013, 14.–15. Mai 2013, Stuttgart
- Hirth, T.  
**Die Bedeutung von Bio-raffinerie-Konzepten aus der Sicht der angewandten Forschung**, 52. Tutzing-Symposium – Ein Jahr Bioraffinerie-Roadmap: Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich?, 9.–12. Juni 2013, Tutzing
- Hirth, T.  
**Mit Bioökonomie die Zukunft gestalten – Stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse**, Jahrestreffen der Fachgemeinschaft SuPER: Integrierte stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse, 5.–6. November 2013, Frankfurt am Main
- Hirth, T.  
**The leuna biorefinery project and cluster of excellence bioeconomy**, Plant Based Summit 2013 – The European conference and exhibition for biobased solutions, 19.–21. November 2013, Paris, Frankreich
- Hirth, T.  
**Shaping the future with bioeconomy – raw materials, processes and products**, GeCatS Infoday – Selective catalytic transformation of biogenic feedstocks, 22. November 2013, Frankfurt am Main
- Hirth, T.; Kindervater, R.; Ziegler, L.; Greb, R.  
**Die Rolle der Bioökonomie für das Baden-Württemberg von Morgen**, Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress Baden-Württemberg, 12.–13. November 2013, Stuttgart
- Hirth, T.; Wolperdinger, M.  
**Von lignocellulosebasierten Rohstoffen zu chemischen Produkten – Auf dem Weg zur Lignocellulose-Bioraffinerie**, 8. Internationaler Kongress »Forum Life Science 2013«, 13.–14. März 2013, Garching
- Hoch, E.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K.  
**Photopolymerizable and nongelling gelatin for the preparation of cartilage substitutes by inkjet printing**, Euro BioMat – European Symposium on Biomaterials and Related Areas, 23.–24. April 2013, Weimar
- Hoch, E.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K.  
**Chemically modified gelatin- and chondroitin sulphate derivatives for 3D chondrocyte cultivation and inkjet-printing**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien (DGBM), 26.–28. September 2013, Erlangen

- Hoppensack, A.  
**An in vitro model of the renal proximal tubule composed of small intestinal submucosa (SIS) and human kidney-derived cells (hKDCs)**, 49<sup>th</sup> Congress of the European Societies of Toxicology (EUROTOX), 1.–4. September 2013, Interlaken, Schweiz
- Kahlig, A.; Schwarz, T.; Kleinhans, C.; Groeber, F.; Walles, H.; Hansmann, J.  
**Advanced bioreactor technologies to provide optimal culture conditions in vitro**, TERMIS-EU 2013, 17.–20. Juni 2013, Istanbul, Türkei
- Keller, P. D.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Bracher, F.; Rupp, S.  
**Novel sterols in *Candida krusei* identified by a novel antifungal compound**, DGHM Fachgruppenworkshop Eukaryontische Krankheitserreger, 1.–2. Februar 2013, Medizinische Hochschule Hannover
- Keller, P. D.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Bracher, F.; Rupp, S.  
**Novel sterols in *Candida krusei* identified by a novel antifungal compound**, 5<sup>th</sup> FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 25.–31. Mai 2013, La Colle sur Loup, Nizza, Frankreich
- Kleinhans, C.; Sattler, I.; Schmohl, L.; Barz, J.; Schiestel, T.; Tovar, G. E. M.; Walles, H.; Kluger, P. J.  
**Adipose derived stem cells cultured on porous, aminofunctionalized poly-lactidecomposite scaffolds**, Euro BioMat – European Symposium on Biomaterials and Related Areas, 23.–24. April 2013, Weimar
- Layland, S. L.  
**IT tools for PI's and students**, Anatomical Society Summer Meeting, 4.–5. Juli 2013, Dublin, Irland
- Layland, S. L.  
**IT tools for PI's and students**, Bone-tec 2013: International Bone-Tissue-Engineering Congress, 16.–19. Dezember 2013, Singapur
- Leschinsky, M.; Unkelbach, G.; Michels, J.; Hirth, T.  
**Aufschluss und Fraktionierung lignocellulosehaltiger Rohstoffe im Pilotmaßstab am Fraunhofer CBP in Leuna**, 52. Tutzing-Symposium – Ein Jahr Bioraffinerie-Roadmap: Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich?, 9.–12. Juni 2013, Tutzing
- Mailander-Sanchez, D.; Wagener, J.; Braunsdorf, C.; Grumaz, C.; Lorenz, S.; Sohn, K.; Wehkamp, J.; Schaller, M.  
**Characterization of the protective and immunoregulatory activity of probiotic lactobacilli in mucosal Candidiasis**, 47. Wissenschaftliche Tagung der Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e. V. (DMyKG), 5.–7. September 2013, Tübingen
- Mayer, L. S. L.; Hartmann, S.; Cavalari, M.; Weile, J.; Rothacher, P.; Boven, K.-H.; Lemuth, K.; Bailer, S. M.; Rupp, S.  
**Identification of human pathogenic moulds and yeasts via lab-on-a-chip system**, DGHM Fachgruppenworkshop Eukaryontische Krankheitserreger, 1.–2. Februar 2013, Medizinische Hochschule Hannover
- Mayer, L. S. L.; Hartmann, S. C.; Cavalari, M.; Weile, J.; Rothacher, P.; Boven, K.-H.; Lemuth, K.; Bailer, S. M.; Rupp, S.  
**Identification of human pathogenic fungi via DNA-microarray analysis for clinical applications**, 47. Wissenschaftliche Tagung der Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e. V. (DMyKG), 5.–7. September 2013, Tübingen
- Mohr, M.  
**DEUS 21: Wasser im Kreislauf**, CSC Jahrestagung 2013: Klimawandel – Wandelklima: Krisen als Chancen nutzen, 17.–18. Januar 2013, Frankfurt
- Mohr, M.  
**Konzepte für das Wassermanagement der Stadt der Zukunft**, Metropolitan Solutions Forum, Hannover Messe, 8.–12. April 2013, Hannover
- Mohr, M.  
**Innovationen für die Wasserinfrastruktur**, Mittagstreffen des Rotary Club Mühlacker-Enzkreis, 8. Mai 2013, Ötisheim
- Mohr, M.  
**Innovative urban water management in sustainable cities of tomorrow**, Delegationsreise Dänischer Unternehmensvertreter nach Stuttgart, 10. Oktober 2013, Sindelfingen
- Mohr, M.; Iden, J.; Renz, P.; Schließmann, U.; Stroh, S.; Ante, A.; Gebicke, W.  
**Entwicklung eines anaeroben Membranbioreaktors zur Behandlung von Industrieabwasser**, IndustrieTage Wassertechnik, 13.–14. November 2013, Fulda
- Moll, C.; Wollborn, J.; Schick, M.; Walles, H.; Metzger, M.  
**Analysis of enteric glial cells in an LPS-induced in vivo sepsis model of the rat**, 20. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilität (DGNM), 22.–24. März 2013, Freising
- Münkel, R.  
**Energetische Nutzung von Mikroalgen**, VDI-Arbeitskreis Frauen im Ingenieurberuf, 5. Februar 2013, Stuttgart

- Münkel, R.  
**New automation strategy for a two-stage lipid production from microalgae tested in an outdoor pilot plant**, Working Group 1 Meeting von aireg (Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e. V.), 31. Oktober 2013, Bremen
- Münkel, R.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.  
**New automation strategy for two-stage lipid production tested in an outdoor pilot plant**, World Biotechnology Congress 2013, 3.–6. Juni 2013, Boston, MA, USA
- Niedergall, K.; Kopp, D.; Bach, M.; Schiestel, T.  
**Nanoparticle-loaded membranes for membrane adsorber applications**, 8<sup>th</sup> International Membrane Science & Technology Conference (IMSTEC2013), 25.–29. November 2013, Melbourne, Australien
- Oehr, C.  
**Oberflächenmodifizierung und Sterilisation polymerbasierter Medizinprodukte**, Fraunhofer-Kooperationstag mit Mecklenburg-Vorpommern, 21. März 2013, Rostock
- Oehr, C.  
**Funktionalisierte Kunststoffe in der Medizintechnik**, Mitteldeutscher Kunststofftag, 27. Juni 2013, Erfurt
- Oehr, C.  
**Aspekte der Bewertung von Thermoreflex-Anstrichen**, Verbandsgründung Thermoreflexive Schichten, 5. September 2013, Düsseldorf
- Purschke, F. G.; Hiller, E.; Trick, I.; Rupp, S.  
**Flexible survival strategies of *Pseudomonas aeruginosa* in biofilms result in increased fitness compared to *Candida albicans***, DGHM Fachgruppenworkshop Eukaryontische Krankheitserreger, 1.–2. Februar 2013, Medizinische Hochschule Hannover
- Reboredo, J.; Murawicki, S.; Steinert, A.; Rackwitz, L.; Nöth, U.; Rudert, M.; Walles, H.  
**Neues Biomaterial für die Geweberegeneration: Trägerstruktur aus Kollagen I/II regt Stammzellen zur chondrogenen Differenzierung an**, Thementage Grenz- und Oberflächentechnik (ThGOT)/Thüringer Biomaterialkolloquium 2013, 3.–5. September 2013, Zeulenroda, Thüringen
- Rossi, A.; Heffels, K.-H., Groll, J.; Walles, H.  
**Functionalized electrospun nanofibers for the development of basement membranes**, World Conference on Regenerative Medicine, 21.–23. Oktober 2013, Leipzig
- Rupp, S.  
**Enzymatisch-chemokatalytische Oxidationskaskaden in der Gasphase**, Frühjahrstagung der Biotechnologen 2013, 4.–5. März 2013, Frankfurt am Main
- Rupp, S.  
**Enzymherstellung im Pilotmaßstab**, 709. DECHEMA-Kolloquium: Effiziente Herstellung industrieller Enzyme, 21. März 2013, Frankfurt am Main
- Rupp, S.  
**New ways, new compounds – how biotechnology shapes future process and product characteristics**, Marktplatz-Forum Industrielle Biotechnologie, Biotechnica, 8. Oktober 2013, Hannover
- Rupp, S.  
**A screening assay based on host-pathogen interaction models identifies a set of novel antifungal benzimidazole derivatis and their target**, 3. Internationales Symposium des Sonderforschungsbereich 630: Novel Agents against Infectious Diseases – An interdisciplinary approach, 20.–22. November 2013, Würzburg
- Rupp, S.  
**Neue Produktionssysteme: Zellfreie Biosynthese und Enzymkaskaden**, Tag der Industriellen Biotechnologie, 22. November 2013, Stuttgart
- Schenke-Layland, K.  
**Enabling technologies in tissue engineering**, Vortrag am Centre Ingénierie et Santé, 18. März 2013, Saint-Étienne, Frankreich
- Schenke-Layland, K.  
**Strategies in tissue engineering and regenerative medicine**, Vortrag am Nano Institute of Utah, 12. April 2013, Salt Lake City, UT, USA
- Schenke-Layland, K.  
**Impact of extracellular matrix in cardiovascular development and disease**, Regenerative Medicine Symposium – Dutch Heart Foundation Lecture, 7. Mai 2013, Eindhoven, Niederlande
- Schenke-Layland, K.  
**Biochemical fingerprinting cartilage-non-invasive Raman spectroscopic analysis of proteoglycans and chondrocyte differentiation state**, TERMIS-EU 2013, 17.–20. Juni 2013, Istanbul, Türkei
- Schenke-Layland, K.  
**Impact of extracellular matrix on biomedical research**, Annual Retreat Network of Excellence for Functional Biomaterials (NFB), 2. Juli 2013, Castlebar, Irland
- Schenke-Layland, K.  
**Role of extracellular matrix in human cardiovascular development**, Anatomical Society Summer Meeting, 4.–5. Juli 2013, Dublin, Irland

- Schenke-Layland, K.  
**Biomaterials in tissue engineering**, The 6<sup>th</sup> International Summer school (ISS 2013) – Part B: From 2D biology to engineered 3D medical solutions, 23.–31. August 2013, Vipava, Slowenien
- Schenke-Layland, K.  
**Novel optical technologies in tissue engineering**, The 6<sup>th</sup> International Summer school (ISS 2013) – Part B: From 2D biology to engineered 3D medical solutions, 23.–31. August 2013, Vipava, Slowenien
- Schenke-Layland, K.  
**Innovations in Tissue Engineering**, UCLA CVRL Monday Meeting, 23. September 2013, Los Angeles, CA, USA
- Schenke-Layland, K.  
**Multiphoton imaging as non-invasive screening tool**, Zeiss Workshop am Universitätsklinikum Tübingen, 9. Oktober 2013, Tübingen
- Schenke-Layland, K.  
**Stammzellen in der Regenerativen Medizin – Ein Überblick**, BG-Forschungskolloquium, 10. Oktober 2013, Tübingen
- Schenke-Layland, K.  
**Laser-based optical technologies for cell and tissue monitoring**, Symposium, Integrated Interdisciplinary Institute of Technology for Medicine – I<sup>3</sup>TM, RWTH Aachen, 11. Oktober 2013, Aachen
- Schenke-Layland, K.  
**Extracellular matrix and its impact on cell fate**, Vascular Biology 2013: Vascular Matrix Biology and Bioengineering Workshop IV, 20.–24. Oktober 2013, Cape Cod, MA, USA
- Schenke-Layland, K.  
**Biochemical fingerprinting cartilage – non-invasive Raman spectroscopic analysis of proteoglycans and chondrocyte differentiation state**, Bone-tec 2013: International Bone-Tissue-Engineering Congress, 16.–19. Dezember 2013, Singapur
- Schließmann, U.  
**Energetische Nutzung von Mikroalgen: Status Quo und Entwicklungspotentiale**, DLR EnergieSpeicherSymposium 2013, 13. März 2013, Stuttgart
- Schließmann, U.  
**Biotechnology opens up to energy markets**, OPEC R&D Forum, Technology Challenges, Opportunities and Collaboration, 7.–8. Mai 2013, Wien, Österreich
- Schließmann, U.  
**Decentralized urban infrastructure system for water provision and sewerage**, Internationale Konferenz »Integrated Resource Management in Asian cities: the urban Nexus«, 24.–26. Juni 2013, Bangkok, Thailand
- Schließmann, U.  
**Verwertung von Bioabfällen – Verfahren zur industriellen Nutzung und ihre regionale Bedeutung**, Jahrestreffen der Fachgemeinschaft SuPER: Integrierte stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse, 5.–6. November 2013, Frankfurt am Main
- Schmid-Staiger, U.  
**Energetische Nutzung von Algenbiomasse: Status Quo und Entwicklungspotentiale**, 10. Internationaler BBE/UFOP-Fachkongress »Kraftstoffe der Zukunft 2013«, 21.–22. Januar 2013, Berlin
- Schmid-Staiger, U.  
**Integration der CO<sub>2</sub>-Fixierung durch Mikroalgen in Prozessketten**, Stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> – neue Lösungsansätze, 4. Juni 2013, Berlin
- Schmid-Staiger, U.  
**Algenöl-Bioraffinerie – Status quo und Entwicklungspotentiale**, 52. Tutzing-Symposium – Ein Jahr Bioraffinerie-Roadmap: Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich?, 9.–12. Juni 2013, Tutzing
- Schmid-Staiger, U.  
**Development of a production process for filamentous cyanobacteria with bioactivity against cabbage root fly**, 6<sup>th</sup> Symposium on Microalgae and seaweed products in plant/soil systems, 24.–25. Juni 2013, Mosonmagyaróvár, Ungarn
- Schumacher, J.; Stroh, S.; Ante, A.; Gebicke, W.; Mohr, M.; Schließmann, U.  
**Neue Konzepte zum Wassermanagement im Lackierbetrieb von PKW-Karosserien**, IndustrieTage Wassertechnik, 13.–14. November 2013, Fulda
- Schürlein, S.; Leistner, M.; Walles, H.  
**Enginnering of cardiac tissue using CDCs**, Retreat des Deutschen Zentrums für Herzinsuffizienz 2013, 6.–7. Dezember 2013, Schloß Pommersfelden
- Schweinlin, M.; Wilhelm, S.; Lotz, C.; Walles, H.; Metzger, M.  
**Development of more predictive intestinal in vitro models**, 20. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilität (DGNM), 22.–24. März 2013, Freising
- Sieber, V.  
**Biokatalytische Konversion von Biomasse zur Chemikalienproduktion – von der Fermentation zum Synthetic Cascade Biomanufacturing**, BioÖkonomie-Tage, 17.–18. Oktober 2013, Frankfurt am Main
- Sieber, V.  
**Weißer Biotechnologie – Produktion von Vitaminen, Aromen und Chemikalienprodukten**, 5. Fachtagung Gentechnik, 26. November 2013, Oberschleißheim

- Sohn, K.; Grumaz, C.; Lorenz, S.; Hoffmann, H.; Rupp, S. **Conserved host response of vulvo-vaginal reconstituted human epithelium (vRHE) during *Candida* infections in vitro**, 5<sup>th</sup> FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens : Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 25.–31. Mai 2013, La Colle sur Loup, Nizza, Frankreich
- Southan, A.; Weber, A.; Müller, M.; Schuh, C.; Tovar, G. E. M. **Poly(ethylene glycol) with benzophenone side-chains: A photoreactive and thermoresponsive material**, MRS Spring Meeting 2013, 1.–5. April 2013, San Francisco, CA, USA
- Speyerer, C.; Borchers, K.; Storsberg, J.; Tovar, G. E. M.; Hirth, T.; Weber, A. **Generation and surface functionalization of electro photographic toner particles for biomaterial applications**, MRS Spring Meeting 2013, 1.–5. April 2013, San Francisco, CA, USA
- Storsberg, J.; Schmidt, C.; Weber, A.; Fuchsluger, T. A.; Sel, S. **Nanotechnology in implants and drug delivery systems**, 111. DOG-Konferenz: Excellent Vision – Vision of Excellence, 19.–22. September 2013, Berlin
- Touati, K.; Schiestel, T. **Evaluation of the potential of osmotic energy as renewable energy source in realistic conditions**, Mediterranean Green Energy Forum 2013 (MGEF-13), 16.–20. Juni 2013, Fes, Marokko
- Touati, K.; Schiestel, T.; Tadeo, F.; Torrijos, D. **Pressure retarded osmosis to improve energy recovery in multi-stage seawater reverse osmosis plants**, IDA World Congress 2013 on Desalination and Water Reuse, 20.–25. Oktober 2013, Tianjin, China
- Tovar, G. E. M. **Biomaterialien nach dem Vorbild der Natur für das Tissue Engineering zur Geweberekonstruktion**, DGM Fortbildung »Biomaterialien – Werkstoffe in der Medizintechnik«, 22.–24. Oktober 2013, Jena
- Tovar, G. E. M. **Polymere Biomaterialien nach Maß – Neue Ferti-gungsmethoden und Anwendungen**, 27. Internationales H.F. Mark-Symposium »Funktionalisierte Kunststoffe«, 7. November 2013, Wien, Österreich
- Tovar, G. E. M.; Bierwisch, C.; Borchers, K.; Engelhardt, S.; Hoch, E.; Jaeger, R.; Kluger, P. J.; Krüger, H.; Meyer, W.; Refle, O.; Seile, N.; Southan, A.; Wegener, M. **Polymer-based biomaterials in 3D-structures for regenerative medicine**, 5<sup>th</sup> World Materials Research Institute Forum (WMRIF) General Assembly, 12.–15. Mai 2013, Zürich, Schweiz
- Tovar, G. E. M.; Haas, K.-H. **Strategieprozess der Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie**, Jahrestreffen der Initiative Nano in Germany, 12. Dezember 2013, Berlin
- Tovar, G. E. M.; Hoch, E.; Southan, A.; Borchers, K.; Bach, M.; Hirth, T. **Biofabrication of nano-structured biomaterials based on tailor-made hydrogels**, NanoBioEurope 2013, 10.–12. Juni 2013, Toulouse, Frankreich
- Tovar, G. E. M.; Hoch, E.; Southan, A.; Borchers, K.; Schönhaar, V. **Tailoring hydrogels for biofabrication of biomaterials**, ArtiVasc 3D Summer School, Aalto University, 26.–28. Juni 2013, Helsinki, Finnland
- Trick, I. **Toxische Stoffe im Wasser – ist eine Echtzeitmessung möglich?**, Frühjahrstagung der Biotechnologen 2013, 4.–5. März 2013, Frankfurt am Main
- Trick, I.; Maucher, T.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Oehr, C. **Plasma – eine Option zur Bekämpfung von Biofilmen?**, 16. Fachtagung für Plasmatechnologie, 18.–20. Februar 2013, Greifswald
- Unkelbach, G.; Patzsch, K.; Leschinsky, M.; Zibek, S. **Scale-up of lignocellulosic fragmentation and the fermentations in Bio-ConSepT**, 2<sup>nd</sup> International GreenPolymerChemistry 2013: International conference on manufacturing conventional plastics from sustainable sources, 19.–21. März 2013, Köln
- Vohrer, U. **Analytik I – Prozess und Schadensanalytik, Oberflächenanalytische Methoden zur Sauberheitskontrolle**, 4. Grundlagenseminar Reinigungstechnik – Reinigung in der Produktion, 24.–26. April 2013, Dresden
- Vohrer, U. **Vorstellung des Fraunhofer-Projektes »Plasmatechnologie – eine innovative Technologie zur Konservierung und Restaurierung von Kulturgütern«**, Symposium: 5 Jahre Forschungsallianz Kulturerbe – Eine Zwischenbilanz, 4. Juni 2013, Berlin
- Vohrer, U. **Plasmafeinreinigung und -aktivierung**, 4. OTTI Fachtagung: Reinigen und Vorbehandeln in der Oberflächentechnik, 19.–20. Juni 2013, Neu-Ulm

- Vohrer, U.  
**Wie sauber ist sauber? – eine Einführung**, 4. OTTI Fachtagung: Reinigen und Vorbehandeln in der Oberflächentechnik, 19.–20. Juni 2013, Neu-Ulm
- Vohrer, U.  
**Schadensanalytik**, 4. OTTI Fachtagung: Reinigen und Vorbehandeln in der Oberflächentechnik, 19.–20. Juni 2013, Neu-Ulm
- Vohrer, U.  
**Röntgenphotoelektronenspektroskopie (ESCA/XPS) – Arbeits- und Rennpferd in der Polymeranalytik**, 11. Würzburger Tage der instrumentellen Analytik in der Polymertechnik, 4.–5. Dezember 2013, Würzburg
- Votteler, M.  
**Elastogenesis occurs in human semilunar valves during early development**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Matrixbiologie, 7.–9. März 2013, Tübingen
- Votteler, M.  
**Elastogenesis at the onset of human cardiac valve development**, American Association of Anatomists Annual Meeting 2013, 20.–24. April 2013, Boston, MA, USA
- Weber, A.  
**NANOCYTES® Herstellung anorganischer und organischer Partikelkerne mit funktioneller Schale: 2. Anwendung in der Verfahrenstechnik**, Workshop Nanopartikel – Einsatz in der Medizin, Chemie und Verfahrenstechnik, 21. Februar 2013, Hanau
- Weber, A.  
**Chitosan-based formulations for (bio)pharmaceutical delivery and for wound healing patches**, 2<sup>nd</sup> Biberach Pharmaceutical Biotechnology Meeting, 17. Oktober 2013, Ummendorf
- Zibek, S.; Rupp, S.; Hirth, T.  
**Industrial biotechnology providing green platform chemicals**, East-European Workshop: Green materials – polymers, raw materials and new composites, Hannover Messe, 9. April 2013, Hannover
- Zibek, S.; Haitz, F.; Günther, M.; Rupp, S.; Hirth, T.  
**Biotechnological production of epoxides and surfactants from plant oils**, 4<sup>th</sup> Leipzig Symposium: Rape-seed – Tremendous potential for added value generation?, 20.–21. März 2013, Leipzig
- Zibek, S.; Rupp, S.; Hirth, T.  
**Biotechnological production of long-chain dicarboxylic acids from plant oil**, SIMB (Society for Industrial Microbiology & Biotechnology) Annual Meeting, 11.–15. August 2013, Sheraton San Diego, CA, USA
- Poster
- Appelt, A.; Metzger, M.; Walles, H.  
**Development of a 3D in vitro model of the murine blood brain barrier**, 15. Bad Herrenalber Transporter- und Barriere-Tage, 13.–15. Mai 2013, Bad Herrenalb
- Appelt-Menzel, A.; Metzger, M.; Walles, H.  
**Development of a 3D in vitro model of the blood brain barrier**, 16<sup>th</sup> International Symposium on Signal Transduction in the Blood-Brain Barriers, 12.–14. September 2013, Sümeg, Ungarn
- Appelt-Menzel, A.; Metzger, M.; Walles, H.  
**Differentiation of human multipotent and pluripotent stem cells to develop a human 3D in vitro blood brain barrier model**, 1<sup>st</sup> Annual Conference of the German Stem Cell Network (GSCN), 11.–13. November 2013, Berlin
- Appelt-Menzel, A.; Metzger, M.; Walles, H.  
**Development of a 3D in vitro model of the blood brain barrier for drug penetration studies**, 6. Kooperationsforum »Drug Development«, 13. November 2013, Universität Würzburg
- Bailer, S. M.; Raschbichler, V.; Lieber, D.  
**Nuclear export of herpesviral proteins and its role in tegumentation of infectious particles**, 5<sup>th</sup> European Congress of Virology, 11.–14. September 2013, Lyon, Frankreich
- Berger, C.; Wilhelm, S.; Schweinlin, M.; Walles, H.; Metzger, M.  
**In vitro differentiation of murine embryonic stem cells into intestinal cells**, 8. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Stammzellforschung (GSZ), 6. September 2013, Rostock
- Bieligmeyer, M.; Müller, M.; Hirth, T.; Schiestel, T.  
**Synthesis and self-assembly of amphiphilic block copolymers towards biometric membranes**, 8<sup>th</sup> International Membrane Science & Technology Conference (IMSTEC2013), 25.–29. November 2013, Melbourne, Australien
- Brauchle, E.; Linder, S.; Knopf, A.; Schenke-Layland, K.  
**Raman spectroscopic signature of the cardiovascular commitment and cardiac phenotypes of mouse embryonic stem cells differentiated towards the cardiovascular lineage**, Experimental Biology 2013, 20.–24. April 2013, Boston, MA, USA

- Carrillo Riveros, P. A.; Troll, F.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. **Scale over and optimization of *Pseudozyma aphidis* fermentation for the production of mannosylerythritol lipids**, 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives, 16.–17. Mai 2013, Frankfurt am Main
- Derwenskus, F.; Königseder, A. **Freilandkultivierung der Mikroalge *Chlorella vulgaris* im Flachplatten-Airlift-Reaktor mit automatisierten Fütterungszyklen**, 6. Bundesalgenstammtisch, 13.–14. Mai 2013, Hamburg-Wilhelmsburg
- Fecher, D.; Göttlich, C.; Hoff, N.; Egner, S.; Dandekar, G.; Nietzer, S.; Walles, H. **Establishment of a 3D lung tumor model and adjustment to lung specific conditions**, World Conference on Regenerative Medicine, 23.–25. Oktober 2013, Leipzig
- Geiger, G.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. **Production optimization of different biosurfactants trehalose lipid, alasan and emulsan**, 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives, 16.–17. Mai 2013, Frankfurt am Main
- Geist, S.; Votteler, M.; Nsair, A.; Walles, H.; Layland, S. L.; Schenke-Layland, K. **Identification of distinct Isl1+ cell clusters in developing human hearts**, Keystone Symposia on Molecular and Cellular Biology: Cardiac Remodeling, Signaling, Matrix and Heart Function (D4), 7.–12. April 2013, Snowbird, UT, USA
- Geist, S.; Votteler, M.; Nsair, A.; Walles, H.; Schenke-Layland, K. **Identification of distinct Isl1+ cell clusters in developing human hearts**, Critical Path Workshop: 2013 CIRM Grantee Meeting, 6. März 2013, San Francisco, CA, USA
- Groeber, F.; Schober, L.; Traube, A.; Traube, A.; Walles, H. **Skin from the factory automated tissue engineering on demand**, In Vitro Testing Industrial Platform (IVTIP) Spring meeting, 14.–16. Mai 2013, Southampton, Vereinigtes Königreich
- Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. **New pathway for the production of lactic acid as single product in *Lactobacillus brevis***, 8. Internationaler Kongress »Forum Life Science 2013«, 13.–14. März 2013, Garching
- Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. **Metabolic engineering for the production of lactic acid as single product using wheat straw hydrolysate**, 9<sup>th</sup> European Congress of Chemical Engineering/2<sup>nd</sup> European Congress of Applied Biotechnology, 21.–25. April 2013, Den Haag, Niederlande
- Grumaz, C.; Lorenz, S.; Vogler, S.; Rupp, S.; Sohn, K. **Divergent regulation of morphogenetic transcription factors in *Candida albicans* and *Candida dubliniensis***, 5<sup>th</sup> FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 25.–31. Mai 2013, La Colle sur Loup, Nizza, Frankreich
- Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. **Efficient production of biosurfactants from smut fungi and investigation of their glycolipid metabolism**, 8. Internationaler Kongress »Forum Life Science 2013«, 13.–14. März 2013, Garching
- Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. **Production of biosurfactants from smut fungi with enhanced surfactant performance**, 9<sup>th</sup> European Congress of Chemical Engineering/2<sup>nd</sup> European Congress of Applied Biotechnology, 21.–25. April 2013, Den Haag, Niederlande
- Hahn, T.; Rupp, S.; Hirth, T.; Zibek, S. **Extraction of rubber, latex and inulin from Russian dandelion roots**, 8. Internationaler Kongress »Forum Life Science 2013«, 13.–14. März 2013, Garching
- Hänel, C.; Touati, K.; Tadeo, F.; Schiestel, T. **A parameter study with celluloseacetate membranes for pressure retarded osmosis**, 8<sup>th</sup> International Membrane Science & Technology Conference (IMSTEC2013), 25.–29. November 2013, Melbourne, Australien
- Hinderer, S.; Shen, N.; Reinhardt, D. P.; Davis, E. C.; Hansmann, J.; Schenke-Layland, K. **In vitro elastogenesis using 3D scaffolds and a bioreactor system**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien (DGBM), 26.–28. September 2013, Erlangen
- Hinderer, S.; Shen, N.; Reinhardt, D. P.; Davis, E. C.; Hansmann, J.; Schenke-Layland, K. **In vitro elastogenesis using 3D scaffolds and a bioreactor system**, TERMIS-Americas 2013, 10.–13. November 2013, Atlanta, GA, USA

Hinderer, S.; Shen, N.; Reinhardt, D. P.; Hansmann, J.; Schenke-Layland, K.

**Upregulation of (tropo-) elastin expression in a 3D dynamic bioreactor**, Gordon Research Seminar: Elastin, elastic fibers and microfibrils, 20.–21. Juli 2013, Biddeford, ME, USA

Hinderer, S.; Shen, N.; Reinhardt, D. P.; Hansmann, J.; Schenke-Layland, K.

**Upregulation of (tropo-) elastin expression in a 3D dynamic bioreactor**, Gordon Research Conference: Elastin, elastic fibers and microfibrils, 21.–26. Juli 2013, Biddeford, ME, USA

Hoch, E.; Weber, A.; Borchers, K.; Tovar, G. E. M.

**Non-gelling and photopolymerizable gelatin for the preparation of cartilage substitutes**, MRS Spring Meeting 2013, 1.–5. April 2013, San Francisco, CA, USA

Hoppensack, A.; Huber, B.; Kleinhans, C.; Ruff, M.; Hansmann, J.; Kluger, P. J.

**Cell-material interactions in biomedical applications**, 539. WE-Heraeus-Seminar: Micro- and Nanostructured Interfaces for Biological and Medical Research, 1.–3. Juli 2013, Bad Honnef

Hoppensack, A.; Schanz, J.; Kazanecki, C.; Colter, D.; Schenke-Layland, K.; Walles, H.

**Epithelial morphogenesis of renal tubular cells on small intestinal submucosa**, 17<sup>th</sup> Annual Hilton Head Workshop »Regenerative Medicine: Technologies Enabling Novel Therapies«, 20.–23. März 2013, 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 small intestinal submucosa (SIS) and human kidney-derived cells (hKDCs)**, 49<sup>th</sup> Congress of the European Societies of Toxicology (EUROTOX), 1.–4. September 2013, Interlaken, Schweiz

Huber, B.; Meyer, W.; Engelhardt, S.; Fischer, A.; Novosel, E.; Wenz, A.; Hoppensack, A.; Walles, H.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K.; Kluger, P. J.

**Biofunctionalisation and endothelialisation of bio-compatible artificial blood vessels**, Euro BioMat – European Symposium on Biomaterials and Related Areas, 23.–24. April 2013, Weimar

Huber, B.; Meyer, W.; Engelhardt, S.; Fischer, A.; Sewald, L.; Wenz, A.; Calderon, I.; Novosel, E.; Hoppensack, A.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K.; Kluger, P. J.

**Biofunctionalisation and endothelialisation of synthetic biocompatible scaffolds for vascularised tissue constructs**, 1<sup>st</sup> International Symposium on Vascular Tissue Engineering, 28.–29. Mai 2013, Corpus Congress Center, Leiden, Niederlande

Johanson, K.; Herz, M.; Järnström, L.; Weber, A.

**Production of oxygen scavenging board containing enzymes coupled to nanoparticles**, TAPPI International Conference on Nanotechnology, 24.–27. Juni 2013, Stockholm, Schweden

Kahlig, A.; Kleinhans, C.; Ramani, R.; Walles, H.; Hansmann, J.

**Developing in vitro generated bone tissue using a perfusion bioreactor and mechanical loading, as well as in silico modeling**, TERMIS-EU 2013, 17.–20. Juni 2013, Istanbul, Türkei

Keller, P. D.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Bracher, F.; Rupp, S.

**Novel sterols in *Candida krusei* identified by a novel antifungal compound**, 5<sup>th</sup> FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens : Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 25.–31. Mai 2013, La Colle sur Loup, Nizza, Frankreich

Keller, P. D.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Engelhardt, I.; Müller, C.; Bracher, F.; Rupp, S.

**Novel sterols in *Candida krusei* identified by novel antifungal compound**, 65. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) e. V. / Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Infektiologie (DGI) e. V., 22.–25. September 2013, Rostock

Maestre-Reyna, M.; Diderrich, R.; Veelders, M. S.; Eulenburg, G.; Kalugin, V.; Brückner, S.; Keller, P.; Rupp, S.; Mösch, H.-U.; Essen, L.-O.

**Structural basis for promiscuity and specificity during *Candida glabrata* invasion of host epithelia**, 5<sup>th</sup> FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens : Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 25.–31. Mai 2013, La Colle sur Loup, Nizza, Frankreich

Mailander-Sanchez, D.; Wagener, J.; Braunsdorf, C.; Grumaz, C.; Lorenz, S.; Sohn, K.; Schaller, M.

**Metatranscriptome analysis reveals new insights in probiotic/host/*Candida* interaction in oral *Candidiasis***, 47. Wissenschaftliche Tagung der Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e. V. (DMyKG), 5.–7. September 2013, Tübingen

- Mayer, L. S. L.; Hartmann, S.; Cavalari, M.; Weile, J.; Rothacher, P.; Boven, K.-H.; Lemuth, K.; Bailer, S. M.; Rupp, S.  
**Microarray analysis as part of a lab-on-a-chip system to identify human pathogenic fungi**, 5<sup>th</sup> FEBS Advanced Lecture Course Human Fungal Pathogens: Molecular Mechanisms of Host-Pathogen Interactions and Virulence, 25.–31. Mai 2013, La Colle sur Loup, Nizza, Frankreich
- Mayer, L. S. L.; Hartmann, S.; Cavalari, M.; Weile, J.; Rothacher, P.; Boven, K.-H.; Lemuth, K.; Bailer, S. M.; Rupp, S.  
**Identification of human pathogenic fungi via DNA-microarray analysis for clinical applications**, 65. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) e. V. / Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Infektiologie (DGI) e. V., 22.–25. September 2013, Rostock
- Moll, C.; Wollborn, J.; Schick, M.; Walles, H.; Metzger, M.  
**Analysis of enteric glial cells in an LPS-induced in vivo sepsis model of the rat**, World Conference on Regenerative Medicine, 21.–23. Oktober 2013, Leipzig
- Müller, C.; Keller, P.; Engelhardt, I.; Hiller, E.; Rupp, S.; Eickhoff, H.; Wiesmüller, K.-H.; Bracher, F.  
**Accumulation of novel sterols caused by a new antifungal sterol C14-demethylase inhibitor**, Jahrestagung der Deutsche Pharmazeutische Gesellschaft e. V. (DPhG), 9.–11. Oktober 2013, Freiburg
- Müller, C.; Keller, P. D.; Engelhardt, I.; Hiller, E.; Rupp, S.; Eickhoff, H.; Wiesmüller, K.-H.; Bracher, F.  
**Old target – new effects: Accumulation of novel sterols caused by the new antifungal EMC120B12**, 3. Internationales Symposium des Sonderforschungsbereich 630: Novel Agents against Infectious Diseases – An interdisciplinary approach, 20.–22. November 2013, Würzburg
- Niedergall, K.; Hänel, C.; Bach, M.; Hirth, T.; Schiestel, T.  
**Membrane adsorbers for the removal of micropollutants and metal ions from water**, 10. Aachener Tagung Wasser und Membranen, 29.–30. Oktober 2013, Aachen
- Niedergall, K.; Haupt, M.; Schiestel, T.; Weber, A.  
**Water purification by membranes, adsorption materials and plasma-processes**, ChemH<sub>2</sub>O 2013, 1.–2. Oktober 2013, Madrid, Spanien
- Niedergall, K.; Nutsch, A.; Detzel, M.; Schiestel, T.  
**Gas separation with MOF mixed-matrix membranes**, International MOF Symposium 2013, 16.–17. September 2013, Dresden
- Niedergall, K.; Nutsch, A.; Detzel, M.; Schiestel, T.  
**Coating of porous capillary membranes with MOF mixed-matrix membranes for gas separation applications**, 8<sup>th</sup> International Membrane Science & Technology Conference (IMSTEC2013), 25.–29. November 2013, Melbourne, Australien
- Pudlas, M.; Brauchle, E.; Klein, T. J.; Hutmacher, D.; Schenke-Layland, K.  
**Non-invasive identification of proteoglycans in cartilage by Raman microspectroscopy**, Jahrestagung der deutschen Gesellschaft für Matrixbiologie, 7.–9. März 2013, Tübingen
- Raschbichler, V.; Lieber, D.; Funk, C.; Burger-Kentischer, A.; Bailer, S. M.  
**Nuclear export of herpesviral proteins and its role in tegumentation of infectious particles**, 38<sup>th</sup> International Herpesvirus Workshop and Conference, 20.–24. Juli 2013, Grand Rapids, MI, USA
- Reboredo, J.; Murawicki, S.; Rackwitz, L.; Steinert, A.; Nöth, U.; Rudert, M.; Walles, H.  
**Collagen type I and II electrospun scaffolds induce human MSC differentiation**, 25<sup>th</sup> European Conference on Biomaterials (ESB-2013), 8.–12. September 2013, Madrid, Spanien
- Riepe, B.; Günther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.  
**Enhanced downstream processing of the biosurfactants mannosylerythritol lipid and cellobiose lipid**, 1<sup>st</sup> International Workshop: Biosurfactants – Challenges and Perspectives, 16.–17. Mai 2013, Frankfurt am Main
- Rossi, A.; Karl-Heinz, H.; Groll, J.; Walles, H.  
**Functionalized electrospun nanofibers for the development of basement membranes**, 25<sup>th</sup> European Conference on Biomaterials (ESB-2013), 8.–12. September 2013, Madrid, Spanien
- Rücker, C.; Reboredo, J.; Mugele, D.; Steinert, A.; Rudert, M.; Walles, H.  
**By co-culturing human meniscal cells in a vascularized scaffold under dynamic culture conditions endostatin production is reduced**, World Conference on Regenerative Medicine, 23.–25. Oktober 2013, Leipzig

- Ruff, M.; Wieland, D.; Bach, M.; Hirth, T.; Walles, H.; Tovar, G. E. M.; Wittmann, V.; Kluger, P. J.  
**Metabolic oligosaccharide engineering as a tool to enhance cell adhesion on titanium implant surfaces**, 10<sup>th</sup> Carbohydrate Bioengineering Meeting, 21.–24. April 2013, Prag, Tschechische Republik
- Schürlein, S.; Schwarz, T.; Hansmann, J.; Schenke-Layland, K.; Walles, H.  
**Development of a human cardiac muscle patch using a three-dimensional scaffold and custom bioreactor technologies**, 1<sup>st</sup> Annual Conference of the German Stem Cell Network (GSCN), 11.–13. November 2013, Berlin
- Schürlein, S.; Schwarz, T.; Hansmann, J.; Walles, H.; Schenke-Layland, K.  
**Development of a human cardiac muscle patch using a three-dimensional scaffold and custom bioreactor technologies**, Keystone Symposia on Molecular and Cellular Biology: Cardiac Remodeling, Signaling, Matrix and Heart Function (D4), 7.–12. April 2013, Snowbird, UT, USA
- Schürlein, S.; Walles, H.; Schenke-Layland, K.  
**Development of a human cardiac muscle patch using a three-dimensional scaffold and custom bioreactor technologies**, 17<sup>th</sup> Annual Hilton Head Workshop »Regenerative Medicine: Technologies Enabling Novel Therapies«, 20.–23. März 2013, Hilton Head, SC, USA
- Schwab, A.; Reboredo, J.; Walles, H.  
**3D Co-culture experiments of structured collagenous biomaterials in a vascularized scaffold**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien (DGBM), 26.–28. September 2013, Erlangen
- Shen, N.; Hinderer, S.; Hansmann, J.; Schenke-Layland, K.  
**Upregulation of elastin gene expression in dynamic bioreactor system**, Jahrestagung der deutschen Gesellschaft für Matrixbiologie, 7.–9. März 2013, Tübingen
- Sieber, S.; Baur, F.; Dandekar, G.; Walles, H.; Nietzer, S.  
**Expression of protein markers characteristic for tumorigenesis in colorectal cancer: a comparison of different 2D and 3D cell culture conditions**, 6. Mildred Scheel Cancer Conference, 5.–7. Juni 2013, Königswinter
- Steinke, M.; Doreth, C.; Murawicki, S.; Weiß, K.; Fecher, D.; Grüttner, C.; Koch, S.; Schütze, K.; Walles, H.  
**Iron oxide nanoparticles for regenerative medicine: Impact on human stem cells and raman microspectroscopy**, World Conference on Regenerative Medicine, 23.–25. Oktober 2013, Leipzig
- Steinke, M.; Gross, R.; Bauer, S.; Walles, T.; Walles, H.  
**A human airway mucosa tissue model to investigate whooping cough**, ERS Annual Congress 2013, 7.–11. September 2013, Barcelona, Spanien
- Thude, S.; Johannsen, H.  
**In vitro Modell für das humane Plattenepithelkarzinom**, 23. Deutscher Hautkrebskongress – ADO-Jahrestagung, 26.–28. September 2013, Essen
- Tripp, C.; Schweinlin, M.; Wilhelm, S.; Lotz, C.; Walles, H.; Marco, M.  
**Development of more predictive intestinal in vitro models**, 15. Bad Herrenalber Transporter- und Barriere-Tage, 13.–15. Mai 2013, Bad Herrenalb
- Vásquez-Caicedo, A. L.  
**Sustainable surfactant production from renewable resources through natural fermentation for applications in natural, organically-certified products**, Natural & Organic Products Europe, 7.–8. April 2013, London, Vereinigtes Königreich
- Vásquez-Caicedo, A. L.  
**Sustainable surfactant production from renewable resources through natural fermentation for applications in natural, organically-certified products**, Natrue Annual Membership Assembly, 24. Mai 2013, Berlin
- Vásquez-Caicedo, A. L.  
**Development and validation of a novel microwave heating system for special milk processing applications**, Dairy Conference 2013 der GfM Gesellschaft für Milchwissenschaft – Society of Milk Science e.V., 16.–17. September 2013, Universität Hohenheim, Stuttgart
- Votteler, M.; Carvajal, D. A.; Horke, A.; Sabatier, L.; Reinhardt, D. P.; Aikawa, E.  
**Elastogenesis occurs in human semilunar valves during early development**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Matrixbiologie, 7.–9. März 2013, Tübingen
- Votteler, M.; Carvajal, D. A.; Horke, A.; Sabatier, L.; Reinhardt, D. P.; Aikawa, E.; Schenke-Layland, K.  
**Elastogenesis occurs in human semilunar valves during early development**, 17<sup>th</sup> Annual Hilton Head Workshop »Regenerative Medicine: Technologies Enabling Novel Therapies«, 20.–23. März 2013, Hilton Head, SC, USA

Votteler, M.; Carvajal, D.  
A.; Horke, A.; Sabatier, L.;  
Reinhardt, D. P.; Aikawa, E.;  
Schenke-Layland, K.  
**Elastogenesis at the on-  
set of human cardiac valve  
development**, Gordon Re-  
search Seminar: Elastin, elas-  
tic fibers and microfibrils,  
20.–21. Juli 2013, Biddeford,  
ME, USA

Votteler, M.; Liebscher, S.;  
Weimar, T.; Scheid, M.; Hor-  
ke, A.; Schenke-Layland, K.  
**Spatial and temporal ECM  
expression pattern during  
human cardiogenesis – hu-  
man development inspir-  
ing regenerative design**,  
American Association of  
Anatomists Annual Meeting  
2013, 20.–24. April 2013,  
Boston, MA, USA

Wangorsch, G.; Hoff, N.;  
Stratmann, A. T.; Kunz, M.;  
Gupta, S.; Göttlich, C.;  
Wallas, H.; Nietzer, S. L.;  
Dandekar, T.; Dandekar, G.  
**A combined 3D tissue and  
in silico tumor model for  
signaling and metabo-  
lism analysis in drug test-  
ing**, Cancer and Metabolism  
2013, 24.–25. Juni 2013,  
Amsterdam, Niederlande

Wilhelm, S.; Berger, C.;  
Schweinlin, M.; Wallas, H.;  
Metzger, M.  
**In vitro differentiation of  
murine embryonic stem  
cells into intestinal cells**,  
1<sup>st</sup> Annual Conference of the  
German Stem Cell Network  
(GSCN), 11.–13. November  
2013, Berlin

# 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 uns:

## Periodika

- Jahresbericht
- CD Jahresbericht
- Online-Newsletter

## Absender / in

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

## Geschäftsfeld- broschüren

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

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

\_\_\_\_\_  
Straße

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

## Themenbroschüren und Produktblätter

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

\_\_\_\_\_  
Telefon

\_\_\_\_\_  
Fax

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

**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

-----  
**Online finden Sie unseren  
Bestellservice und  
Downloadbereich unter:  
[www.igb.fraunhofer.de/  
publikationen](http://www.igb.fraunhofer.de/publikationen)**  
-----



# IMPRESSUM

## REDAKTION UND LEKTORAT

Dr. Birgit Haller,  
Dr. Tobias Gärtner,  
Dipl.-Oec. Tanja Gaudig,  
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Antje Hetebrüg,  
Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg MBA,  
Dr. Rose Liebert,  
Dipl.-Des. Thaya Schroeder (Bild),  
Naoko Tanaka-Rupp M. A.,  
Dr. Uwe Vohrer,  
Dr. Claudia Vorbeck  
und die jeweils als Ansprechpartner oder Autoren  
genannten Wissenschaftler.

## GESTALTUNG UND PRODUKTION

Dipl.-Des. Thaya Schroeder

## DRUCK

Fraunhofer Verlag, Mediendienstleistungen, Stuttgart

## ANSCHRIFT DER REDAKTION

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

## BILDQUELLEN

Bayer Material Science: Seite 101  
BESL-Eventagentur GmbH/David Goltz: Seite 42  
Binsack, Gunter: Seiten 27, 58/59  
Brigola, Victor S.: Seite 50/51  
Döring, Sven: Seiten 59, 98, 99  
Fotolia: Seite 107  
Helmholtz-Gemeinschaft/Norbert Michalke: Seite 42  
Heyde, Matthias: Seiten 7, 14, 15  
Howe, Thomas: Seite 25  
IGVP: Seiten 25, 65  
Kleinbach, Frank: Seiten 14, 15, 23, 24  
Kroetz, Rafael: Seiten 11, 14, 15, 92  
MEV: Seite 29  
Müller, Bernd: Seiten 66, 82, 118  
picture alliance/dpa: Seite 74  
Rauh, Andreas M.: Seite 26  
Scheible, Wolfram: Seite 55  
Shutterstock: Seiten 29, 32, 33, 34, 41, 44,  
61, 76, 77, 96, 126

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 2014

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

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

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

Bleiben Sie mit uns in Verbindung:

