

»FORSCHUNG FÜR UNSERE GESUNDHEIT«



JAHRESBERICHT
10 | 11

JAHRESBERICHT
10 | 11

INHALT

VORWORT

8

DAS INSTITUT IM PROFIL	10
■ Kuratorium des Fraunhofer IGB	11
■ Angebot und Infrastruktur	12
■ Das Institut in Zahlen	14
■ Organigramm	16
■ Fraunhofer IGB in Netzwerken	18
■ Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen	22
■ Highlights 2010 Berufungen, Preise und Auszeichnungen	24
■ Nachwuchsförderung Ausstellungen	26
■ Projekte und Projektgruppen	28
■ Fraunhofer IGB international	30
■ Kompetenzen Die Fraunhofer-Gesellschaft	34
■ Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft	36
■ Molekulare Biotechnologie	38
■ Physikalische Prozesstechnik	40
■ Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik	42
■ Zellsysteme	44
■ Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik IGVT	46

■ Projektgruppe BioCat	48
■ Fraunhofer CBP	50
■ Projektgruppe Onkologie	52

■ AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERGEBNISSE 2010

■ Inhaltsverzeichnis auf Seite	6
--------------------------------	---

■ ANHANG | Patenterteilungen 2010

■ Messen und Veranstaltungen 2010	122
■ Messen und Veranstaltungen Vorschau 2011	123
■ Mitarbeit in Fachverbänden und Gremien	124
■ Lehrtätigkeiten	126
■ Wissenschaftliche Kooperationen	128
■ Hochschularbeiten	130
■ Veröffentlichungen	132
■ Informationsservice	145
■ Impressum	146

INHALT

AUSGEWÄHLTE FORSCHUNGSERGEBNISSE 2010

MEDIZIN 55

- Künstliche Blutgefäßsysteme – Versorgung von *In-vitro*-Geweben 56
- Quantitative Proteomics in der Aufklärung von Pathogenitätsmechanismen 58
- Entwicklung bio-inspirierter Strategien zur kardiovaskulären Regeneration 60
- Count Bases – Bioinformatikplattform zur Next-Generation Transkriptomdatenanalyse 62
- Optimierung von Atemwegsstenosen durch bioaktive Oberflächenbeschichtungen 64
- MikroBioStrukt – Zellkultur mit Struktur 66
- Entwicklung integrierter Konservierungsverfahren 68

PHARMAZIE 71

- Haut aus der Fabrik – Automated Tissue Engineering on Demand 72
- Reaktivierbares Herpes-Infektionsmodell für neue antivirale Therapieansätze 74
- Vaskularisiertes Hautmodell zur Erforschung des malignen Melanoms 76
- Pilzinfektionen – Diagnostik und Wirkstoffidentifikation 78
- Extraktions- und Reinigungsverfahren für Interferon- β -1b 80
- Funktionale Tinten für den Inkjet-Druck 82

CHEMIE	85
■ Effiziente Herstellung industrierelevanter Enzyme	86
■ Membranreaktoren auf Basis perowskitischer Kapillarmembranen	88
■ Chemo-enzymatische Herstellung von Epoxiden auf Basis pflanzlicher Öle	90
■ Verminderte Reibung und reduzierte Eishaftung – Optimierung durch Plasmatechnik	92
■ Lignin als natürliche Ressource für die chemische Industrie	94
UMWELT	97
■ Regionale Potenzialanalyse für die Regenwassernutzung in Campinas, Brasilien	98
■ Photokatalytische Schichten gegen Mikroorganismen an Oberflächen	100
■ Oxidative Verfahren für die Abwasserreinigung und Prozesswasseraufbereitung	102
■ Gewinnung von EPA-Ethylester aus Mikroalgen mit überkritischen Fluiden	104
■ Biologische Toxine in Wasser – Nachweis mit Biosensoren	106
ENERGIE	109
■ Reststoffe aus der Olivenölproduktion – Vom Umweltproblem zur Biogasproduktion	110
■ Potenzial und Nutzung von Biogas – Herausforderungen in Brasilien	112
■ Biomethan als Kraftstoff – Basisdaten für EtaMax-Demonstrationsanlage liegen vor	114
■ Energieeffiziente, produktschonende und umweltverträgliche Trocknung	116
■ Speicherfreie Verwertung von Biogas	118



»Nachhaltigkeit und Biotechnologie – Der Beitrag zu Innovation, Gesundheit, Rohstoffwandel und Klimaschutz«

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Lösung der globalen Probleme der Menschheit wie 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 dem Hintergrund einer weiter wachsenden Weltbevölkerung, eines steigenden Ressourcenverbrauchs und einer zunehmenden Erderwärmung durch Anstieg der Kohlenstoffdioxid-Emissionen gewinnt die Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Prozesse und Produkte durch Industrie und Forschung weiter an Bedeutung. Das Wissenschaftsjahr 2011 »Forschung für unsere Gesundheit« und das Internationale Jahr der Chemie 2011 unter dem Motto »Chemie – unser Leben, unsere Zukunft« unterstreichen die Bedeutung der Orientierung unseres Handelns am Prinzip Nachhaltigkeit, einer Entwicklung, die den Bedürfnissen der jetzigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.

Eine besondere Rolle kommt dabei der Biotechnologie zu, die als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts durch ihre vielfältigen Facetten einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung, der Bereitstellung von sauberem Trinkwasser und sicheren Nahrungsmitteln sowie der Bekämpfung von Krankheiten leisten kann. Nachhaltigkeit und Biotechnologie sind deshalb auch zentrale Forschungsgebiete, mit denen sich das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB innerhalb seiner Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie beschäftigt. Das vergangene Jahr war deshalb stark geprägt durch den Ausbau der Kernkompetenz Biotechnologie, die alle Abteilungen des Fraunhofer IGB verbindet, sowie den Auf- und Ausbau nationaler und internationaler Netzwerke im Themenfeld Biotechnologie. Dadurch konnten wir entscheidend die wissenschaftliche Entwicklung der Forschungsbereiche voranbringen und den wirtschaftlichen Erfolg des Instituts sichern.

Von großer Bedeutung für das Fraunhofer IGB im vergangenen Jahr war die Entwicklung im Bereich Bioökonomie auf nationaler und internationaler Ebene. Durch die Mitarbeit im BioÖkonomieRat der Bundesregierung, in der Plattform SusChem-D und europäischen Gremien konnten wir sowohl Beiträge zur nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 als auch zur Entwicklung neuer biobasierter Produkte und Prozesse leisten. Mit unseren Arbeiten im Bereich Bioökonomie zielen wir auf die nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen wie Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen sowie alle wirtschaftlichen Sektoren, die biologische Ressourcen einschließlich biologischer Reststoffe produzieren, bewirtschaften oder auf andere Weise nutzen. Die Biotechnologie ist dabei ein wesentlicher Impulsgeber. Die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen und die Entwicklung effizienter Wertschöpfungsketten, Verfahren und Produkte sind zentrale Forschungsschwerpunkte der BioÖkonomie-Strategie, die wir mit unseren Arbeiten zur nachhaltigen stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe mit biotechnologischen Verfahren im vergangenen Jahr entscheidend vorgebracht haben. Ein wichtiges Fachgebiet innerhalb der Biotechnologie ist die Biokatalyse. Mit unserer Projektgruppe BioCat arbeiten wir an der Entwicklung und Etablierung einer Technologieplattform »Katalysator- und Prozessscreening« unter optimaler Nutzung der Syntheseleistung der Natur. Im vergangenen Jahr konnten wir mit der Übergabe des Zuwendungsbescheids für die Anschubfinanzierung der Projektgruppe und dem feierlichen Spatenstich zum Bau eines neuen Laborgebäudes in Straubing, der Geburtsstätte des Namenspatrons Joseph von Fraunhofer, zwei erfreuliche Ereignisse begehen.

Eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe wird entscheidend von der schnellen Überführung innovativer Prozesse aus der Forschung in den industriellen Maßstab bestimmt. Derzeit besteht allerdings noch eine Lücke im Bereich der Skalierung von Prozessen, die wir mit dem Bau des Fraunhofer-Zentrums für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP am Chemiestandort Leuna schließen. Mit dem feierlichen Spatenstich im Dezember 2010 und der Übergabe des

Förderbescheids durch das Land Sachsen-Anhalt wurde der Beginn der Bauarbeiten eingeleitet. Auf mehr als 2000 Quadratmetern Fläche wird ab Sommer 2012 ein Prozesszentrum bereitstehen, in dem Partner aus Forschung und Industrie gemeinsam Prozesse für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe bis zum technischen Maßstab skalieren und entwickeln können.

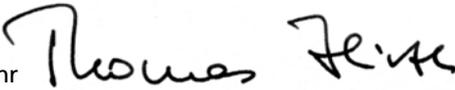
Das Fraunhofer IGB arbeitet auch bereits an der nächsten Generation biotechnologischer Verfahren, die auf zellfreien Systemen beruhen sollen. Wir haben uns deshalb im vergangenen Jahr intensiv am Strategieprozess »Nächste Generation biotechnologischer Verfahren – Biotechnologie 2020+« des BMBF beteiligt und gemeinsam mit anderen Instituten des Verbunds Life Sciences ein Fraunhofer-Pilotprojekt zur zellfreien Bioproduktion gestartet.

Auch die Geschäftsfelder Medizin und Pharmazie waren im vergangenen Jahr stark von den biotechnologischen Forschungsarbeiten des Instituts geprägt. Die Projektgruppe »Regenerative Technologien für die Onkologie« an der Universität Würzburg hat ihre Arbeiten zur Entwicklung humaner Testsysteme mit dem Ziel, gewebespezifische, vaskularisierte *In-vitro*-Tumormodelle für die Testung neuer Medikamente zu etablieren, intensiviert. Mithilfe dieser Tumormodelle wird es zukünftig möglich sein, neue Diagnostika, Therapeutika sowie gezielte Therapieverfahren unter Umgehung von Tierversuchen direkt an humanen Tumoren *in vitro* zu entwickeln und zu validieren. Zur Stärkung der medizinisch-biotechnologischen Arbeiten am Fraunhofer IGB wurde ein Kooperationsvertrag mit der Universität und dem Universitätsklinikum Tübingen abgeschlossen. Durch eine gemeinsam getragene Professur für »Biomaterialentwicklung für das kardiovaskuläre Tissue Engineering« soll die Attract-Gruppe »Kardiovaskuläres Tissue Engineering« des Fraunhofer IGB nachhaltig gestärkt werden.

Durch die starke Orientierung unserer Geschäftsfelder und Kernkompetenzen an gesellschaftlichen Bedürfnisfeldern der Nachhaltigkeit wie Gesundheit, Sicherheit, Umwelt, Energie und Mobilität konnte sich das Fraunhofer IGB auch im vergangenen Jahr gut entwickeln und wir konnten das Institut gut auf die Herausforderungen in den kommenden Jahren vorbereiten. Besonders erfreulich war für uns die Bewilligung von Fördermitteln für ein Projekt zur Umsetzung eines Leitbilds für die nachhaltige Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft durch den Vorstand. Schwerpunkte des Projekts sind die Forschung für die Nachhaltigkeit, die Nachhaltigkeit der Fraunhofer-Forschung und die Etablierung nachhaltiger Geschäftsprozesse.

Neben der Weiterentwicklung unserer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten haben wir uns im vergangenen Jahr besonders der nachhaltigen Personalentwicklung gewidmet. Gerade die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IGB und auch des Universitätsinstituts IGVT sind es, die entscheidend zum wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erfolg beitragen. Darüber hinaus konnten wir zahlreiche neue Kunden in Industrie und weitere öffentliche Geldgeber und Stiftungen als Auftraggeber für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gewinnen.

Ich freue mich sehr, wenn wir mit diesem Jahresbericht Ihr Interesse an unseren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wecken und Sie zukünftig eng mit uns zusammenarbeiten würden. Mit Ihnen wollen wir die Zukunft der Region, Deutschlands und Europas durch Innovationen nachhaltig gestalten. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude beim Lesen des neuen Jahresberichts des Fraunhofer IGB und freue mich auf ihre Anregungen und die Zusammenarbeit.

Ihr 
Thomas Hirth

PROFIL

KURZPROFIL

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

Anwendungsorientiert und interdisziplinär

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

Der Erfolg neuer Verfahren und Produkte erfordert mehr denn je das interdisziplinäre Zusammenspiel von Naturwissenschaften und Verfahrenstechnik. Nahezu 300 Wissenschaftler und Techniker aus Chemie, Physik, Biologie und den Ingenieurwissenschaften arbeiten am Fraunhofer IGB und IGVT erfolgreich zusammen. Diese konstruktive Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen am Institut eröffnet in Bereichen wie Medizintechnik, Nanotechnologie, industrieller Biotechnologie oder Umwelttechnologie neue Ansätze und innovative Lösungen.

Kernkompetenzen/Abteilungen

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

Projektgruppen

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

Leitbild: Mission und Vision

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

Gemeinsam immer besser.



KURATORIUM DES FRAUNHOFER IGB

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

Mitglieder

Dr. Manfred Baier
Roche Diagnostics GmbH

Dr. Gerd Esswein
Freudenberg Forschungsdienste KG

MinR Dr. Renate Fischer
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

MinDirig Dipl.-Ing. Peter Fuhrmann
Umweltministerium
Baden-Württemberg

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

Prof. Dr. Dieter Jahn
(Vorsitzender)
BASF SE

Dr.-Ing. Bernd Krause
Gambro Dialysatoren GmbH

RegDir Dr. Jürgen Ohlhoff
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

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

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

Dipl.-Ing. Otmar Schön
HYDAC Technology GmbH

Dr. Jürgen Stebani
Polymaterials AG

Dr. Thomas Stiefel
biosyn Arzneimittel GmbH

MinR Dr. Joachim Wekerle
Wirtschaftsministerium
Baden-Württemberg

Prof. Dr. Rolf G. Werner
Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG

Dr. Günter Wich
Wacker Chemie AG

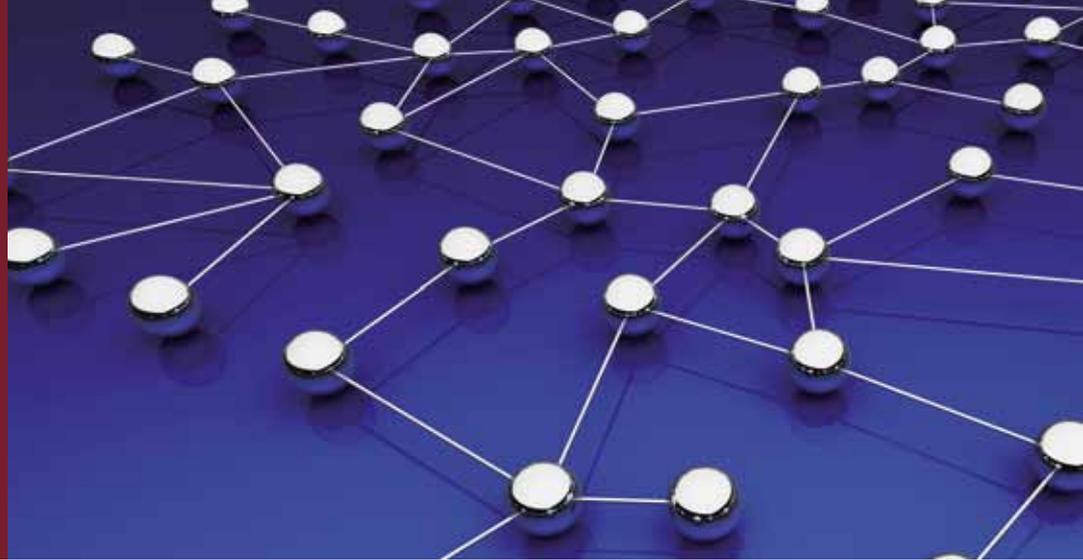
Prof. Dr. Karl-Heinz Wiesmüller
EMC microcollections GmbH

Dr. Wieland Wolf
Laupheim

Ständige Gäste

Prof. Dr. Herwig Brunner
Ehemaliger Institutsleiter

Prof. Dr. Uwe Heinrich
Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM



ANGEBOT UND INFRASTRUKTUR

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

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

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

Analytik: Qualitätsmanagement und Akkreditierung

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

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

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

Akkreditierte Prüfung der Biokompatibilität und Bioverfügbarkeit

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



GMP-Einheit und Herstellungserlaubnis für Zellpräparate

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

Gute Laborpraxis – GLP-Prüfeinrichtung

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

Spezielle Dienstleistungen

Physikalisch-chemische Analytik:

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

Hochauflösende 400-MHz-NMR-Analytik:

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

Oberflächen- und Partikelanalytik:

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

Biochemische und molekularbiologische Analytik:

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

Zellbiologische Analytik:

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

REACH:

Bewertung und Prüfung von Chemikalien

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

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Personal

Am 31. Dezember 2010 waren am Fraunhofer IGB 268 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon über 90 Prozent im wissenschaftlichen und technischen Bereich. Der Frauenanteil betrug 56 Prozent.

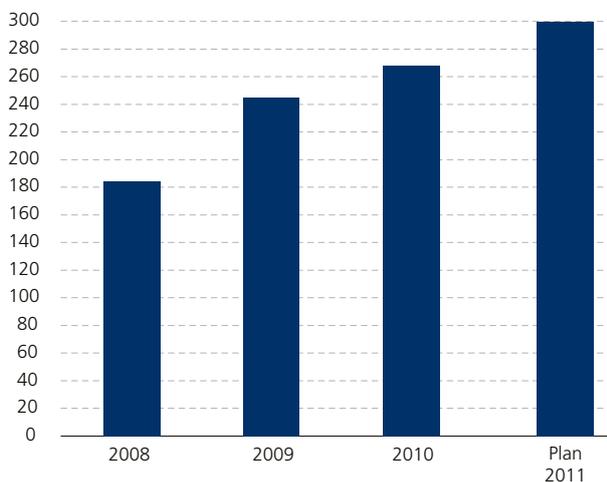
72 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend Wissenschaftler und Doktoranden sowie technisches Personal und studentische Hilfskräfte, zählte das IGVT der Universität Stuttgart zum 31. Dezember 2010. Der Frauenanteil am IGVT betrug 58 Prozent.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von IGB und IGVT kommen aus 21 verschiedenen Nationen und arbeiten eng vernetzt.

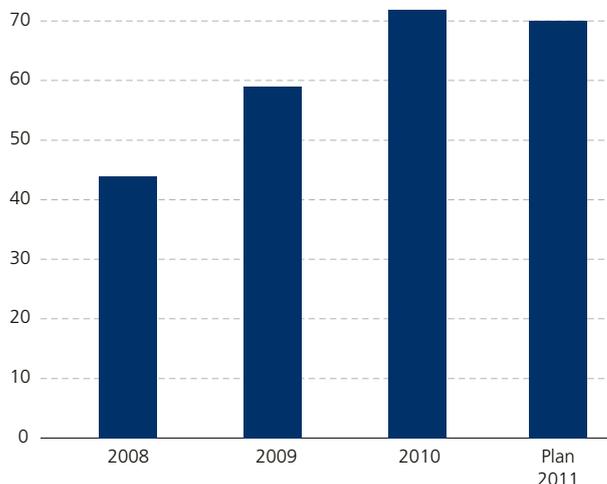
Mitarbeiter Fraunhofer IGB	Anzahl
Wissenschaftler	68
Technisches Personal	60
Studienarbeiter/Diplomanden/Praktikanten	78
Student./Wissenschaftl. Hilfskräfte	30
Verwaltungsmitarbeiter/Sekretariate	24
Auszubildende	8
Summe	268

Mitarbeiter IGVT	Anzahl
Wissenschaftler/Doktoranden	59
Technisches Personal	4
Student./Wissenschaftl. Hilfskräfte	9
Summe	72

Anzahl Mitarbeiter IGB



Anzahl Mitarbeiter IGVT



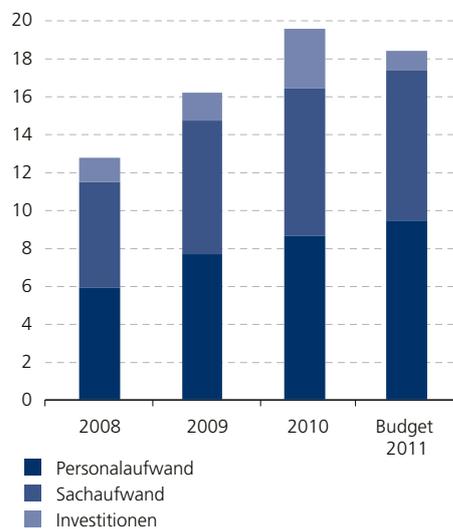
Haushalt Fraunhofer IGB

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr ein Volumen von 19,7 Mio €. Auf den Betriebshaushalt entfielen 16,6 Mio €, davon 8,7 Mio € auf den Personalaufwand und 7,9 Mio € auf den Sachaufwand, Investitionen wurden in Höhe von 3,1 Mio € getätigt.

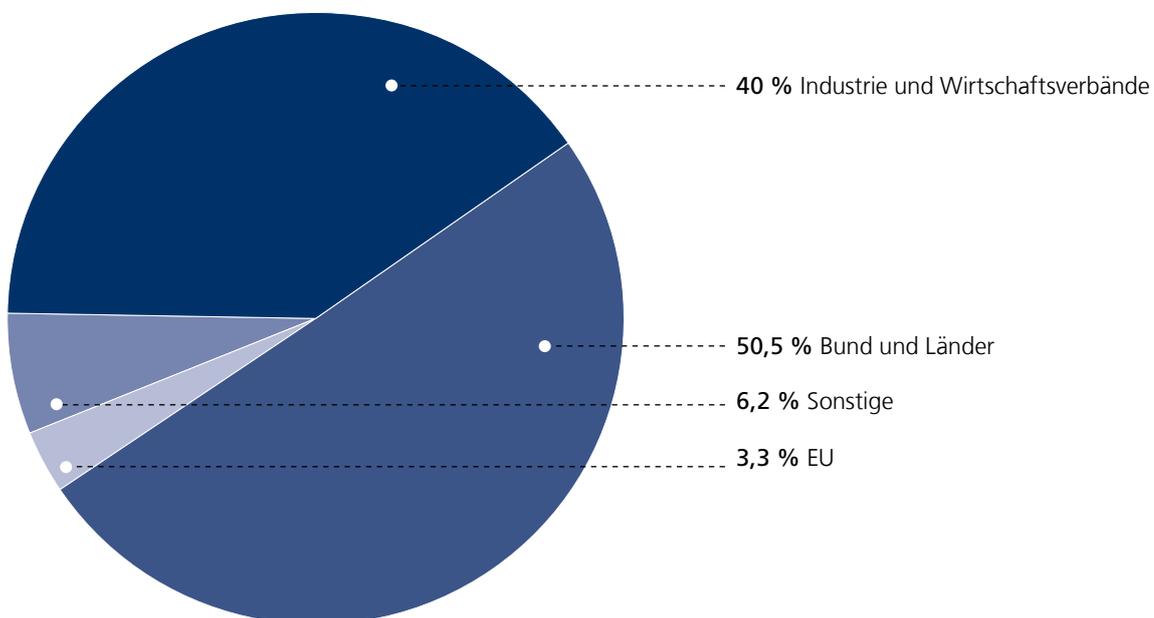
75 Prozent des Betriebshaushaltes waren eigene Erträge. 40 Prozent der Eigenenerträge stammen aus Projekten, die unmittelbar für industrielle Auftraggeber abgewickelt wurden.

ENTWICKLUNG DES GESAMTHAUSHALTS

in Mio Euro



HERKUNFT DER EIGENEN ERTRÄGE



ORGANIGRAMM



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



Stellv. Institutsleiter
 Prof. Dr. Walter Trösch
 Telefon +49 711 970-4220
 walter.troesch@igb.fraunhofer.de



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



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



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



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



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

GRENZFLÄCHENTECHNOLOGIE UND MATERIALWISSENSCHAFT



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



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



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

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

PHYSIKALISCHE PROZESSTECHNIK



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



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



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

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

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

- Wärme- und Sorptionssysteme
- Trocknung und Extraktion
- Nährstoffrückgewinnung
- Elektrophysikalische Prozesse
- Oxidative Wasseraufbereitung
- Konstruktion und Systemintegration

**Business Development**

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

**European Business Development**

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

**Presse und Öffentlichkeitsarbeit**

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

**UMWELTBIOTECHNOLOGIE
UND BIOVERFAHRENSTECHNIK****Prof. Dr. Walter Trösch**

Telefon +49 711 970-4220
 walter.troesch@igb.fraunhofer.de

**Dr.-Ing. Ursula Schließmann**

Telefon +49 711 970-4122
 ursula.schließmann@igb.fraunhofer.de

**Dr. Iris Trick**

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

- Wassermanagement
- Biobasierte Rohstoffe
- Bioenergie
- Grenzflächenbiologie

ZELLSYSTEME**Prof. Dr. Heike Walles**

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

**Dr. Petra Kluger**

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

**Dr. Johanna Schanz**

Telefon +49 711 970-4073
 johanna.schanz@igb.fraunhofer.de

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

ATTRACT-GRUPPE**Kardiovaskuläres
Tissue Engineering**

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

PROJEKTGRUPPEN**Fraunhofer CBP, Leuna**

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

**Projektgruppe BioCat,
Straubing**

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

**Projektgruppe Onkologie,
Würzburg**

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

FRAUNHOFER IGB IN NETZWERKEN

Das Fraunhofer IGB ist aktives Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken. Kooperationen mit verschiedenen Universitäts- und außeruniversitären Forschungsinstituten 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

Ohne Grundlagenforschung geht es nicht. Daher halten wir am Institut die Kontakte zu den benachbarten Universitäten so eng wie möglich – über wissenschaftliche Kooperationen ebenso wie über die Verpflichtungen einer Universitätsprofessur oder Lehrbefugnis unserer Mitarbeiter. Durch die Einbindung von Projektgruppen konnten wir unser wissenschaftliches Netzwerk auch auf Standorte außerhalb Stuttgarts und sogar auf die USA ausdehnen.

- **Prof. Dr. Dieter Bryniok**
Professur für Umweltbiotechnologie,
Hochschule Hamm-Lippstadt
- **Prof. Dr. Thomas Hirth**
Lehrstuhl und Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik,
Universität Stuttgart
- **Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp**
Fakultät Chemie und Fakultät Energie-, Verfahrens-
und Biotechnik, Universität Stuttgart
- **Ass.-Prof. Dr. Katja Schenke-Layland**
Medizinische Fakultät, Abteilung Kardiologie, University
of California Los Angeles (UCLA), Kalifornien, USA
- **Prof. Dr. Volker Sieber**
Lehrstuhl für Chemie Biogener Rohstoffe, Technische
Universität München
- **Priv.-Doz. Dr. Günter Tovar**
Fakultät Chemie und Fakultät Energie-, Verfahrens-
und Biotechnik, Universität Stuttgart
- **Prof. Dr. Walter Trösch**
Apl. Professur für Biotechnologie, Universität Hohenheim
- **Prof. Dr. Heike Walles**
Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative
Medizin, Universität Würzburg



Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit

Nachhaltige Entwicklung ist vermutlich das bedeutendste politische Leitziel unserer Zeit. Das Leitbild Nachhaltige Entwicklung berücksichtigt Umweltgesichtspunkte gleichberechtigt mit sozialen und wirtschaftlichen Aspekten und beinhaltet eine gleichzeitig intra- und intergenerative Verantwortung. Was dies nun konkret für die Fraunhofer-Gesellschaft bedeutet, möchte das Netzwerk Nachhaltigkeit mit seinen 20 teilnehmenden Instituten und Einrichtungen erarbeiten. Sprecher des Netzwerks ist Professor Thomas Hirth.

Das erste Teilprojekt unter Leitung von Professor Thomas Hirth zielt darauf, ein Leitbild und eine Strategie zur nachhaltigen Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft zu erarbeiten. In einem zweiten Teilprojekt erarbeiten Fraunhofer-Mitarbeiter zu einen Ansätze, mit denen gezielt Geschäftsprozesse nachhaltiger gestaltet werden können, und zum anderen eine Toolbox zur Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten in Forschungsprojekten. Zudem werden Richtlinien zur Erstellung eines Nachhaltigkeitsberichts erstellt. Der Standort Stuttgart mit fünf Fraunhofer-Instituten auf einem gemeinsamen Campus fungiert hierfür als Pilotstandort. Nachhaltige Forschungsthemen stehen im Vordergrund des dritten Teilprojekts. Hier wird die in den Instituten vorhandene Expertise zusammengeführt, um einen besseren Systemlösungsansatz anzubieten und neue Forschungsthemen aufzuzeigen. Das Fraunhofer IGB ist in allen drei Teilprojekten involviert.
www.nachhaltigkeit.fraunhofer.de

Fraunhofer-Netzwerk International Business Development (IBD)

In den letzten Jahren standen in immer stärkerem Maß internationale Kooperationen und gemeinsame Entwicklungen mit weltweit agierenden Partnern im Fokus von Wirtschaft und Wissenschaft. Um für unsere Kunden stets am Puls der Zeit zu sein, nutzen wir auch im internationalen Geschäft das Innovationspotenzial von Netzwerken. Um klare Aussagen zu den neuesten Trends anbieten zu können, haben sich im Netzwerk International Business Development drei Arbeitsgruppen zusammengefunden. Das Fraunhofer IGB koordiniert die AG Internationale Position, die Aspekte zur Internationalisierungsstrategie aus Institutssicht beleuchten wird.

Fraunhofer-EU-Netzwerk

Das EU-Netzwerk ist eine gemeinsame Plattform für alle Fraunhofer-Mitarbeiter, die in europäische Forschungsförderung involviert sind. Sinn und Zweck des Netzwerks ist der Informations- und Erfahrungsaustausch zu strategischen Aspekten und zur effektiven Handhabung von Antrags- und Angebotsverfahren sowie der reibungslosen Umsetzung EU-finanzierter Projekte. Hierfür werden ein grundlegender Leitfaden, Dokumente und Checklisten zu den einzelnen Projektsituationen sowie Kontaktmöglichkeiten im Rahmen von persönlichen Treffen und zwei Mal im Jahr stattfindende Workshops mit anderen Erfahrungsträgern angeboten. Das EU-Netzwerk wird von Maximilian Steiert, Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft, und Ina Andrees-Ostovan, Fraunhofer IGB, koordiniert.

Gemeinsames EU-IBD-Netzwerktreffen in Brüssel

Anfang November 2010 trafen sich über 50 Kollegen aus 30 Fraunhofer-Instituten zum ersten gemeinsamen Treffen des EU-Netzwerks und des IBD-Netzwerks der Fraunhofer-Gesellschaft in Brüssel. Im Mittelpunkt stand der Austausch der Fraunhofer-Kollegen untereinander wie auch mit externen Erfahrungsträgern aus der Europäischen Kommission, der Research Executive Agency und einigen in Brüssel ansässigen Forschungseinrichtungen.

EU-Arbeitskreis der wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg

Einen signifikanten Beitrag zum erfolgreichen Abschneiden der in Baden-Württemberg angesiedelten Forschungseinrichtungen leisten die Vernetzung und der regelmäßige Austausch der Forschungseinrichtungen. 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. Im Februar 2010 hat das Fraunhofer IGB das zwei Mal jährlich stattfindende Meeting ausgerichtet. Hier konnten sich die Teilnehmer zu strategischen Aspekten, aber auch zu Antragstellung und erfolgreicher Durchführung von EU-Projekten austauschen.

Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« 2010

Das Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« bot erstmalig am 7. und 8. Dezember 2010 eine interne Plattform für Austausch und Vernetzung. 320 Teilnehmerinnen und Teilnehmer, darunter auch zahlreiche Kuratoren, konnten sich in parallelen Vortragsreihen über aktuelle Forschungsbeispiele informieren. In dem packenden Ideenwettbewerb »Elevator Pitches« wetteiferten an zwei Tagen 20 originelle Produktideen um die Gunst des Publikums. Pro Tag wurden jeweils drei Sieger ermittelt. Den Siegern winkte ein Preisgeld, ihren Projekten ein Finanzierungszuschuss für jene Institute, welche die Ideen aufgreifen. Jacqueline Pusch vom Fraunhofer IGB platzierte sich mit ihrer Idee »Pflaster für Magen-/Darmwand« am ersten Tag auf Rang 3.



FRAUNHOFER-VERBÜNDE UND -ALLIANZEN

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

Fraunhofer-Verbund Life Sciences

EMB, IBMT, IGB, IME, ITEM, IVV, IZI
www.lifesciences.fraunhofer.de

Die Lebenswissenschaften bilden das Kerngeschäft dieses Verbundes. 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 Verbundes trägt der Globalisierung dieses Wissenschafts- und Wirtschaftsbereichs Rechnung. Zu den Geschäftsfeldern gehören Themen wie medizinische Translationsforschung und Biomedizintechnik, regenerative Medizin, gesunde Lebensmittel, Biotechnologie sowie Sicherheit bei Prozessen, Chemikalien und Pflanzenschutzmitteln. Eine Vielzahl zentraler Kompetenzen des Fraunhofer IGB fand hier Eingang.

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe und Bauteile – MATERIALS

EMI, IAP, IBP, ICT, IFAM, IGB (Gast), IKTS,
ISC, ISE, ISI, ITWM (Gast), IWM, IZFP, LBF, WKI
www.vwb.fraunhofer.de

Die Materialforschung umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Herstelltechnologie im industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. Stofflich deckt der Verbund den gesamten Bereich an metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen er-

zeugten Werkstoffen ab. Das Fraunhofer IGB mit seiner starken materialwissenschaftlichen Kompetenz ist seit 2008 Gast in diesem Verbund.

Fraunhofer-Allianz Bau

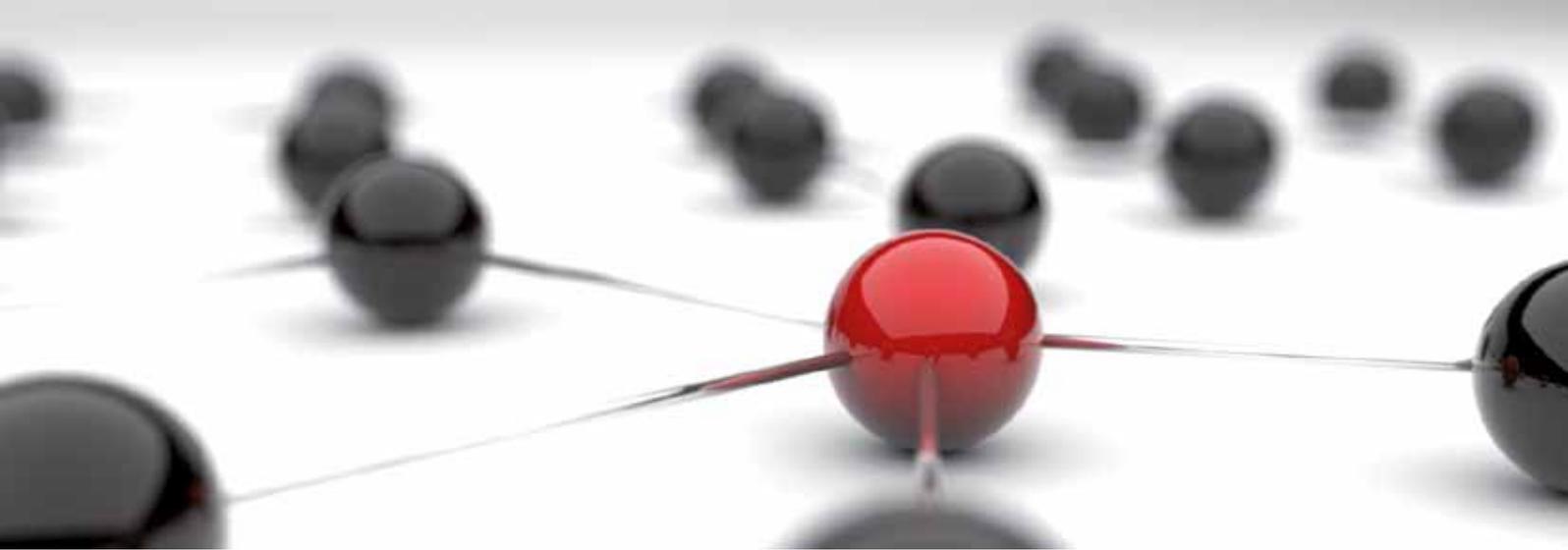
EMI, IAO, IBP, ICT, IFAM, IGB, IMS, IRB,
ISC, ISE, IVV, IWM, IZFP, LBF, UMSICHT, WKI
www.bau.fraunhofer.de

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

Fraunhofer-Allianz Energie

CSE, IBP, ICT, IFF, IGB, IIS, IISB, IKTS,
IOSB/AST, IPA, ISC, ISE, ISI, ISIT, IWES, UMSICHT
www.energie.fraunhofer.de

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



Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

ENAS, IAO, IAP, ICT, IFAM, IFF, IGB, IISB, IKTS, ILT
IPA, ISC, ISE, ISI, ITEM, IVV, IWM, IWS, IZFP, LBF
www.nano.fraunhofer.de

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

Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

FEP, ICT, IFAM, IGB, IME, ISC, ISE, IST, IWS
www.photokatalyse.fraunhofer.de

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

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO

FEP, IAP, IFAM, IGB, IPA, ISC, IVV
www.polo.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO fasst die Kernkompetenzen von sieben Fraunhofer-Instituten zur Entwicklung von polymeren Produkten mit neuen oder verbesserten Eigenschaften durch funktionelle Oberflächen, Grenzflächen oder dünne Schichten zusammen. Sie ist eine der ersten Allianzen, gemeinsam wurden bereits erfolgreiche Produkte entwickelt und vermarktet, z. B. »Antimikrobiell wirksame

Polymeroberflächen«. Dr. Christian Oehr ist seit der Gründung Mitglied im Direktorium und hat maßgeblich zum Erfolg dieser Allianz beigetragen.

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

FEP, IFAM, IGB, ILT, IPA, IPK, IST, IWS
www.allianz-reinigungstechnik.de

Die Reinigungstechnik hat in den letzten Jahren fortlaufend an Bedeutung gewonnen, z. B. an Bauwerken, in der hygienischen Produktion oder der Mikrosystemtechnik. Mit Gründung der Allianz existiert nun eine gebündelte Kompetenz, die das gesamte Feld der Reinigungstechnik prozessübergreifend abdeckt, und eine zentrale Anlaufstelle, die Anfragen und Projekte koordiniert bearbeitet. Das Fraunhofer IGB bringt sein Know-how bei der Plasmareinigung von Oberflächen vor deren Beschichtung und bei der elektrostatischen Oberflächenreinigung ein. Der Reinigungserfolg wird am Fraunhofer IGB mit allen gängigen oberflächenanalytischen Methoden bewertet. Die Bewertung mikrobieller Kontaminationen ist ein weiteres Kompetenzfeld des Fraunhofer IGB.

Fraunhofer-Allianz SysWasser

Vollmitglieder: IGB, IOSB, ISI, IST, UMSICHT, IKTS, ISE, IPK, ILT
Assoziierte Mitglieder: ITWM, IVI, IZFP
www.syswasser.de

Seit Juni 2007 bündeln mehrere Fraunhofer-Institute ihre Kompetenzen in der Entwicklung von Wassersystemtechnologien. Unter Berücksichtigung der sozialen, ökonomischen und ökologischen Konsequenzen und unter Anwendung neuester Technologien will die Allianz nachhaltige Lösungen für Wassergewinnung, Infrastruktur und Abwasserreinigung in praxisorientierte, nationale und internationale Anwendungen überführen. Sprecher der Fraunhofer-Allianz SysWasser ist Prof. Dr. Walter Trösch, der die Gründung der Allianz maßgeblich vorangetrieben hat. Sein Ziel ist auch eine systemische Vernetzung der Allianz zum Energie-, Abfall- und Landwirtschaftssektor.

.....
Darüber hinaus arbeitet das Fraunhofer IGB mit zahlreichen Fraunhofer-Instituten in bilateralen und Fraunhofer-internen Forschungsprojekten zusammen.

HIGHLIGHTS 2010

BERUFUNGEN, PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

Heike Walles in Deutschen Ethikrat berufen

Im Juni 2010 wurde Professor Heike Walles durch den Bundestagspräsidenten Professor Norbert Lammer für die Dauer von vier Jahren zum Mitglied des Deutschen Ethikrates berufen. Der Deutsche Ethikrat verfolgt die ethischen, gesellschaftlichen, naturwissenschaftlichen, medizinischen und rechtlichen Fragen sowie die voraussichtlichen Folgen für Individuum und Gesellschaft, die sich im Zusammenhang mit der Forschung und den Entwicklungen insbesondere auf dem Gebiet der Lebenswissenschaften und ihrer Anwendung auf den Menschen ergeben. Ebenso erarbeitet der Ethikrat Stellungnahmen und Empfehlungen für politisches und gesetzgeberisches Handeln.

AAA Morphological Sciences Award für Katja Schenke-Layland

Mit dem anerkannten Morphological Sciences Award der American Association of Anatomists (AAA) wurde Dr. Katja Schenke-Layland im April 2010 auf der Jahrestagung »Experimental Biology 2010« in Anaheim, Kalifornien, USA ausgezeichnet. Sie erhielt diesen Preis für ihre Leistungen auf dem Gebiet der minimal-invasiven Mikroskopie extrazellulärer Matrixstrukturen innerhalb von Blutgefäßen und dem

Herzen. Ihre wissenschaftlichen Arbeiten erschließen ein wichtiges neues Forschungsfeld, welches Anatomie, Stammzellbiologie und Tissue-Engineering-Technologien vereint.

Posterpreis für Katja Schenke-Layland

Die Auszeichnung Poster Competition Winner erhielt Dr. Katja Schenke-Layland für ihr Poster »Niche microenvironments as blueprint for tissue engineering applications« auf dem 5. Cardiovascular Healing Symposium am 10. Juli 2010 in Würzburg.

3. Platz für Jacqueline Pusch bei Elevator Pitches

Im Ideenwettbewerb »Elevator Pitches« beim ersten Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« am 7. und 8. Dezember 2010 wurde IGB-Mitarbeiterin Jacqueline Pusch mit ihrer Idee »Pflaster für Magen-/Darmwand« von den 320 Teilnehmern des ersten Tages auf Platz 3 gewählt. Das Pflaster soll es ermöglichen, die neue minimal-invasive Technik der NOTES-Chirurgie (natural orifice transluminal endoscopic surgery) für Operationen im Bauchraum über den Mundzugang einsetzen zu können. Auf die risikoreiche Bauchschnitt-OP (Laparotomie) für einen Eingriff an inneren Organen könnte damit verzichtet werden.



1



2

Derzeit ist der operative Zugang zur Bauchhöhle über die Magen- oder Darmwand jedoch aus zwei Gründen noch nicht realisierbar. Erstens fehlen geeignete endoskopische Geräte. Und zweitens fehlt eine sichere Methode, mit der man den für die OP notwendigen Schnitt durch die Magen- oder Darmwand nach der Operation wieder verschließen kann. Der Verschluss ist notwendig, um das Austreten von Magensäure und Bakterien in die Bauchhöhle und damit tödliche Infektionen zu verhindern. Die einfachste Lösung wäre ein Pflaster, welches direkt nach dem Eingriff von innen auf den Schnitt aufgebracht wird und zwar bevor die Instrumente vollständig über die Mundöffnung zurückgeführt werden. Ein solches Pflaster könnte aus Kollagen-Proteinen bestehen, wie sie in der Matrix des Darms vorkommen, und mithilfe der Elektrosplint-Technik hergestellt werden.

**Innovationswettbewerb Medizintechnik –
 Gewinnerprojekt mit IGVT und Fraunhofer IGB**

Beim Innovationswettbewerb zur Förderung der Medizintechnik, den das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2010 zum zwölften Male auslobte, ging das Projekt »Vollintegriertes Lab-on-a-Chip-System zur schnellen Bestimmung von Pilzinfektionen bei immunsupprimierten Patienten«, bei dem auch das Fraunhofer IGB und das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik (IGVT) der Universität Stuttgart beteiligt sind, als eines der 15 Gewinnerprojekte hervor.

Infektionen mit Schimmel- und Hefepilzen können insbesondere für Patienten, deren Immunabwehr durch Krankheit oder Medikamente geschwächt ist, lebensbedrohlich sein und müssen schnellstmöglich behandelt werden. Die übliche Standarddiagnostik dieser Erreger ist langwierig und fehlerbehaftet. Gefragt ist ein schnelles und zuverlässiges Nachweisverfahren, das alle relevanten Pilz-Erreger und deren eventuell vorhandene Medikamenten-Resistenzen gleichzeitig erfasst. Partner aus Wissenschaft und Industrie aus der Region und aus Lübeck wollen den kompletten Nachweis in einem Mikrosystem vereinen. Dieser Aufgabe stellen sich, koordiniert von der Lübecker Euroimmun, gemeinsam Mediziner um Prof. Dr. Cornelius Knabbe von der Ruhr-Universität Bochum, Wissenschaftler um PD Dr. Steffen Rupp vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB und Dr. Karin Lemuth vom Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik der Universität Stuttgart, sowie Entwickler um Dr. Karl-Heinz Boven von der Reutlinger Multi Channel Systems MCS GmbH und Dr. Peter Rothacher von der Robert Bosch GmbH, Gerlingen.

- 1 *AAA Morphological Sciences Award für Katja Schenke-Layland.*
- 2 *V. l.: Dr. Karin Lemuth (IGVT), Dr. Jan Weile (Ruhr-Universität, Bochum), Dr. Ulf Steller (Euroimmun, Lübeck), Dr. Markus Cavalari (Euroimmun, Lübeck), RD Peter Hassenbach (BMBF).*

NACHWUCHSFÖRDERUNG UND AUSSTELLUNGEN



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

Fraunhofer Talent School

Bei der Fraunhofer Talent School 2010, die seit 2009 auch am Standort Stuttgart stattfindet, leitete Dr. Kai Sohn, Stv. Abteilungsleiter Molekulare Biotechnologie, bereits zum zweiten Mal den Workshop »Wer bin ich oder die phantastische Reise ins Genom«. Ziel des Workshops war es, die Grundlagen des genetischen Codes, die DNA, besser zu verstehen. 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 2011 wird Kai Sohn mit einem Workshop wieder einen Beitrag zum Gelingen der Fraunhofer Talent School in Stuttgart leisten.

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

Girls' Day bei Fraunhofer in Stuttgart

Derzeit haben wir in Deutschland die bestausgebildete junge Frauengruppe der Geschichte. Allein unter den Abiturienten sind 55,7 Prozent weiblich. Trotzdem entscheiden sich Mädchen im Rahmen ihrer Ausbildungs- und Studienwahl überproportional für »typisch weibliche« Berufsfelder oder Studienfächer.

Der bundesweite, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ins Leben gerufene Girls' Day gibt bei Fraunhofer in Stuttgart einen Einblick in die Institute und die Berufsfelder Ingenieurwesen, Informatik und Naturwissenschaften. Die Forscher öffnen Labore und Versuchsfelder, Büros und Werkstätten, um an praktischen Beispielen zu demonstrieren, wie interessant ihre Arbeit ist. Auch 2010 waren wieder über 100 interessierte Mädchen in Stuttgart. Ein Teil lernte die Stationen »Die Natur als chemische Fabrik« und »Ich schau dir in die Augen, Kleines« am Fraunhofer IGB kennen. Der nächste Girls' Day findet am 14. April 2011 statt.

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

BOGY – Berufs- und Studienorientierung an Gymnasien

30 Schülerinnen und Schüler haben 2010 ihr BOGY-Praktikum am Fraunhofer IGB absolviert. Sie erhielten Einblicke in die Arbeitsbereiche von Wissenschaftlern und Doktoranden verschiedener Fachrichtungen (Ingenieure, Biologen, Chemiker und Physiker) und in typische Ausbildungsberufe (Technische Assistenten, Laboranten) eines Forschungsinstituts. So konnten die Schüler verschiedene Arbeitsgruppen der jeweiligen Abteilungen und deren Labore kennenlernen, an konkreten Projekten mitarbeiten, Methoden zum Nachweis bestimmter Stoffe erlernen und bei der Versuchsplanung sowie der Durchführung und Dokumentation der Versuchsergebnisse mithelfen. Dieses



Praktikum ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, sich ein detailliertes Bild der Arbeit in einem Forschungsinstitut zu verschaffen und dadurch ihre Berufswahl zu schärfen.
www.izs.fraunhofer.de/schueler-izs/schuelerpraktika/

Forschungswoche Life Sciences zu Beginn der Sommerferien bot das IGB den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern einen Tag Einblick in die Tätigkeiten eines Forschungsinstituts.
www.mine-mint.de

Checkpoint Zukunft: Tag für Studierende

Nachwachsende Rohstoffe – Lehrerfortbildung

Am 29. November 2010 waren über 100 Studierende technischer und naturwissenschaftlicher Studiengänge von verschiedenen Universitäten und Hochschulen am Fraunhofer-Institutszentrum in Stuttgart zu Gast. Im Rahmen von Vorträgen, Interviews und Führungen hatten sie Gelegenheit, sich einerseits über die verschiedensten Arbeitsgebiete der Institute zu informieren sowie Möglichkeiten eines Berufseinstiegs bei der Fraunhofer-Gesellschaft und speziell den Stuttgarter Instituten kennenzulernen. Mit der Frage »Warum nicht gleich in die Industrie?« wurden den Teilnehmern auch die verschiedenen Karrierewege bei Fraunhofer aufgezeigt. Äußerst positive Resonanz und steigende Teilnehmerzahlen, vor allem bei den weiblichen Teilnehmern, spiegeln den Erfolg der Veranstaltung wider, die seit 2007 einmal jährlich stattfindet.
www.izs.fraunhofer.de/studierende/

Elementarer Baustein für die schulische Förderung ist die Fortbildung der Lehrer. Vor allem, wenn sie komplexe Themen anschaulich vermitteln und immer auf dem neuesten Stand sein wollen. Der Dialog Schule – Chemie (DSC), das Informations- und Kommunikationsangebot der Chemie-Verbände Baden-Württemberg, bot Lehrern, Referendaren und Lehramtsstudenten der Regierungsbezirke Stuttgart und Tübingen Gelegenheit, sich beim 15. Regionalen Lehrerkongress am 10. November 2010 in Filderstadt über aktuelle Themen der chemischen Industrie zu informieren. Einen Beitrag zum hochaktuellen Thema »Nachwachsende Rohstoffe – Ein Thema für Schule, Forschung und Industrie« präsentierte Professor Thomas Hirth.

MiNe-MINT – Thementag Bioverfahrenstechnik und Forschungswoche Life Sciences

nano! Technoseum Mannheim

Das Fraunhofer IGB ist Gründungsmitglied im MiNe-MINT e. V., einem Netzwerk der Region Mittlerer Neckar, das Interesse bei Schülerinnen und Schülern für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik wecken möchte. Im Juni gestaltete das Fraunhofer IGB gemeinsam mit dem Institut für Bioverfahrenstechnik (IBVT) der Universität Stuttgart und den Firmen Visenso und LEWA unter dem Titel »Wii leuchtet die Zelle?« den Thementag Bioverfahrenstechnik, an dem 30 Schülerinnen und Schüler teilnahmen. Innerhalb der Wissenschafts- und

Vom 18. März bis zum 3. Oktober 2010 zeigte das Technoseum, Landesmuseum für Technik und Arbeit, in Mannheim die Ausstellung »nano! Nutzen und Visionen einer neuen Technologie«. Die Ausstellung beleuchtete die Anfänge der Nanotechnologie in den 1980er Jahren, erklärte die naturwissenschaftlichen Grundlagen und zeigte auch Anwendungen der Nanotechnologie auf. Unter zahlreichen Exponaten war auch das NANOCYTES®-Modell als gemeinsame Leihgabe von Fraunhofer IGB und IGVT. Das Modell stellt dar, wie molekular geprägte Nanopartikel als winzige Rezeptoren den Proteinwirkstoff Insulin binden und gezielt abgeben können.

PROJEKTE UND PROJEKTGRUPPEN



Erfolgreicher Projektabschluss – Finissage DEUS 21 in Knittlingen

Zum Abschluss des Projekts »Dezentrale Urbane Infrastruktursysteme DEUS 21«, fand am 18. Mai 2010 in Knittlingen eine feierliche Finissage statt. Etwa 50 geladene Gäste aus Industrie, Politik und Kommunen kamen ins Steinhaus in Knittlingen, wo sie von Institutsleiter Professor Thomas Hirth begrüßt wurden. Seitens des BMBF stellte Ministerialrat Wilfried Kraus in seiner Ansprache die förderpolitischen Ziele des Ministeriums vor. Daraufhin erläuterte Professor Walter Trösch Eckpunkte des Projekts DEUS 21. Ausgewählte Ergebnisse des Projekts präsentierten Dipl.-Ing. Marius Mohr für das Fraunhofer IGB und Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand für das Fraunhofer ISI. Zum Abschluss hielt Knittlingens Bürgermeister Heinz-Peter Hopp eine Ansprache, in der er die Bedeutung des Projektes für die Stadt hervorhob.

Nach einem Imbiss ging es dann zum Wasserhaus, in dem die gesamte, im Rahmen des Projekts entwickelte Technik untergebracht ist. Hier wurde die jüngste Entwicklung, ein Brennaggregat zur thermischen Verwertung des bei der Abwasserreinigung produzierten Biogases feierlich in Gang gesetzt. Zahlreiche Gäste nahmen die Gelegenheit wahr, bei einer Führung durch das Wasserhaus die Versuchsanlagen in Augenschein zu nehmen. DEUS 21 wurde über zwei Phasen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. In einem Neubaugebiet in Knittlingen entstand eine Demonstrationsanlage für eine neue Form der Abwasserreinigung: Sie ist semi-dezentral und in einem geschlossenen Bioreaktor werden die organischen Abwasserinhaltsstoffe zu Biogas vergoren, welches anschließend thermisch genutzt wird. Eine qualitätsgesicherte Regenwassernutzung wird ebenfalls demonstriert. Der Technologieansatz kann nun an den Bedarf anderer Standorte angepasst und dort technisch realisiert werden.

Übergabe des Förderbescheids an die Projektgruppe BioCat, Straubing

Nachdem die Projektgruppe BioCat »Katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe« zum 1. August 2009 am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB offiziell ihre Arbeit aufnahm, überreichte Heinz Grunwald, Regierungspräsident von Niederbayern, am 2. Februar 2010 den Zuwendungsbescheid über Fördergelder in Höhe von fünf Millionen Euro aus dem Programm »BayernFIT – Forschung, Innovation, Technologie« an Professor Ulrich Buller, Forschungsvorstand der Fraunhofer-Gesellschaft. Die feierliche Übergabe fand am Wissenschaftszentrum Straubing statt, wo die Projektgruppe unter der Leitung von Professor Volker Sieber momentan noch ihre Büroräume und Labore hat. Neben dem geschäftsführenden Direktor des Wissenschaftszentrums Professor Martin Faulstich IGB-Institutsleiter Professor Thomas Hirth drückten auch Teilnehmer der lokalen Politik und Dr. Günter Wich von der Wacker Chemie AG ihre Freude über die Unterstützung beim Aufbau der Projektgruppe BioCat in Straubing aus.



Spatenstich zum Neubau der Projektgruppe BioCat, Straubing

Am 22. Juli 2010 wurde der feierliche Spatenstich zum Bau eines neuen Laborgebäudes für die Projektgruppe BioCat in Straubing vollzogen. Pünktlich zur Feierstunde hatte auch der Oberbürgermeister von Straubing, Markus Pannermayr, die Baugenehmigung mit im Gepäck. Als prominentester Gast griff Bayerns Ministerpräsident Horst Seehofer selbst zum Spaten. Fraunhofer-Vorstandsmitglied Professor Alfred Gossner zeigte sich sehr erfreut über die zahlreich erschienenen Gäste aus Verwaltung, Wissenschaft und Politik und vor allem darüber, dass die Fraunhofer-Gesellschaft mit dem Bau des Laborgebäudes zurück an die Geburtsstätte des Namenspatrons Joseph von Fraunhofer kommt. Das Laborgebäude bietet insgesamt 12 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Platz und besteht aus einem chemischen und einem biologischen Großraumlabor. In Zukunft werden in diesem Gebäude unter der Leitung von Professor Volker Sieber neue Katalyseverfahren für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe entwickelt, die dazu beitragen, die Versorgung der chemischen Industrie mit Grundchemikalien sicherzustellen.

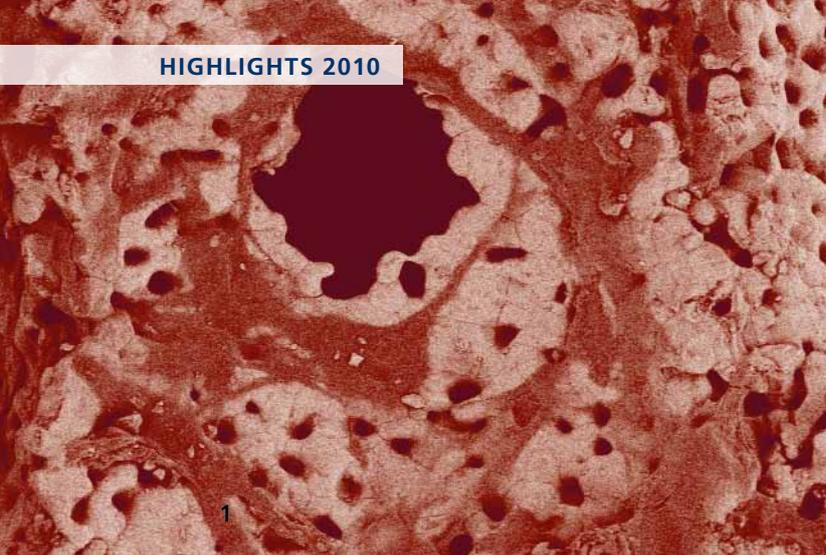
Spatenstich für Fraunhofer CBP, Leuna

Ein zweiter feierlicher Spatenstich erfolgte bei Schnee und Eis am 8. Dezember 2010 in Leuna, bei dem der Beginn der Bauarbeiten für das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP eingeleitet wurde. Vor nahezu 90 Gästen aus Politik, Wirtschaft und Forschung, die der Einladung gefolgt waren, erinnerte sich Professor Thomas Hirth in seiner Begrüßungsrede an den Ursprung der Idee und an Gespräche mit vielen der heute Beteiligten bis zur Finanzierung und Realisierung. Er betonte, dass das Fraunhofer CBP

zukünftig die Lücke zwischen Labor und industrieller Umsetzung bei der Nutzung nachwachsender Rohstoffe schließe und einen wichtiger Schritt auf dem Weg hin zu einer Bioökonomie darstelle.

Für das Land Sachsen-Anhalt, das einen Großteil der Finanzierung des Fraunhofer CBP sowie die Anschubfinanzierung der Projektgruppe stellt, sprachen sowohl Finanzminister und Stellv. Ministerpräsident Jens Bullerjahn als auch Wirtschaftsminister Dr. Reiner Haseloff, der den Zuwendungsbescheid an Fraunhofer-Vorstandsmitglied Professor Alfred Gossner und Professor Hirth überreichte. Auch Vertreter der Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) brachten in ihren Grußworten die Chancen des Fraunhofer IGB zum Ausdruck und wünschten Erfolg auf dem eingeschlagenen Weg. Andreas Hiltermann, Geschäftsführer der Standortbetreibergesellschaft InfraLeuna GmbH, freute sich, dass Leuna sich zum bio- und petrochemisch integrierten Standort entwickelt.

Auf den ersten Spatenstich folgen die Bauarbeiten für ein neues Gebäude mit mehr als 2000 Quadratmetern Fläche für Anlagen, Technika, Labore, Büro- und Lagerräume. Im Sommer 2012 werden dann modulare Anlagen bereitstehen, mit denen Partner aus Forschung und Industrie die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe im technischen Maßstab bis zu marktreifen Produkten entwickeln können.



FRAUNHOFER IGB INTERNATIONAL

EU

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

Vascubone

Unter der Koordination von Professor Heike Walles startete im Januar 2010 das EU-Projekt VascuBone. Das Konsortium mit insgesamt 15 Partnern aus Forschung und Industrie entwickelt eine Toolbox für die regenerative Therapie bei verschiedenen Arten von Knochendefekten im Kiefer, in langen Röhrenknochen oder bei der avaskulären Hüftkopfnekrose. Die Toolbox wird eine Reihe von biokompatiblen Biomaterialien beinhalten sowie unterschiedliche Zelltypen, zugelassene Wachstumsfaktoren, Technologien für die Materialmodifikation, Simulationsverfahren und analytische Verfahren wie *In-vivo*-Diagnostik mit molekularer Bildgebung (MRI und PET/CT), die je nach spezifischem medizinischem Bedarf auch kombiniert werden können. VascuBone wird im Rahmen des Gesundheits-Programms im 7. Forschungsrahmenprogramm mit 11,9 Mio Euro über eine Laufzeit von 5 Jahren gefördert. www.vascubone.eu

Auch 2010 konnte sich das Fraunhofer IGB wieder als kompetenter Forschungspartner für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) positionieren. Insgesamt wurden sieben Projekte aus dem EU-Forschungsprogramm »Forschung zugunsten von kleinen und mittleren Unternehmen«, an denen das Fraunhofer IGB beteiligt ist, positiv bewertet und zur Förderung vorgeschlagen. Das Programm unterstützt europäische Konsortien innovativer kleiner und mittlerer Unternehmen bei der Lösung technischer Probleme.

Cleanleachate

Deponiesickerwasser enthält gelöste Zerfallsprodukte der gelagerten Abfälle, dieses darf nicht in die Umwelt gelangen, da es gesundheitsschädliche Substanzen in erheblicher Konzentration enthält. In diesem Projekt wird ein oxidatives Behandlungsverfahren (AOP) mit einer neuartigen, für Deponiesickerwasser optimierten Elektrolysezelle entwickelt. www.cleanleachate.eu

PreserveWine

In diesem Projekt ist das Fraunhofer IGB daran beteiligt, die Druckwechseltechnologie (PCT) als kontinuierlichen Prozess für die Weinstabilisierung zu entwickeln. Ziel hierbei ist es, die Zugabe chemischer Konservierungsstoffe wie beispielsweise Schwefeldioxid zu minimieren oder zu vermeiden. www.preservewine.eu



MicroMilk

Ziel des Projektes ist es, die ernährungsphysiologischen und sensorischen Eigenschaften von Milch und Milchprodukten durch eine schnellere und homogenere Erhitzung zu verbessern. Zudem soll die Haltbarkeit der Milch verbessert werden. Hierzu entwickelt das Fraunhofer IGB innerhalb des europäischen Konsortiums ein neuartiges Konzept zur Milchpasteurisierung auf der Basis von Mikrowellen.

www.micromilk.eu

SalinityScan

In diesem EU-Projekt ist das Fraunhofer IGB innerhalb eines transeuropäischen Konsortiums an der Entwicklung eines neuartigen Durchflussmesssystems beteiligt. Das Messsystem soll die genaue Bestimmung der Volumenströme von Mehrphasengemischen aus Öl, Wasser und Gas, wie sie bei der Offshore-Erdölförderung auftreten, ermöglichen.

www.salinityscan.com

WaterPlasma

Entwickelt wird eine Prozesstechnologie zum Abbau schwer abbaubarer, xenobiotischer Kontaminationen in Prozesswasser durch Einwirkung von Atmosphärendruckplasma in Verbindung mit photokatalytischen Oberflächen. Der Prozess soll ohne chemische Zusätze oder zu entsorgende Absorber auskommen. Die neue Technologie ist für alle Arten von organisch kontaminierten Prozesswässern geeignet, die nicht ohne Vorbehandlung in das öffentliche Abwassersystem eingeleitet werden dürfen.

FurnitReuse

Bei diesem Projekt sollen alte Möbel gemeinsam mit Kunststoffen aus Desktop-Computern, Bildschirmen und Peripheriegeräten mittels einer innovativen, umweltfreundlichen Technik recycelt werden, so dass ein einzigartiger Verbundwerkstoff erzeugt wird. Der Verbundwerkstoff kann beispielsweise Verwendung in der Transportindustrie finden.

DryCheck

Dieses Projekt behandelt die Entwicklung und Implementierung eines Multisensor-basierten Tools zur Überwachung und Steuerung der automatisierten Trocknung von Würsten. Diese Sensorik soll eine gleichbleibende Qualität, Homogenität und Konsistenz der Produkte gewährleisten. Das Fraunhofer IGB bringt hier seine Kompetenzen im Bereich der Trocknung ein.



Fraunhofer-Truck in Brüssel

Seit dem 60jährigen Jubiläum der Fraunhofer-Gesellschaft im März 2009 tourt der Ausstellungstruck durch Deutschland und zeigt, welche Fraunhofer-Technologien aus den Bereichen Gesundheit, Umwelt, Energie, Sicherheit, Kommunikation und Mobilität in unseren Alltag einziehen können. Im April 2010 hielt der Truck in Brüssel in der Nähe des Europaparlaments, um den Mitarbeitern der verschiedenen EU-Organisationen und natürlich allen interessierten Besuchern die Fraunhofer-Welt näher zu bringen. Im Bereich Gesundheit zeigt das Hautmodell aus gezüchteten menschlichen Zellen, ob und in welcher Form Chemikalien toxisch wirken. Im Bereich Umwelt liegt der Schwerpunkt auf dem Thema Wasser. Entwicklungen aus dem Fraunhofer IGB zeigen Lösungen auf, wie Trinkwasserressourcen erschlossen und die Natur geschont werden kann.

Der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft Professor Bullinger nutzte den Rahmen, um der für Forschung, Innovation und Wissenschaft zuständigen EU-Kommissarin Máire Geoghegan-Quinn die Bandbreite der Fraunhofer-Forschungsthemen vorzustellen.



Brasilien

Im April 2010, zur offiziellen Auftaktveranstaltung des Deutsch-Brasilianischen Jahres der Wissenschaft, Technologie und Innovation in São Paulo, das auf deutscher Seite durch das BMBF und auf brasilianischer Seite durch das Außenministerium und das Ministerium für Wissenschaft und Technologie gefördert wird, waren unter den geladenen Gästen auch Wissenschaftler des Fraunhofer IGB. Brasilien stand als »Emerging Power« nicht nur im Mittelpunkt des internationalen Interesses sondern auch erneut im Fokus der Aktivitäten des Fraunhofer IGB.

Unterstützt durch die Arbeit des Fraunhofer-Kontaktbüros in São Paulo nahm das Fraunhofer IGB im Juli erstmals an der größten Wissenschaftsmesse Brasiliens teil, die durch die brasilianische Gesellschaft für den Fortschritt der Wissenschaften (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC) in Natal, Rio Grande do Norte, veranstaltet wurde. Auf dem Gemeinschaftsstand »Research in Germany« von Baden-Württemberg International präsentierte sich das Institut am einzigen internationalen Stand einem interessierten Fachpublikum.

Philipp Riegger, einer unserer Nachwuchswissenschaftler verbrachte drei Monate zu Studienzwecken im Themenfeld Wasserbehandlung bei UNIMEP (Universidade Metodista de Piracicaba), einem langjährigen universitären Partner des Fraunhofer IGB, wo er durch Professor Klaus Schützer und Natanael Macedo Jardim betreut wurde. Bei einem Aufenthalt

seiner deutschen Betreuerinnen aus dem Fraunhofer IGB, Dr. Iris Trick und Birgit Haller, wurden langjährige Kontakte vertieft und ein bestehendes Memorandum of Understanding erneuert.

Als Resultat der aktuellen, auf deutscher Seite vom BMU geförderten Projektarbeit in der Stadt Americana wurde Dr. Werner Sternad eingeladen, Vorträge über die nachhaltige Biogasnutzung zu halten. Die Präsentationen erfolgten unter anderem auf dem 2. Internationalen Kongress für Technologie für die Umwelt bei der FIEMA in Bento Gonçalves und dem Symposium für erneuerbare Energien und Energieeffizienz, das vom Deutschen Wissenschafts- und Innovationshaus in São Paulo organisiert wurde.

Für die zweite Hälfte des bilateralen Wissenschaftsjahrs ist im März 2011 ein gemeinsamer Workshop mit dem Kooperationspartner Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT in São Paulo geplant. Damit soll die Kooperation vorerst in den Bereichen Nanotechnologie und Gesundheit stärkere Fahrt aufnehmen.

Südkorea

Im Juni fand der erste der beiden gemeinsamen Experten-Workshops an der Pusan National University in Busan statt. Dort wurden einerseits Ergebnisse des laufenden Projekts zur verbesserten Sepsis-Diagnose, andererseits auch neue Projektideen diskutiert. Das Forscherteam des Fraunhofer IGB wurde



von seinem Firmenpartner EMC microcollections aus Tübingen zu diesem Workshop begleitet. Im Dezember fanden der Gegenbesuch einer Delegation der koreanischen Partner und ein zweiter, vertiefender Workshop am IGB statt. Während dieses Intensivworkshops wurden zukünftige Forschungsthemen vor dem Hintergrund bilateraler Förderausschreibungen diskutiert und weitere neue Projektanträge skizziert. Im Rahmen des Treffens fand auch ein Abstimmungsgespräch der beiden Institutsleiter Professor Thomas Hirth und Professor An Won Gun statt. Eine Firmenbesichtigung bei EMC microcollections rundete das erfolgreiche Meeting ab. Die Durchführung der Treffen wurde durch das internationale Büro des BMBF maßgeblich unterstützt.

Portugal

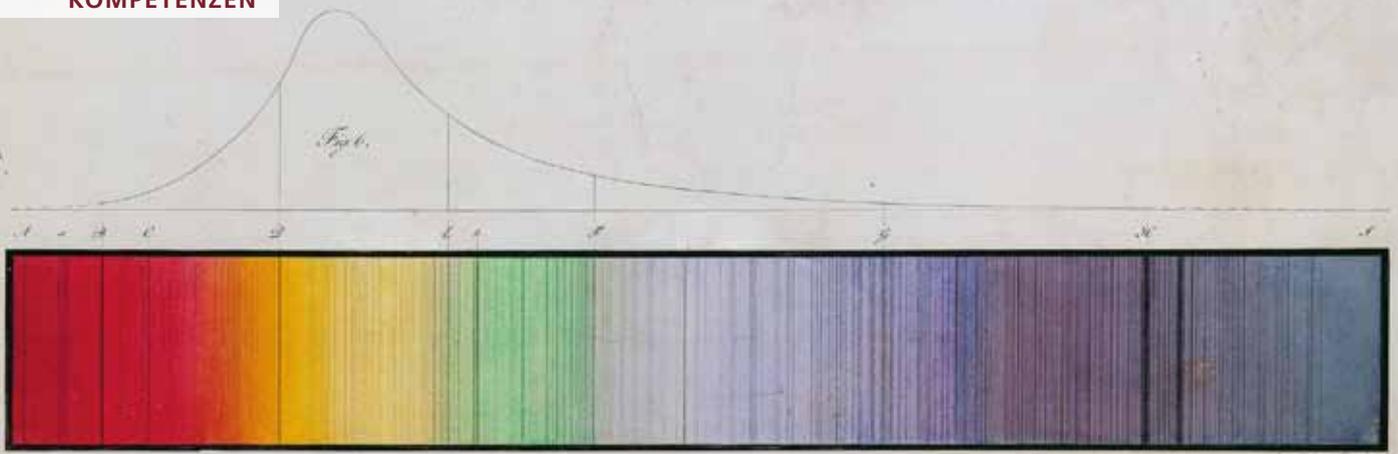
Vor dem Hintergrund, neue Kontakte zu Industrie- und Forschungspartnern im europäischen Raum anzubahnen und bestehende zu intensivieren, konnte das Business Development Team des Fraunhofer IGB Margarida Prado aus dem Instituto Gulbenkian de Ciência (IGC) gewinnen. Die Zellbiologin ist in ihrem Heimatinstitut als Beauftragte für Technologietransfer tätig und soll während ihres zwölfmonatigen Praktikums bilaterale Kontakte vorrangig zu portugiesischen, aber auch zu spanischen und französischen Partnern etablieren. Durch ihre Erfahrungen im Patentwesen unterstützt sie den am Fraunhofer IGB bereits etablierten Patentstrategieprozess. Ihr Aufenthalt wird durch die portugiesische Fundação para a Ciência e a Tecnologia FCT und das University Technology Enterprise Network (UTEN) unterstützt.



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



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



DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

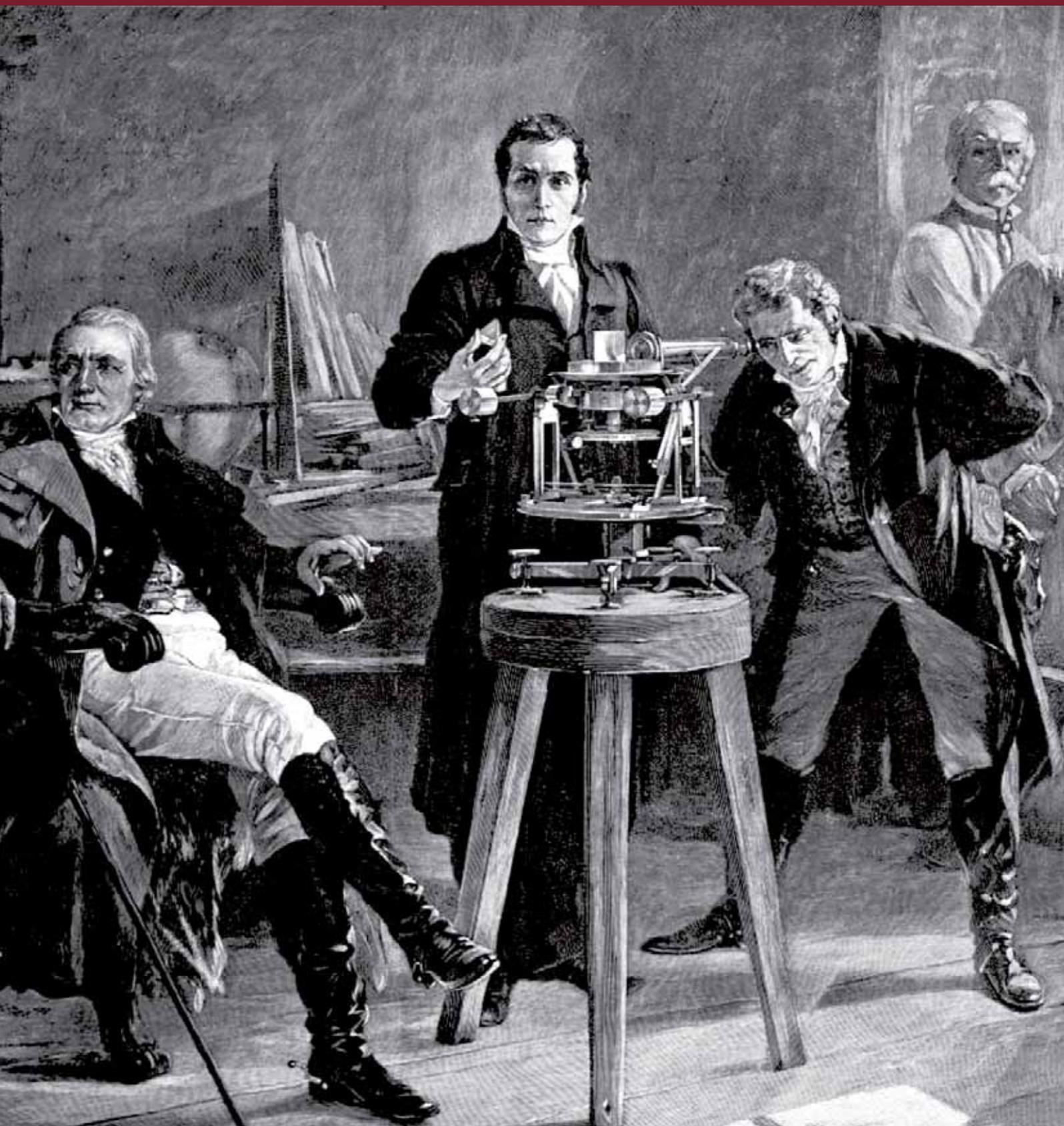
Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,65 Milliarden Euro. Davon fallen 1,40 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

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

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





GRENZFLÄCHENTECHNOLOGIE UND MATERIALWISSENSCHAFT

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

Etablierte Herstellungsverfahren

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

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

Etablierte Charakterisierungs- und Diagnostikverfahren

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



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

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

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

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

Leistungsangebot

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

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

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

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



Dr. Christian Oehr

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



MOLEKULARE BIOTECHNOLOGIE

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

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

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

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



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

Leistungsangebot

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

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

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



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

Abteilungsleiter

Molekulare Biotechnologie

Telefon +49 711 970-4045

steffen.rupp@igb.fraunhofer.de



PHYSIKALISCHE PROZESSTECHNIK

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

Aktuelle thematische Schwerpunkte sind:

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

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

Unsere Leistungen für die Prozess- und 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 3-D-CAD-Konstruktionssoftware zur Verfügung. Diese ist über eine



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

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

Leistungsangebot

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

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

- Laboranlagen für die Untersuchung der Flockungs- und Oxidationseigenschaften von industriellen Prozesswässern
- Technikumsanlagen für *Advanced Oxidation Processes* (AOP) (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
SolidWorks 2008 SP4.0, CST Microwave Studio 2009, ANSYS Version 11.0: Multiphysics™ und CFX®, COMSOL MultiPhysics® Version 3.5, Design-Expert 7 Workstation, Mechanical Desktop 2004 DX (AutoCAD 2004)



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



UMWELTBIOTECHNOLOGIE UND BIOVERFAHRENSTECHNIK

Schwerpunkte der Abteilung Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik liegen in der Entwicklung von Prozessen zur nachhaltigen Herstellung von Basischemikalien oder 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 Immobilisierung von Biokatalysatoren eine bedeutende Rolle. Das damit verbundene Know-how nutzen wir vielfältig im Bereich oberflächenassoziierter biologischer Reaktionen (Biokorrosion, Biofilmbildung, Biomineralisierung, Biofouling, Biosensorik, 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 liefern.

Kernkompetenz der Abteilung ist die Entwicklung robuster bioverfahrenstechnischer Prozesse zur Herstellung von Basischemikalien, die entweder energetisch, im Sinne gewünschter Nutzenergieformen (Methan, Ethanol, Methanol), oder stofflich genutzt werden können. Unter robusten Verfahren soll hier

verstanden werden, dass sie kontaminationsresistent, kontinuierlich und aseptisch (nicht steril) betrieben werden können. Die Prozessierung 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 mit unseren Industriepartnern. Die intelligente Verknüpfung von Unit-Operations der mechanischen und chemischen Verfahrenstechnik (inklusive der Aufarbeitungstechnik) mit Bioprozessen unter Verwendung von Modellierungs- und Simulationsmethoden führt hier ebenso zu Alleinstellungsmerkmalen wie der Umgang mit Mikroorganismen auf Oberflächen für die gezielte Ansiedlung oder Abreicherung.

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



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

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

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

Leistungsangebot

- Neue Methoden der Abwasserreinigung
- Bioverfahrenstechnische Reinigungsprozesse für industrielle Abwässer
- Entwicklung von Verwertungskonzepten für anorganische und organische Reststoffe

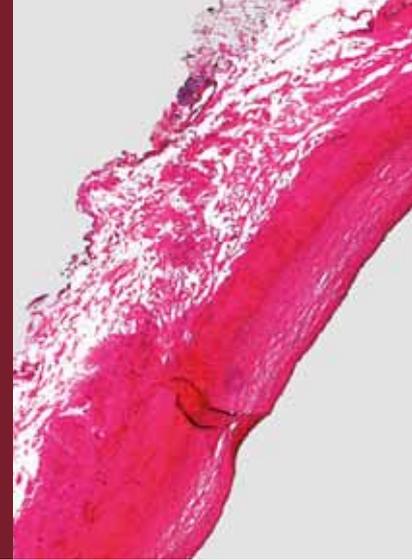
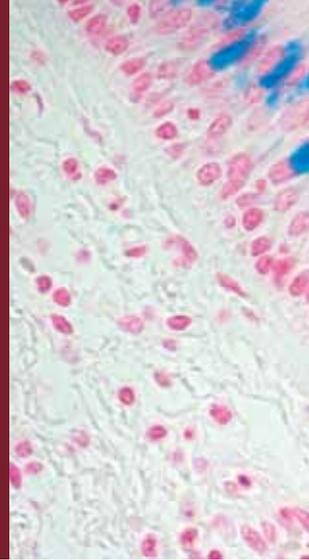
- Entwicklung von regionalen Systemkonzepten für das Bioenergie-Management
- Verfahren zur Vergärung unterschiedlicher organischer Substrate zu Biogas
- Entwicklung photoautotropher Prozesse für Mikroalgen und Cyanobakterien in Flachplatten-Airlifreaktoren
- Biotransformation von nachwachsenden Rohstoffen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

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

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



Prof. Dr. Walter Trösch
 Abteilungsleiter Umweltbiotechnologie
 und Bioverfahrenstechnik
 Telefon +49 711 970-4220
 walter.troesch@igb.fraunhofer.de



ZELLSYSTEME

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

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

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

Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Miniaturisierung und Charakterisierung unseres 3-D-Darmentestsystems dar. Das akkreditierte 2-D-Darmentestsystem aus Dickdarmkarzinomzellen (2D Caco-2-Modell) wird für validierte Permeabilitäts- und Transportstudien potenzieller Wirkstoffkandidaten und anderer Substanzen an der intestinalen Barriere eingesetzt.

Die Kultivierung unserer vaskularisierten Matrix (BioVaSc) in spezifischen Bioreaktoren, mit der wir komplexe vaskuläre Organstrukturen aufbauen, wurde nun auch unter GMP-Bedingungen etabliert. Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projektes bereiten wir momentan die erste klinische Studie für ein Trachea-Transplantat vor, das auf der BioVaSc basiert.

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



- Etablierung von Methoden zur zerstörungsfreien Zell- und Gewebecharakterisierung mittels der Raman-Spektroskopie

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

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

Leistungsangebot

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

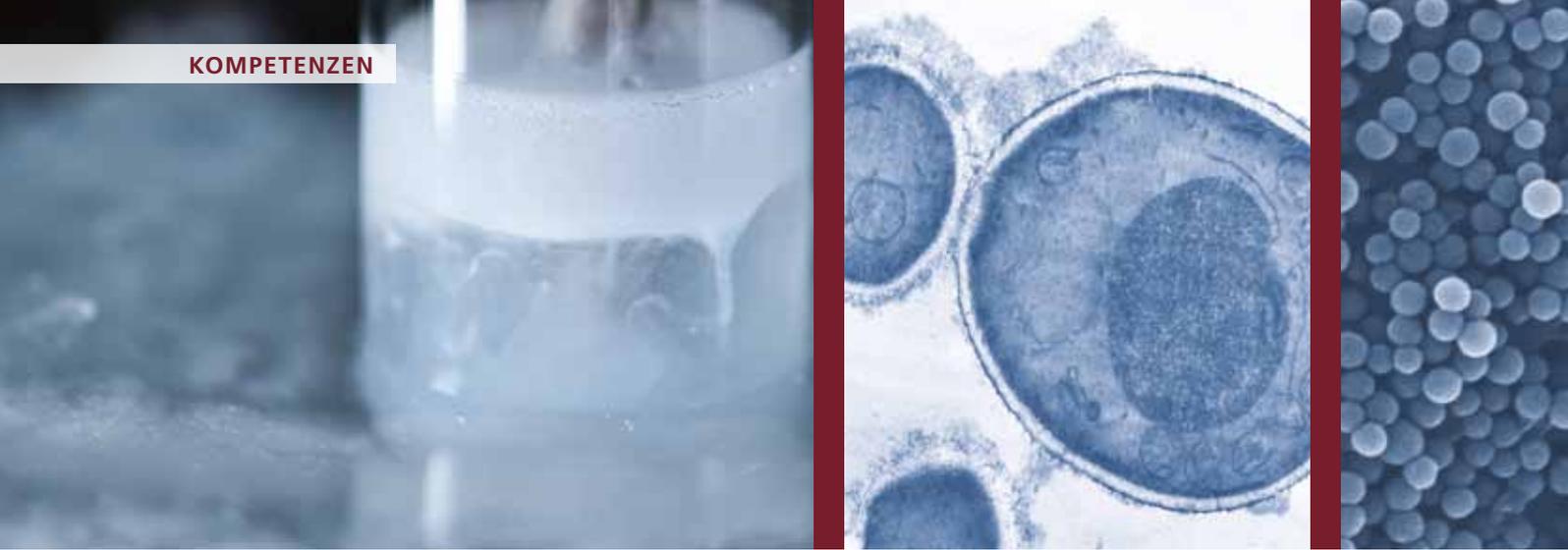
- Etablierung diverser 3-D-Gewebemodelle
 - Akkreditiert für REACH-Untersuchungen
 - Alternativen zum Tierversuch für die Kosmetika-Entwicklung
 - ADMET-Untersuchungen zum Substanz- und Medikamenten-Screening
 - Target-Screening für neue Therapeutika und Infektionsbiologie
- Entwicklung spezifischer,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

Infrastruktur, Labor- und Geräteausstattung

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



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



INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHENVERFAHRENSTECHNIK IGVT

Das IGVT wird von Professor Thomas Hirth geleitet und gehört zur Fakultät 4 »Energie-, Verfahrens- und Biotechnik« der Universität Stuttgart. Zum Jahresende 2010 zählte das IGVT 72 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, bei einem Forschungsbudget 2010 von etwa 2,4 Mio €. Das Institut befindet sich schwerpunktmäßig in den Räumen des Fraunhofer IGB, mit dem in enger Kooperation gearbeitet wird. Zusätzlich nutzt das IGVT Büro-, Labor- und Technikräume im Verfügungsbau der Universität Stuttgart, Allmandring 5b. Die Arbeitsgruppen des Instituts verfügen über moderne Labore mit Apparaturen für chemische, physikalisch-chemische, physikalische, biochemische, zellbiologische und bioverfahrenstechnische Arbeiten.

Die enge Zusammenarbeit mit den Gruppierungen des Fraunhofer IGB ermöglicht eine Durchgängigkeit der Projekte von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung. Dies drückt sich für das IGVT in Forschungsförderung durch DFG, BMBF, DBU, EU, Land Baden-Württemberg, Stiftungen und Industrie aus. Am IGVT verbinden wir universitäre Grundlagenforschung mit anwendungsorientierten Ansätzen und greifen dabei auch Impulse aus der Praxis auf.

Forschung und Lehre

Das IGVT widmet sich der Gestaltung, Funktionalisierung und Charakterisierung von Oberflächen organischen, anorganischen und biologischen Ursprungs sowie von Nano-, Bio- und Hybridmaterialien und deren Interaktionen. Weitere Schwerpunkte sind die Simulation und Verfahrensentwicklung von grenzflächenbestimmten Prozessen in der Membran- und Bioverfahrenstechnik sowie deren chemische, physikalisch-chemische, biochemische und molekular- oder zellbiologische Grundlagen.

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

Biologische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Wirt-Pathogen-Interaktionen
- Wechselwirkung zwischen Mikroorganismen und Oberflächen
- Microarray-Technologie für Diagnostik und biomedizinische Forschung
- Enzym- und Mikroorganismen-Screening sowie Verfahrensentwicklung für die industrielle Biotechnologie



Chemische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Molekulare Erkennung
- Nano- und mikrostrukturierte (bio)funktionale Oberflächen
- Kern-Schale-Nano- und Mikropartikel, insbesondere mit biomimetischer Schale
- Biomimetische Funktionsschichten für Medizin und Biotechnik
- Biomaterialien
- Radikalbildung und Reaktion von Zweistoffgemischen im Energiefeld

Medizinische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Organoide humane Testgewebe als Ersatz für Tierversuche
- Aufbau vaskularisierter Gewebe
- Toxizitätsstudien an organoiden Gewebemodellen
- Autologe Transplantate und Zelltherapien
- Gewebespezifische Bioreaktorentwicklung

Physikalische Grenzflächenverfahrenstechnik

- Plasmadiagnostik, Grenzflächencharakterisierung und physikalisch-chemische Modellbildung
- Oberflächenfunktionalisierung und Beschichtung für biologische und medizinische Anwendungen, die Verpackungstechnik und die Energietechnik
- Verfahrensentwicklung zur Dispersion von *Nanotubes* und Nanopartikeln in Flüssigkeiten und Polymeren
- Elektrochemisch stimulierte Kristallisation in Fällungsreaktionen
- Adsorptions-/Desorptionsprozesse zur Wärmespeicherung und Entfeuchtung
- Suspendierte Partikel und Emulsionen in elektrischen Feldern

Umwelt-Grenzflächenverfahrenstechnik

- Membranen und Membranverfahren zur Wasseraufbereitung
- Dynamische Membranverfahren zur Zellrückhaltung und zur Hygienisierung von Wasser
- Spezifische Adsorber zur Elimination von Spurenkontaminationen aus Wasser und Abluftströmen
- Membranen für die Gastrennung und Brennstoffzellen
- Produktion von Wertstoffen aus Mikroalgen in Photobioreaktoren
- Rückgewinnung anorganischer Nährstoffe als Kristalle
- Charakterisierung von Produkten bei der Trocknung mit überhitztem Dampf

Kontakt

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



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



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



PROJEKTGRUPPE BIOCAT

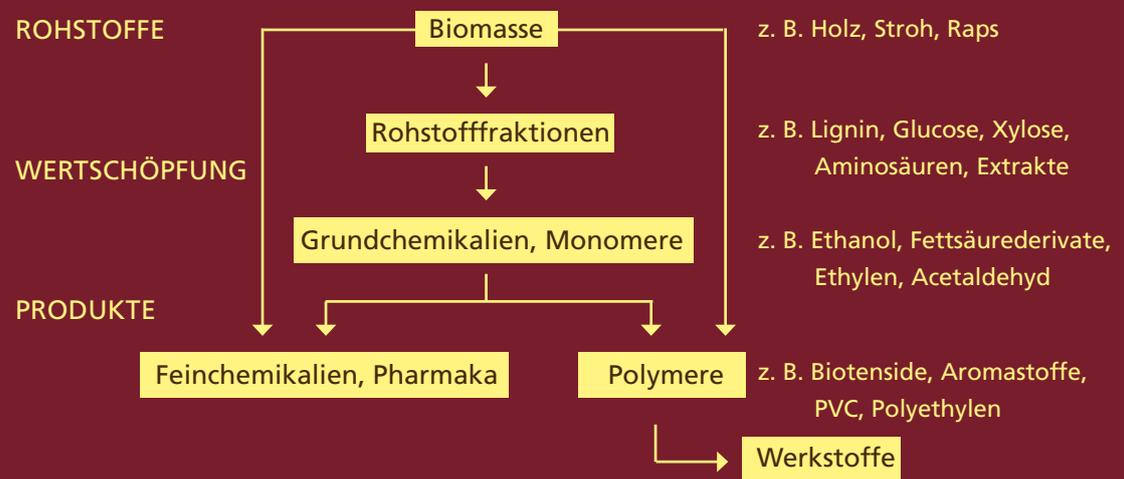
Im Fokus der Forschung der Projektgruppe »Katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe BioCat« steht die Entwicklung katalytischer Verfahren und neuer Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen. Schlüsseltechnologien der chemischen Katalyse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

Die Projektgruppe BioCat setzt sich aus Biotechnologen, Molekularbiologen und Chemikern der Bereiche Katalyse und Synthese zusammen, die neben den jeweiligen Fachkenntnissen in Biotechnologie (Enzymatik, Fermentation, Screening

von Biokatalysatoren) und Chemie (organische Synthese, Analytik, homogene Katalyse) über fundierte Kenntnisse im Bereich der biogenen Rohstoffe bzw. Naturstoffe verfügen. Durch Bündelung dieser verschiedenen Fachrichtungen ist es neben der fachlichen Beratung möglich, Arbeiten in den Bereichen Analytik, Forschung und Entwicklung neuer Stoffe, neuer Reaktionen und neuer Katalysatoren bzw. die Optimierung von Katalysatoren und bestehenden Prozessen Hand in Hand mit zukünftigen Auftraggebern durchzuführen.

Heute schon muss die nächste Generation von Katalysatoren und Verfahren entwickelt werden, die es erlauben, Biomasse und CO₂ als wesentliche Rohstoffquelle an Stelle des Erdöls zu verwenden. Die Projektgruppe BioCat möchte diese Entwicklung vor dem Hintergrund der »grünen« oder »nachhaltigen Chemie« beschleunigen und entscheidend mit prägen. Dafür verfolgt sie den Ansatz, neue chemo- und biokatalytische Verfahren für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu entwickeln und vor allem chemische und biotechnologische Methoden geeignet zu kombinieren, um die stoffliche Vielfalt pflanzlicher Biomasse richtig auszunutzen.

Die Projektgruppe BioCat möchte in enger Zusammenarbeit mit den Abteilungen des Fraunhofer IGB und dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal, Bio- und Chemo-Katalyse kombinieren. In gemeinsamen Projekten können so Themen zu nachwachsende Rohstoffen behandelt werden, die u. a. neue Impulse für die Biopolymerindustrie liefern.



Leistungsangebot

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

Infrastruktur und Geräteausstattung

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

Kontakt

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



Prof. Dr. Volker Sieber

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



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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



© Scherr + Klimke



FRAUNHOFER-ZENTRUM FÜR CHEMISCH-BIOTECHNOLOGISCHE PROZESSE CBP

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

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

- Funktionalisierung pflanzlicher Öle – Epoxidierung und ω -Funktionalisierung
- Aufschluss von Lignocellulose und Trennung der Komponenten

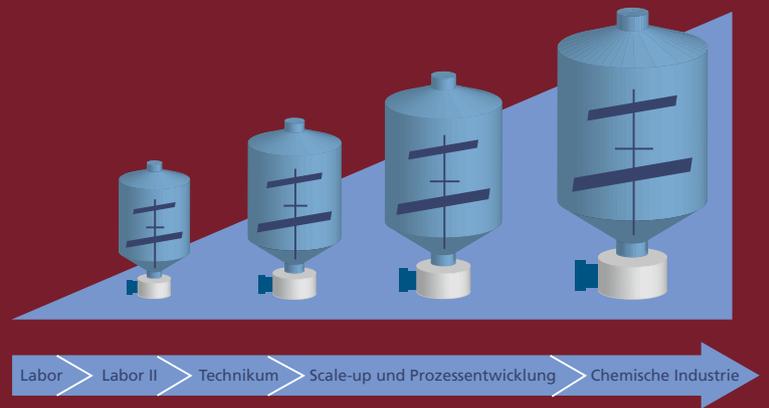
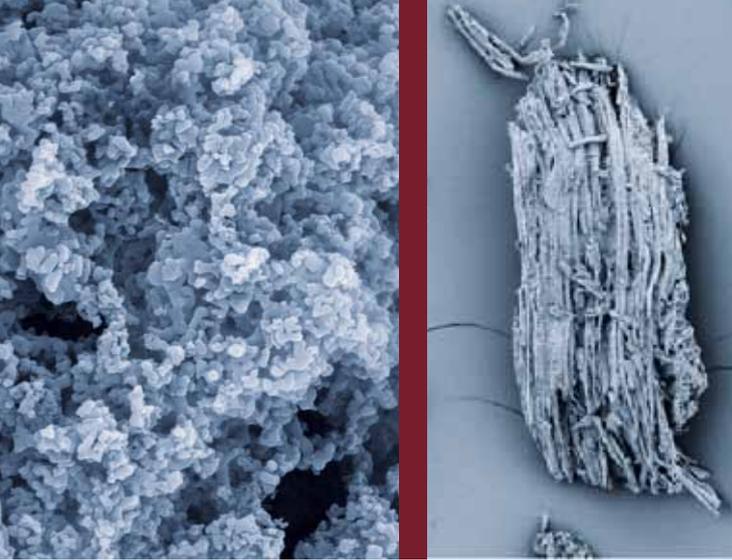
- Herstellung biobasierter Alkohole und Olefine
- Entwicklung neuer technischer Enzyme
- Gewinnung funktionaler Inhaltsstoffe und Energieträger aus Mikroalgen
- Verwertung von Restbiomasse durch Vergärung

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

Die Entwicklung der Verfahren zielt auf folgende Schwerpunkte:

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

Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen können die Übertragung der neuen Technologien für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe vom Labor in industriell relevante Größenordnungen aus eigener Kraft kaum leisten.



Die Technikums- und Miniplant-Anlagen ermöglichen Kooperationspartnern aus Forschung und Industrie die Entwicklung und Skalierung von biotechnologischen und chemischen Prozessen zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe bis zum industriellen Maßstab.

Leistungsangebot

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

Infrastruktur und Geräteausstattung

- Fermentationskapazitäten von 10/100/1000 und 10 000 L und Downstream Processing der Fermentationsprodukte
- Kontinuierliche Gasphasenreaktionen bis 10 L/h
- Kontinuierliche Flüssigphasenreaktionen bis 100 L/h bei Temperaturen bis 700 °C und 250 bar
- Mechanische und thermische Trennverfahren
- Aufschluss und Komponententrennung von Lignocellulose mithilfe von organischen Lösungsmitteln mit einer Kapazität von 1 t Biomasse/Woche
- Behälter bis 500 L zur enzymatischen Hydrolyse von Polysacchariden

Kontakt

Fraunhofer CBP

Am Haupttor | Bau 4310
06237 Leuna
www.cbp.fraunhofer.de



Prof. Dr. Thomas Hirth

Institutsleiter Fraunhofer IGB, Stuttgart
Telefon +49 711 970-4400
Fax +49 711 970-4006
thomas.hirth@igb.fraunhofer.de



Gerd Unkelbach

Fraunhofer ICT, Pfinztal
Telefon +49 721 4640-605
Fax +49 721 4640-111
gerd.unkelbach@ict.fraunhofer.de



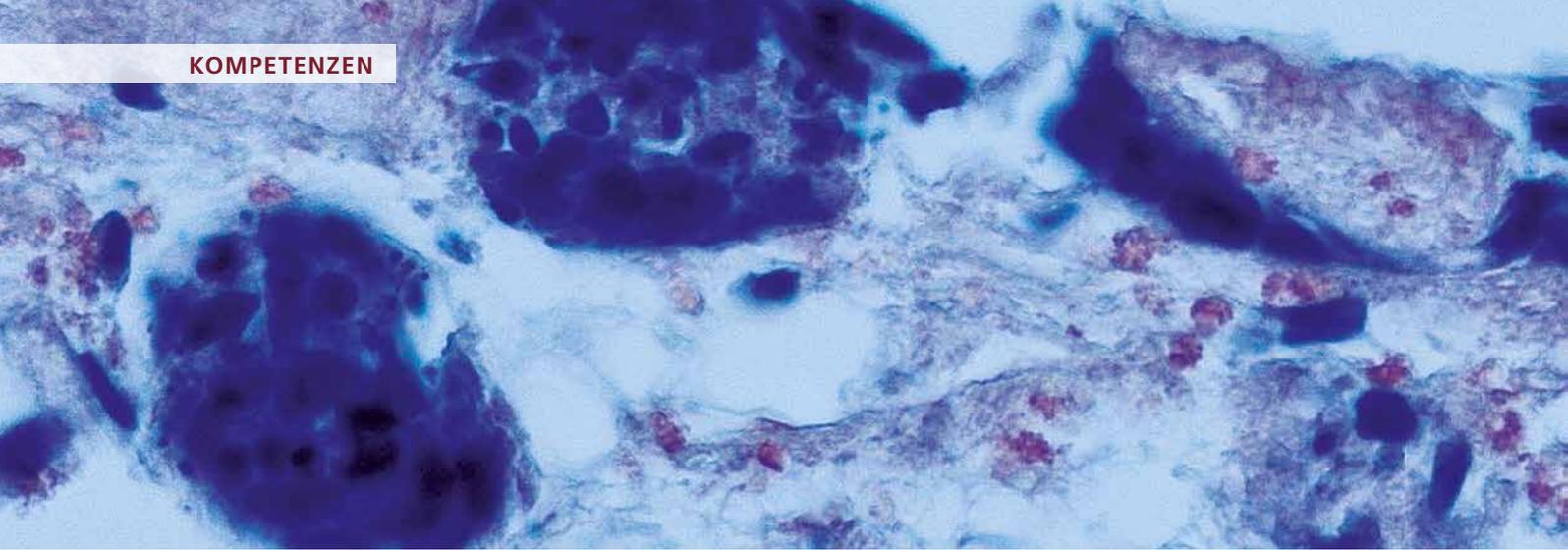
Dr.-Ing. Katja Patzsch

Fraunhofer CBP, Leuna
Telefon +49 3461 43-3500
Fax +49 3461 43-3501
katja.patzsch@cbp.fraunhofer.de



Dr. Moritz Leschinsky

Fraunhofer CBP, Leuna
Telefon +49 3461 43-3502
Fax +49 3461 43-3501
moritz.leschinsky@cbp.fraunhofer.de



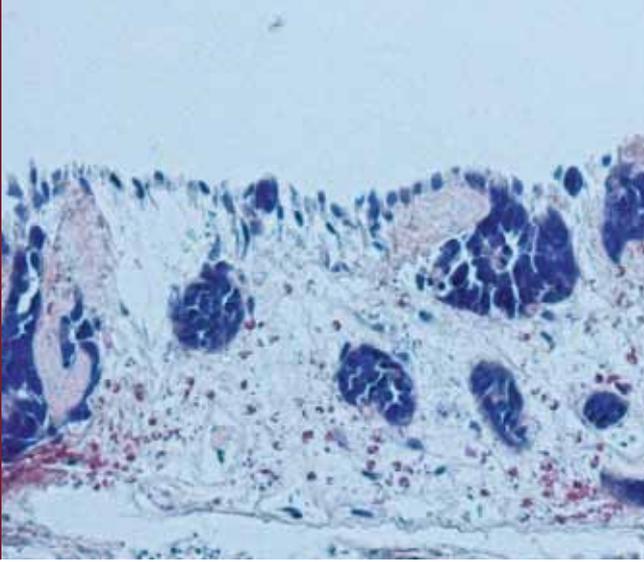
PROJEKTGRUPPE ONKOLOGIE

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

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

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

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



Leistungsangebot

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

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

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

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

Infrastruktur und Geräteausstattung

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

Kontakt

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



Prof. Dr. Heike Walles

Telefon +49 931 31-88828

Fax +49 931 31-81068

heike.walles@uni-wuerzburg.de



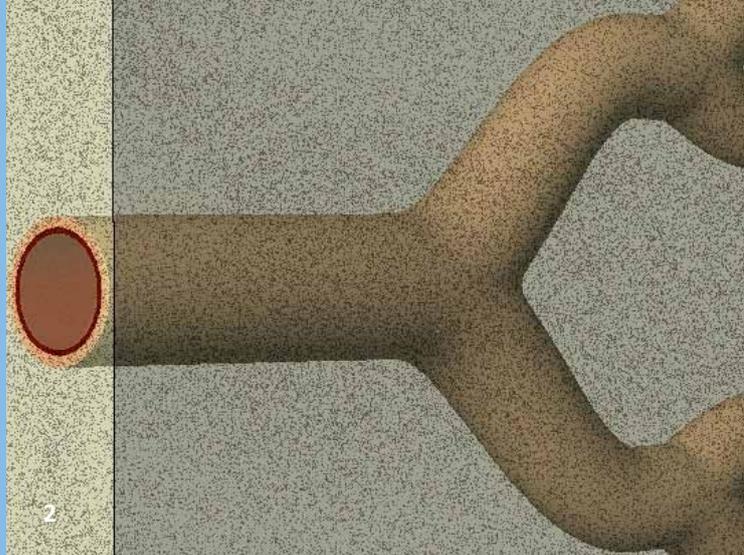
MEDIZIN

Prof. Dr. Heike Walles

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

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

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



KÜNSTLICHE BLUTGEFÄSSSYSTEME – VERSORGUNG VON *IN-VITRO*-GEWEBEN

Dr. rer. nat. Petra Kluger, Dr. rer. nat. Kirsten Borchers, Dr. rer. nat. Christian Schuh

Ziel des Tissue Engineerings ist die Herstellung von menschlichen Geweben und Organen im Labor. Der Aufbau größerer Gewebekonstrukte ist bislang jedoch limitiert, da eine Nährstoffversorgung durch ein Gefäßsystem – vergleichbar mit dem Blutgefäßsystem im Körper – fehlt. Im Rahmen eines Fraunhofer-Forschungsprojekts hat sich ein Konsortium aus den fünf Fraunhofer-Instituten IAP, IGB, ILT, IPA und IWM das Ziel gesetzt, künstliche Blutgefäßsysteme zu entwickeln.

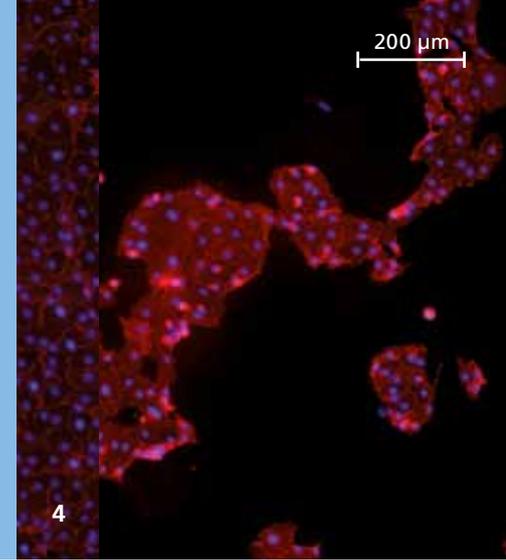
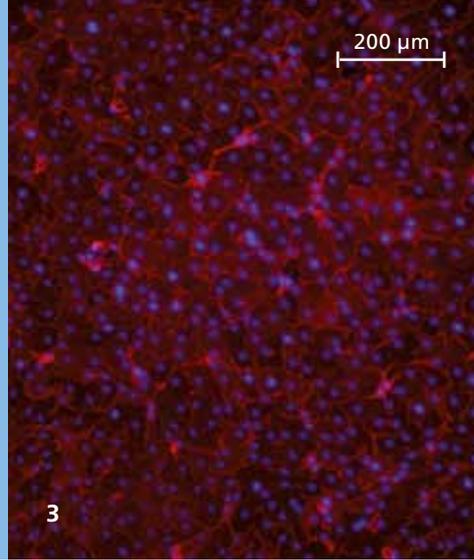
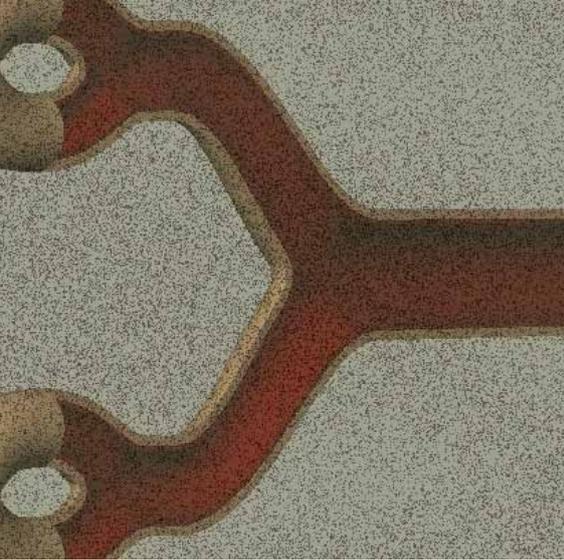
Mit Rapid Prototyping und Biologisierung zu künstlichen Gefäßen

Die Kombination aus 3-D-Inkjet-Drucktechnik und Multiphotonenpolymerisation ermöglicht erstmals die Herstellung von verzweigten Gefäßen mit Durchmesser unter 1 mm. Für die Verarbeitung in dem kombinierten Verfahrensprozess wurden unter Leitung des Fraunhofer IAP spezielle Tinten entwickelt. Sie basieren auf einem Baukasten mit unterschiedlichen Monomer- und Polymerkomponenten und lassen sich zu Materialien mit maßgeschneiderten elastischen Eigenschaften vernetzen. Schwerpunkt am Fraunhofer IGB ist die Biologisierung der synthetischen Röhrenstrukturen hin zu biomimetischen Gefäßsystemen. Dazu sollen Endothelzellen, die im Körper die Blutgefäße auskleiden, an die künstlichen Gefäße angebunden werden. In einem ersten Schritt erfolgt hierzu die Biofunktionalisierung des künstlichen Materials.

Biofunktionalisierung der Materialien

Die synthetischen Kunststoffoberflächen funktionalisieren wir mit modifizierten Biopolymeren (beispielsweise Heparin), Wachstumsfaktoren (z. B. vascular endothelial growth factor, VEGF) und spezifischen Ankerproteinen für Zellen (u. a. der Peptidsequenz Arginin-Glycin-Asparaginsäure, RGD), um die Besiedelung der Materialien mit Endothelzellen zu ermöglichen. Durch die Anbindung dieser bioaktiven Komponenten wird die Ausbildung eines konfluenten Zellrasens gesteuert. Darüber hinaus lässt sich auf diese Weise bei einem späteren Einsatz der künstlichen Gefäße im Transplantat auch deren Thrombogenität – also die Bildung von Blutgerinnseln – reduzieren.

Alternativ zur Biofunktionalisierung vollsynthetischer Materialien werden Hybridmaterialien aus synthetischen und biologischen Polymeren für den Aufbau der künstlichen Gefäße eingesetzt. Dazu werden am Fraunhofer IGB Biopolymere mit polymerisierbaren Gruppen ausgerüstet, die in der Tintenformulierung für den Rapid-Prototyping-Schritt integriert werden. Auf diese Weise soll das fertige Gefäßröhrchen bereits kovalent gebundene Biomoleküle enthalten und ohne Nachbehandlung die Interaktion mit Zellen ermöglichen.



Ausblick: Bioreaktor für biomimetische Blutgefäße

Die Ausbildung eines funktionalen Endothels ist essenziell für die Biofunktionalität der künstlichen Blutgefäße. Ziel ist es, eine vollständige Schicht Endothelzellen als innerste Lage der Röhrrchen zu etablieren. Ein wesentlicher Schritt zur Kultivierung funktioneller Endothelzellen ist die Nachbildung der Bedingungen im Körper. Hierzu entwickeln wir am Fraunhofer IGB ein spezielles Bioreaktorsystem, in dem die mit Endothelzellen besiedelten künstlichen Gefäßstrukturen dynamisch kultiviert werden.

- 1 Ein Polymerröhrchen, das einmal als künstliches Blutgefäß oder zur Versorgung von In-vitro-Gewebekulturen eingesetzt werden kann, wird mit Zellmedium gespült.
- 2 Bio-inspirierte Versorgungssysteme in einer Zellkulturmatrix für den Einsatz im Tissue Engineering (CAD, © Fraunhofer IPA)
- 3 Geschlossene Endothel-Zellschicht auf biofunktionalisiertem synthetischem Material.
- 4 Zum Vergleich das deutlich geringere Zellwachstum auf unbeschichtetem Polymer.



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



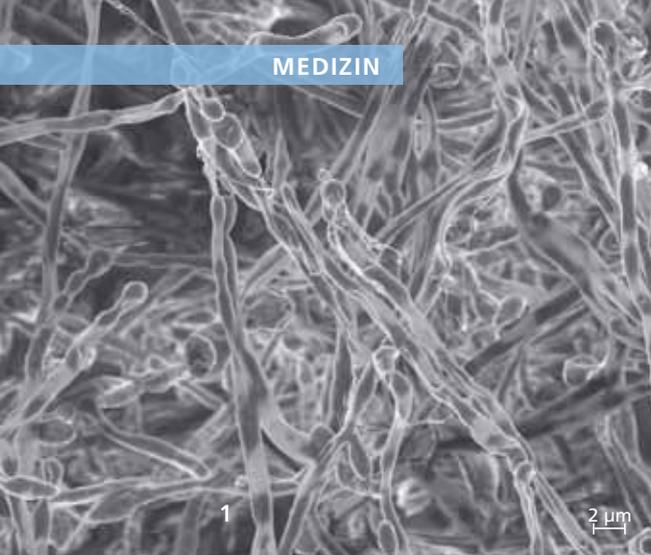
Dr. Petra Kluger
 Telefon +49 711 970-4072
 petra.kluger@igb.fraunhofer.de

Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, Gollm
 Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen
 Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
 IPA, Stuttgart
 Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung des Projekts »Herstellung bio-inspirierter Versorgungssysteme für Transplantate mittels Rapid Prototyping über Inkjet-Druck und Multiphotonenpolymerisation (BioRap)« über das Programm Marktorientierte Vorlaufforschung.



QUANTITATIVE PROTEOMICS IN DER AUFKLÄRUNG VON PATHOGENITÄTSMECHANISMEN

Dipl.-Biol. Frauke Purschke, Dr. rer. nat. Ekkehard Hiller

Systemische Mykosen, invasive Pilzinfektionen beispielsweise mit *Candida albicans* (Bild 1), sind insbesondere bei hämatologisch-onkologischen Grunderkrankungen, Neutropenie, AIDS, bei Patienten nach schweren chirurgischen Eingriffen oder während einer Chemotherapie und bei Frühgeborenen häufig auftretende Infektionen. Diese können oftmals fatale Auswirkungen haben, da bisher nur begrenzte diagnostische und therapeutische Möglichkeiten für eine effektive Behandlung der Pilzinfektion existieren.

Pathogenitätsmechanismen

Für das Verständnis der die Pathogenität verursachenden Mechanismen und die Entwicklung neuer fungizider Wirkstoffe ist die Analyse der Interaktion des Pilzes mit seiner Umgebung von besonderer Bedeutung. Proteine, die an diesen Wechselwirkungen beteiligt sind, kommen sowohl innerhalb der Zellwand vor, können aber auch aus den Zellen heraus in die Umgebung der Pilze sekretiert werden. Diese Proteine stellen als sogenanntes Sekretom einen Ausschnitt des Proteoms, also der Gesamtheit aller Proteine eines Organismus, dar. Sie können direkten Einfluss auf Zellen oder Gewebe des Wirtes nehmen, wenn beispielsweise bestimmte Proteasen an Prozessen wie dem Proteinabbau beteiligt sind.

Protein-Identifizierung und -Quantifizierung

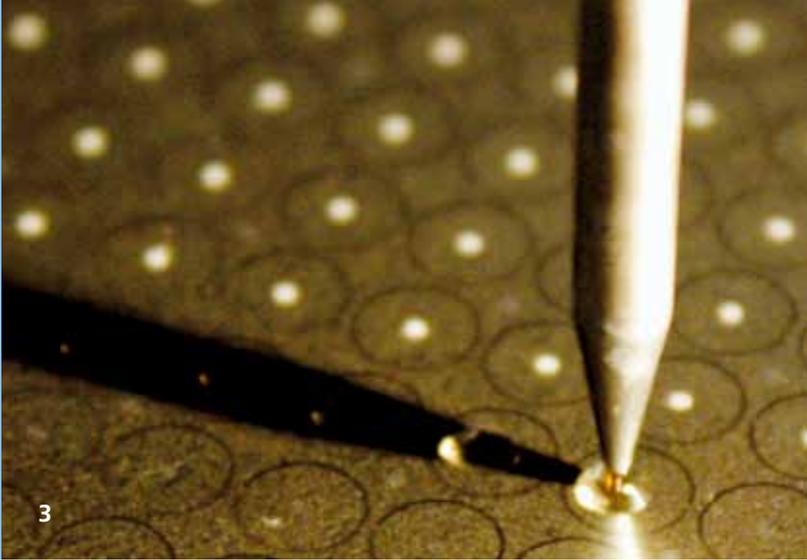
Das Proteom eines Organismus ist ständigen Änderungen in seiner Zusammensetzung unterworfen. Um die Vielschichtigkeit eines Proteoms zu reduzieren, wird es üblicherweise in mehrere Fraktionen aufgetrennt. Dabei kann beispielsweise die zwei-

dimensionale Gelelektrophorese (2-D-PAGE) verwendet werden, um Proteinextrakte definierter Konzentration (Bild 2) nach dem isoelektrischen Punkt und der Molekülmasse aufzutrennen. Im Gel werden die Proteine dann mittels Färbung detektiert und quantifiziert. Die Identifizierung der Proteine erfolgt im Anschluss mithilfe der Massenspektrometrie (Bilder 3, 4).

Abhängig von der Komplexität des Proteingemisches ist es auch möglich, die Proteine parallel zur massenspektrometrischen Identifizierung gleichfalls zu quantifizieren. So lassen sich Markierungen einsetzen, um eine Probe individuell zu kennzeichnen. Dabei wird an die durch eine proteolytische Spaltung aus den Proteinen hergestellten Peptide ein Molekül charakteristischer Masse angefügt. Während der MS-Messung mehrerer, mit unterschiedlichen Molekülen markierten Proben kann so auch eine relative Quantifizierung der Peptide aus den verschiedenen Proben durchgeführt werden (Bild 5). Dies erlaubt dann den Rückschluss auf die Mengen der jeweiligen Proteine.

Wirt-Pathogen-Interaktion

Die komplexen biologischen Vorgänge der Wirt-Pathogen-Interaktion von *Candida albicans* werden am Fraunhofer IGB mithilfe differenzieller Proteomanalysen über 2-D-PAGE oder quantitativer Massenspektrometrie untersucht. Hierbei haben wir die Infektion mit *Candida albicans* auf humanen Epithelgeweben *in vitro* nachgestellt. Die differenzielle Proteinexpressionsanalyse des Cytosols zeigt eine adaptive Antwort auf einen Nährstoff- und Eisenmangel, osmotischen und oxidativen Stress. Ebenfalls finden sich Hinweise auf einen Umbau der Zelloberfläche von *C. albicans*.



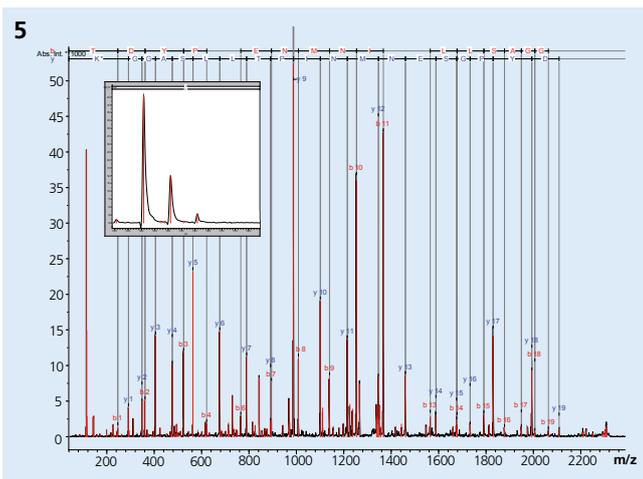
Nachdem wir in früheren Arbeiten das Sekretom bei verschiedenen Wachstumsformen von *C. albicans* untersucht haben [1], analysieren wir aktuell die sekretierten Proteine von *Candida* ssp. bei Kontakt mit dem Epithelmodell. Dabei sollen die Proteine identifiziert werden, die vom Pilz oder den Epithelzellen spezifisch während ihres Kontaktes freigesetzt werden.

Candida als Biofilm

Als Biofilm auftretende Zellen von *Candida* ssp. (Bild 1) sind aufgrund ihrer Wachstumsform noch deutlich schwerer zu bekämpfen als planktonisch auftretende Zellen. Um die Entwicklung solcher Biofilme besser zu verstehen, analysieren wir die quantitative Zusammensetzung des Sekretoms im zeitlichen Verlauf seiner Bildung. Die Daten können auch Hinweise auf die Kommunikation der Zellen untereinander im Biofilm beinhalten, bzw. Rückschlüsse auf die Bildung der extrazellulären Matrix des Biofilms zulassen.

Ausblick

Die Techniken, die wir zur Untersuchung der von *Candida albicans* sekretierten Proteine etabliert haben, stellen eine Grundlage für quantitative Betrachtungen von Proteinen mittels der Massenspektrometrie dar. Sie können ebenfalls für andere Organismen oder Testsysteme eingesetzt werden, bei denen es gilt, Proteine in einem Schritt zu identifizieren und quantifizieren.



Dr. Ekkehard Hiller

Telefon +49 711 970-4171
ekkehard.hiller@igb.fraunhofer.de



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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

Literatur

[1] Hiller, E.; Heine, S.; Brunner, H. and Rupp, S. (2007) *Candida albicans* Sun41p, a putative glycosidase, is involved in morphogenesis, cell wall biogenesis, and biofilm formation. *Eukaryot Cell* 6(11): 2056-65

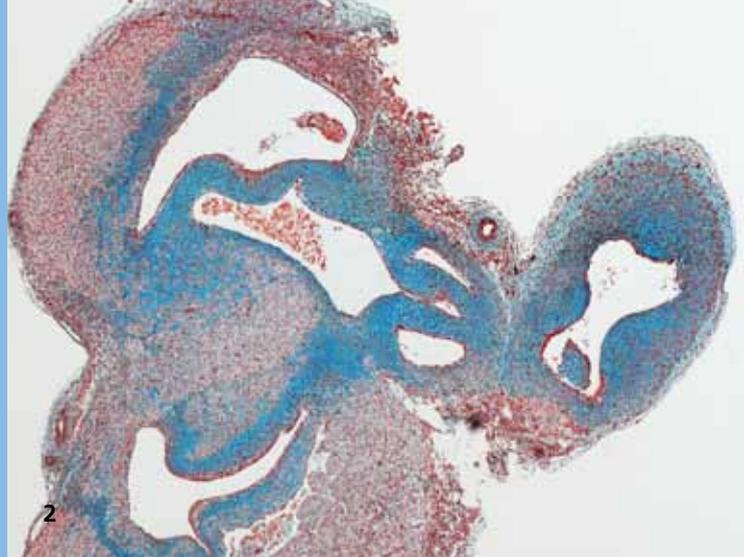
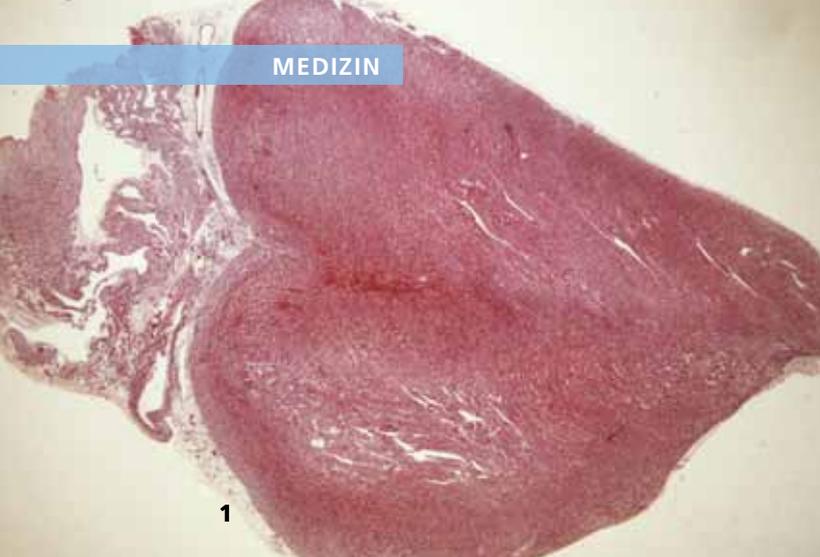
Förderung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung der Arbeiten »Identification and characterisation of virulence associated genes during vaginal infections with *Candida albicans*, focusing on the cell wall« (GZ:RU 608/4) im Schwerpunktprogramm 1160 »Kolonisation und Infektion durch humanpathogene Pilze«.

Projektpartner

www.spp1160.hki-jena.de

- 1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Biofilms von *Candida albicans*.
- 2 Bestimmung der Proteinkonzentration in Mikrotiterplatten.
- 3 Auftrag aufgetrennter Peptide auf einen MALDI-Proben-träger.
- 4 MALDI-Ionenquelle.
- 5 MS/MS-Massenspektrum mit den für die Quantifizierung verwendeten Peaks.



ENTWICKLUNG BIO-INSPIRIERTER STRATEGIEN ZUR KARDIOVASKULÄREN REGENERATION

Dr. rer. nat. Katja Schenke-Layland M. Sc.

Herzinsuffizienz ist eine der häufigsten Erkrankungen weltweit. In Europa alleine sind schätzungsweise 10 Millionen Menschen betroffen. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes sind sie für fast jeden zweiten Todesfall in Deutschland verantwortlich [1]. Ursachen dieser Insuffizienz sind neben pathologischen Veränderungen der Herzklappen akute oder chronische Schäden des Herzmuskels, des Myokards. Die derzeit verfügbaren, meist chirurgischen Ersatzverfahren zur Behandlung des Myokards oder der geschädigten Herzklappen sind trotz modernster Therapieansätze nicht nachhaltig. Zwar ist die Transplantation von Spenderklappen oder der Einsatz künstlicher Herzklappenprothesen bereits klinischer Alltag und hat wesentlich dazu beigetragen, vielen Menschen das Leben zu erhalten, zu verlängern oder deren Lebensqualität zu verbessern. Jedoch verfügt keines der zurzeit verfügbaren Herzklappenmodelle über eine ausreichende, langfristige Biokompatibilität, ein Potenzial zum Wachstum oder zur Selbstreparatur. Das Design optimaler Herzklappenersatzmodelle mithilfe des Tissue Engineerings sowie die Konzeption innovativer Therapiestrategien, beispielsweise durch Verwendung von Stammzellen, für die kardiovaskuläre Regeneration stehen deshalb im Fokus unserer Forschung.

Herausforderung und Konzept

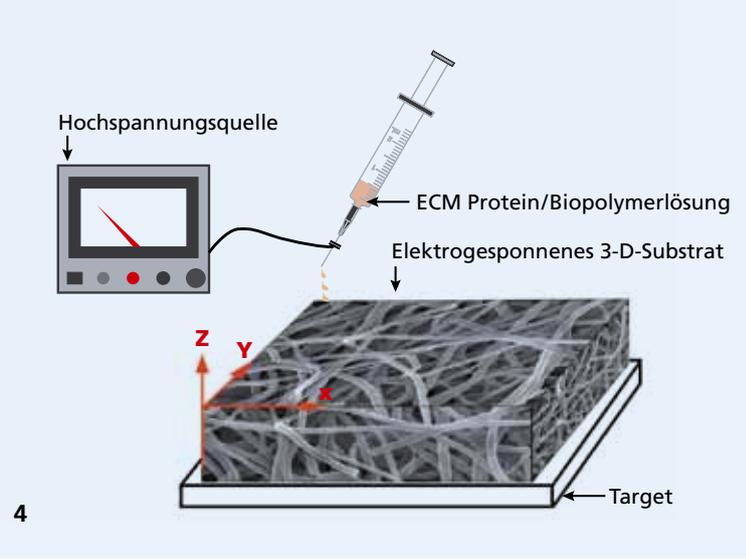
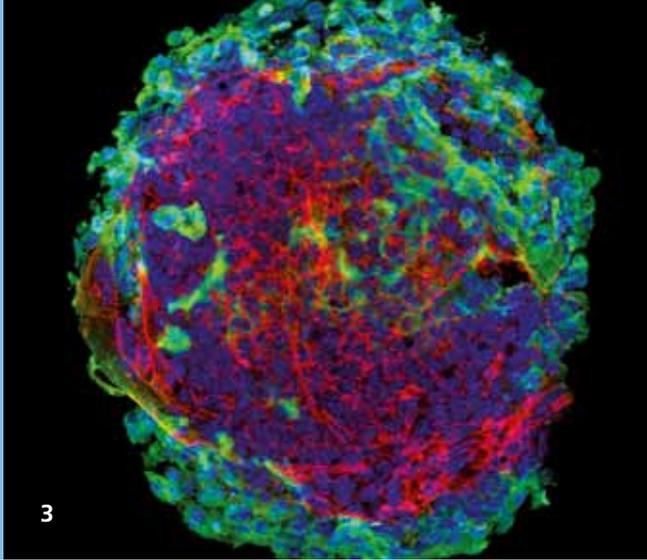
Die Verfahren des kardiovaskulären Tissue Engineerings verwenden biokompatible Trägersubstrate, die mit meist körpereigenen (autologen) Zellen besiedelt werden [2]. Als Trägersubstrate werden bisher natürliche und synthetische sowie bioabbaubare und nicht bioabbaubare Biomaterialien verwendet. Die in aktuellen Studien zur Besiedlung dieser Trägersubstrate verwendeten Zellen werden entweder aus

Gefäß- oder Gewebebiopsien isoliert oder als adulte Stamm- und Progenitorzellen einer Vielzahl von Geweben entnommen [3]. Auch wenn die Ergebnisse erster *In-vitro*-Studien recht vielversprechend waren, deuten die meist unbefriedigenden Langzeitresultate der sich anschließenden *In-vivo*-Versuche darauf hin, dass sowohl das Konzept des Herzklappen-Tissue-Engineerings als auch die myokardiale Regeneration noch weit von einer klinischen Routineapplikation entfernt sind. Die Attract-Gruppe identifiziert daher entwicklungsbiologische Prozesse, Zellphänotypen und Matrixproteine, welche die Herzentwicklung steuern. Die Übertragung der gewonnenen Informationen auf das kardiovaskuläre Tissue Engineering soll helfen, optimale Implantate zu generieren.

Projekte und Anwendungen

Da sich über 98 Prozent der Herzmuskelzellen im Stadium der terminalen Differenzierung befinden, in welchem sie nicht mehr proliferieren können, ist die regenerative Fähigkeit des Herzens extrem eingeschränkt. Ein Fokus unserer Forschung ist es daher, geeignete Zellen zu identifizieren, die das Potenzial besitzen, beschädigte Herzmuskelzellen ersetzen und deren Funktion übernehmen zu können. Zur Herstellung funktionellen Herzmuskelgewebes testen wir den Einsatz humaner pluripotenter Stammzellen.

Der Zellphänotyp der Taschenklappen (Pulmonal- und Aortenklappe) des Herzens ist bislang unbekannt. Die exakte Identifizierung des Progenitorzell-Phänotyps dieser Klappen sowie die Charakterisierung der sich entwickelnden extrazellulären Klappenmatrix stellen daher einen kritischen Schritt bei der Entwicklung eines idealen Herzklappenersatzes dar.



Unsere Gruppe beschäftigt sich mit den entwicklungsbiologischen intra- und extrazellulären Mechanismen, welche während der Herzklappenentwicklung (Bilder 1, 2), der Valvulogenese, die Differenzierungsprozesse vorantreiben und erfolgreich abschließen lassen. Ein weiteres Projekt ist das Genetic Engineering von Zelllinien, die zur dauerhaften *In-vitro*-Produktion humaner extrazellulärer Proteine eingesetzt werden sollen. Die *in vitro* hergestellten Proteine wollen wir anschließend als allogene Biomaterialien bei der Herstellung optimaler Hybrid-Trägersubstrate für den Herzklappen- und Myokardersatz einsetzen. Dabei werden wir auch auf innovative Technologien wie beispielsweise das Elektrospinnen zurückgreifen.

Kompetenzen und Technologien

Langjährige Expertise haben wir in der Etablierung zwei- und dreidimensionaler *In-vitro*-Stammzellkultursysteme unter Verwendung adulter und embryonaler Stammzelltechnologien [4, 5] (Bild 3). Weitere Kompetenzen sind die Analyse von Proteinen und Strukturen der extrazellulären Matrix (ECM) unter Verwendung minimal-invasiver Mikroskopietechnologien [6], die Entwicklung spezifischer Systeme für die Lagerung und Aufbewahrung von Geweben und Organen [7] sowie die Herstellung pluripotenter Stammzellen aus Patientenmaterial. Eine weitere Kernkompetenz ist das Design und die Entwicklung neuartiger Biomaterialien für den Einsatz in der regenerativen medizinischen Forschung [5, 8] (Bild 4).

- 1 *Fetales humanes Herz, 15. Entwicklungswoche, H&E Färbung.*
- 2 *Herzklappen (blau) in einem sich entwickelnden menschlichen Herzen, Movat-Pentachrom-Färbung.*
- 3 *Unter 3-D-Kulturbedingungen in vitro erzeugtes embryonales Stammzellaggregat (embryoid body). Immunfluoreszenzfärbung zeigt Zellkerne (blau), Zellzytoskelett (rot) und das ECM-Protein Decorin (grün).*
- 4 *Konzept des Elektrospinnens für den Einsatz in der regenerativen medizinischen Forschung.*



Dr. Katja Schenke-Layland M. Sc.

Telefon +49 711 970-4082

katja.schenke-layland@

igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Todesursachen in Deutschland 2007, Statistisches Bundesamt, Fachserie 12, Reihe 4, DESTATIS, 2008
- [2] Schenke-Layland, K. et al. (2006) *Adv Drug Deliv Rev.* 58: 878-896
- [3] Bouten, C. V. C. et al. (2011) *Adv Drug Deliv Rev.* in press
- [4] Schenke-Layland, K. et al. (2008) *Stem Cells* 26(6): 1537-1546
- [5] Schenke-Layland, K. et al. (2011) *Biomaterials* in press (DOI:10.1016/j.biomaterials.2010.12.046)
- [6] Schenke-Layland, K. (2008) *J Biophotonics* 1(6): 451-462
- [7] Brockbank, K. G. et al. (2010) *Cells Tissue Organs* in press (DOI: 10.1159/000321166)
- [8] Schenke-Layland, K. et al. (2009) *Biomaterials* 30(27): 4665-4675

Partner

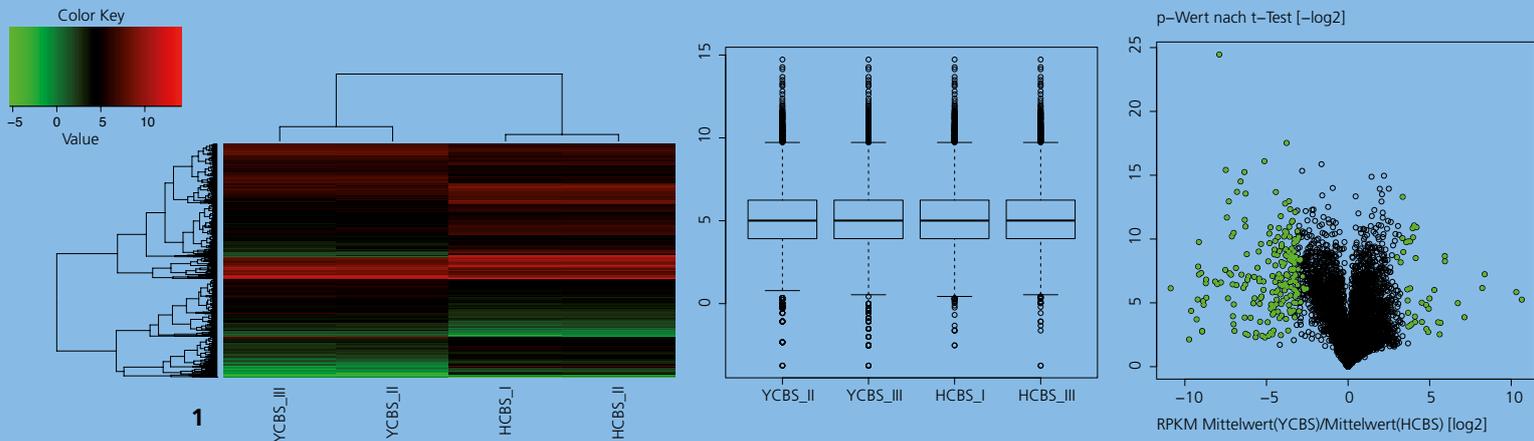
Universitätsklinikum der Eberhard Karls Universität, Tübingen
 University of California Los Angeles (UCLA), Departments of Medicine/Cardiology and Molecular, Cellular and Developmental Biology, Los Angeles, USA | University of Southern California (USC), Department of Pharmacology and Pharmaceutical Sciences, Los Angeles, USA
 Cell & Tissue Systems Inc., North Charleston, USA

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung unserer Arbeiten über das Programm Attract.

Auszeichnungen

Morphological Sciences Award der American Association of Anatomists (AAA) 2010



COUNT BASES – BIOINFORMATIK-PLATTFORM ZUR NEXT-GENERATION TRANSKRIPTOMDATENANALYSE

Stefan Lorenz B. Sc.

Neue Technologien zur DNA-Hochdurchsatzsequenzierung (next generation sequencing, NGS) erlauben im Vergleich zu konventionellen Sequenziertechnologien gänzlich neue experimentelle Herangehensweisen in vielen Forschungsfeldern der Biowissenschaften [1]. In einem Gerätelaufl werden simultan 10^6 – 10^9 DNA-Fragmente mit einer durchschnittlichen Sequenzlänge von 30–800 Basen *de novo* sequenziert [2, 3]. Dabei entstehen enorme Datenmengen, die ein Speichervolumen von bis zu 10–100 Gigabyte einnehmen. Intelligente bioinformatische Verfahren sind damit zur Voraussetzung einer sinnvollen Dateninterpretation und -organisation geworden.

Um die neuen DNA-Sequenziertechnologien für Anwendungen wie die Genexpressionsanalyse nutzen zu können, haben wir am Fraunhofer IGB die Bioinformatik-Plattform Count Bases entwickelt. Dieses System besteht im Wesentlichen aus drei Modulen, welche die Bereiche Sequenzanalyse (Count Bases – Next-Gen Sequence Assistant), Statistik sowie Visualisierung (Count Bases Viewer) umfassen.

Count Bases – Prozessierung der Sequenzdaten mittels Next-Gen Sequence Assistant

Das erste Modul der Bioinformatik-Plattform ermöglicht die flexible Bearbeitung sequenzierter Rohdaten. Diese können derzeit bis zu 30 Millionen und mehr sequenzierter DNA-Fragmente (Reads) pro Experiment ausmachen. Durch das sogenannte *Preprocessing* können Reads durch unterschiedliche Filtermethoden in wenigen Schritten effizient bearbeitet und zugeordnet werden. Um das Potenzial der Hochdurchsatzsequenzierertechnologie optimal auszuschöpfen, versehen wir

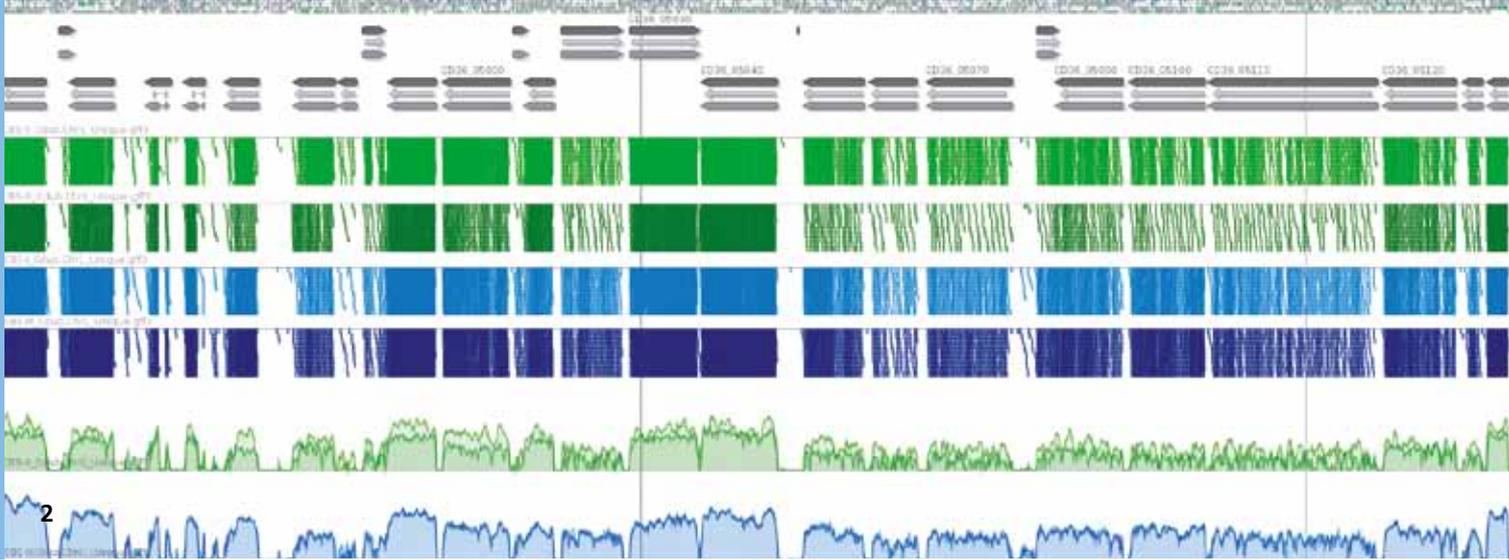
verschiedene Proben mit Barcodes. So können wir mehrere Proben in nur einem Sequenzierungsansatz simultan analysieren. Count Bases bietet darüber hinaus Schnittstellen zu unterschiedlichen Mapping-Programmen, die es ermöglichen, die einzelnen Reads auf dem entsprechenden Referenzgenom zu lokalisieren [4]. Diese Zuordnung von Sequenzen zu dem entsprechenden Gen stellt die Basis für quantitative Genexpressionsanalysen dar. Alle Funktionen der Bioinformatik-Plattform sind dabei über eine grafische Benutzeroberfläche einfach zu bedienen und erlauben dem Anwender adaptierbare und zuverlässige Interpretationen seiner Daten.

Genexpressionprofile mit NGS-Daten

Mit den dem Referenzgenom zugeordneten Sequenz-Reads ist es möglich, quantitative Expressionsdaten zu generieren. Dabei stellt die Bioinformatik-Plattform Auswertungsfunktionen zur Verfügung, die bereits aus der Expressionsanalyse mittels Microarray-Technologien bekannt sind. Um differenziell regulierte Gene zu identifizieren, sind auf sogenannten R-Skripten basierende Algorithmen mit den notwendigen statistischen Auswertungsfunktionen implementiert [5]. Dabei können beispielsweise MA- oder Volcano-Plots generiert sowie alle relevanten Genlisten erstellt werden (Bild 1).

Count Bases Viewer

Die Interpretation von Sequenzdaten wird durch eine übersichtliche visuelle Darstellung wesentlich erleichtert. Daher wurde am Fraunhofer IGB der Count Bases Viewer entwickelt, gleichsam ein Genom-Browser, der eine interaktive und leicht



anpassbare Betrachtung verschiedener Datensätze erlaubt (Bild 2). So können wir unter anderem Expressionsdaten mit unterschiedlichen Auflösungen entweder auf ganzen Genomabschnitten oder, in höherer Detailtiefe, auf Sequenzniveau analysieren.

Zusätzlich bietet Count Bases Viewer weitere Funktionen, beispielsweise zur manuellen Re-Annotierung von transkriptionell aktiven Regionen mittels eines intuitiven *Annotate-by-Click*-Prinzips, welches die Erstellung neuer Genmodelle erleichtert. Andere Funktionalitäten wie beispielsweise Wiggle-Plots erlauben darüber hinaus eine rasche Übersicht über die Expressionsstärke von Genen unter verschiedenen Bedingungen.

Ausblick und Anwendung

Die Plattform bietet eine zuverlässige Basis für detaillierte Analysen von Next-Generation-Transkriptomdaten. Count Bases wurde am Fraunhofer IGB bereits für verschiedenste Datensätze, aus einfachen Organismen wie Hefen bis hin zu komplexen menschlichen Transkriptomen, verwendet und optimiert. Count Bases wird kontinuierlich erweitert, neue Mapping-Werkzeuge werden eingebunden und statistische Methoden optimiert. Auch die Implementierung eines *De-novo*-Transkriptom-Assemblers, das heißt von Algorithmen, die die erhaltenen Einzelsequenzen zusammenfügen, ist geplant. Weiterhin ist ein Datenbankmodul vorgesehen, um eine effiziente Bearbeitung und Organisation von Sequenzdaten zu ermöglichen. Neben einer Stand-alone-Version zur lokalen Nutzung soll eine Basisversion von Count Bases Anwendern zukünftig auch über ein Webinterface zugänglich gemacht werden.

- 1 *Genexpressionsanalyse: Heatmap, Box-Plots, Volcano-Plot (v. l.).*
- 2 *NGS-Daten visualisiert am Count Bases Viewer: Gene (grau), Reads (Blöcke: grün und blau), Wiggle-Plot (Kurven: grün und blau).*



Stefan Lorenz B. Sc.

Telefon +49 711 970-4078
stefan.lorenz@igb.fraunhofer.de



Dr. Kai Sohn

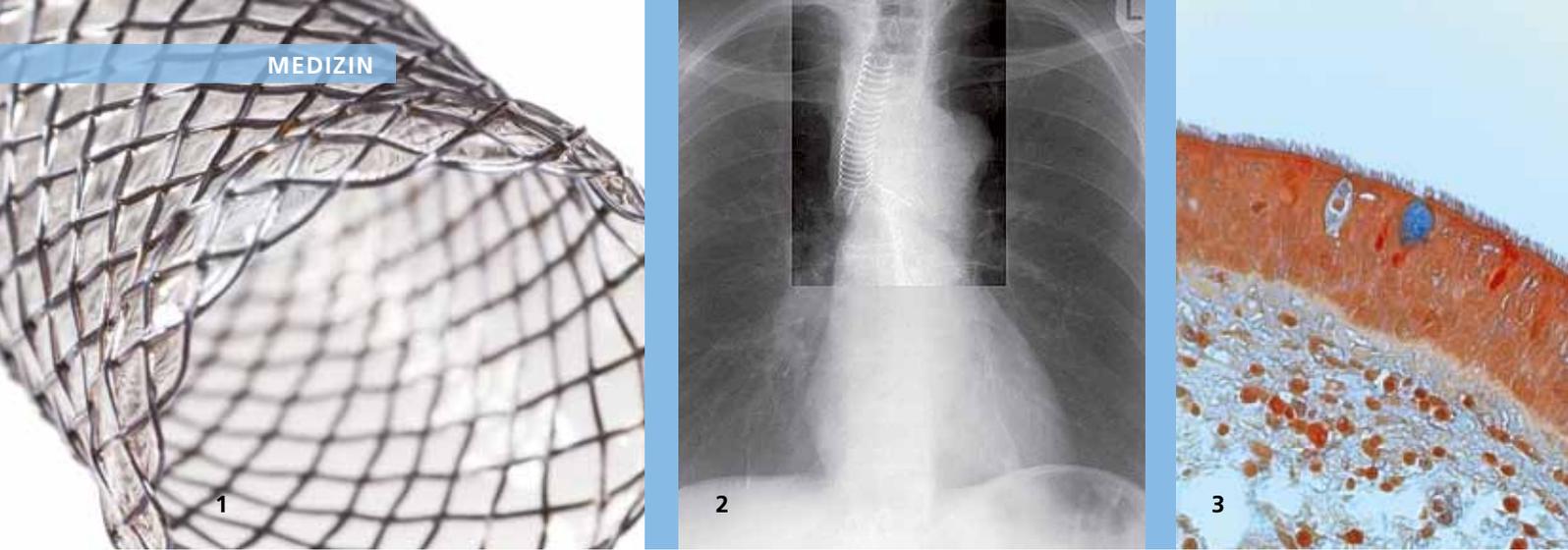
Telefon +49 711 970-4055
kai.sohn@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Metzker, M. L. (2010) Sequencing technologies - the next generation, *Nature Review Genetics*, 11(1): 31-46
- [2] Margulies, M.; Egholm, M.; Altman, W. E. et al. (2005) Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors, *Nature* 437: 376-380
- [3] Bentley, D. R.; Balasubramanian, S.; Swerdlow, H. P. et al. (2008) Accurate whole genome sequencing using reversible terminator chemistry, *Nature* 456: 53-59
- [4] Heng, L.; Homer, N. (2010) A survey of sequence alignment algorithms for next-generation sequencing, *Brief Bioinform* 11 (5): 473-483
- [5] Smyth, G. K. (2004) Linear models and empirical bayes methods for assessing differential expression in microarray experiments. *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology* Vol. 3, No. 1, Article 3

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »A Systems Approach to the Therapy of Nosocomial Infections Caused by *Candida albicans*«, Förderkennzeichen 0315409C, im Rahmen des Programms »Medizinische Systembiologie – MedSys«.



OPTIMIERUNG VON ATEMWEGSSTENTS DURCH BIOAKTIVE OBERFLÄCHENBESCHICHTUNGEN

Dr. rer. nat. Martina Hampel, Dr. rer. nat. Steffen Koch

Die menschliche Luftröhre (Trachea) bildet den ersten Teil der unteren Atemwege. Sie hat für den Körper eine wichtige Barrierefunktion, die inhalierbare Stoffe wie Feinstaub, Nanopartikel sowie virale oder bakterielle Krankheitserreger abwehrt. Entscheidend für diese effektive Barrierefunktion ist die sogenannte mukoziliäre Clearance, die sich aus dem Zusammenspiel der unterschiedlichen Zellen des Respirationstraktes ergibt. Eine krankhafte Verengung der Luftröhre (Stenose), beispielsweise durch Tumore, kann lebensgefährlich werden. Deshalb werden bei Atemwegsstenosen zunehmend Stents – kleine gitterartige Röhren – eingesetzt, die die verengten Atemwege dehnen und ein Zuwachsen verhindern. In der Gefäßchirurgie werden diese schon lange verwendet, um verengte Blutgefäße wieder passierbar zu machen. Mehr noch als in den Blutgefäßen können die Implantate in der Luftröhre jedoch zu Komplikationen führen: Durch ein Verrutschen des Stents kann es mitunter zu einem teilweisen oder auch vollständigen Verschluss der Atemwege kommen. Gleichzeitig stört die Stentoberfläche die Funktion der Atemwegsschleimhäute – und damit auch die mukoziliäre Clearance. Hierdurch kommt es immer wieder zu einer Ansiedlung von Bakterien und anderen Mikroorganismen, die zu schweren Komplikationen wie einer Lungenentzündung führen kann.

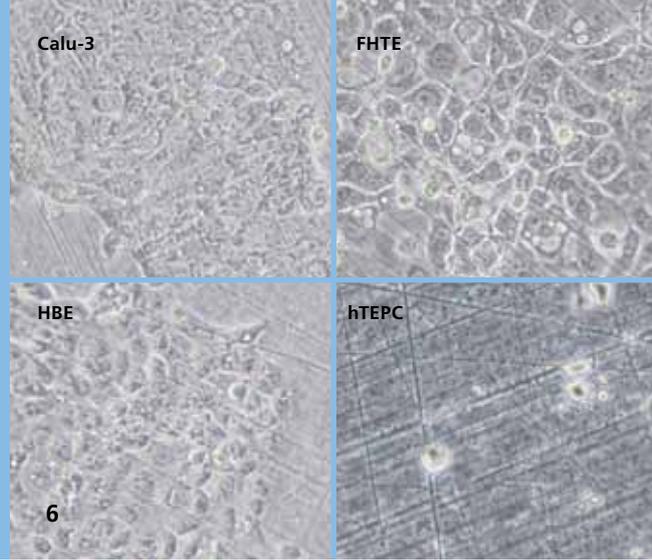
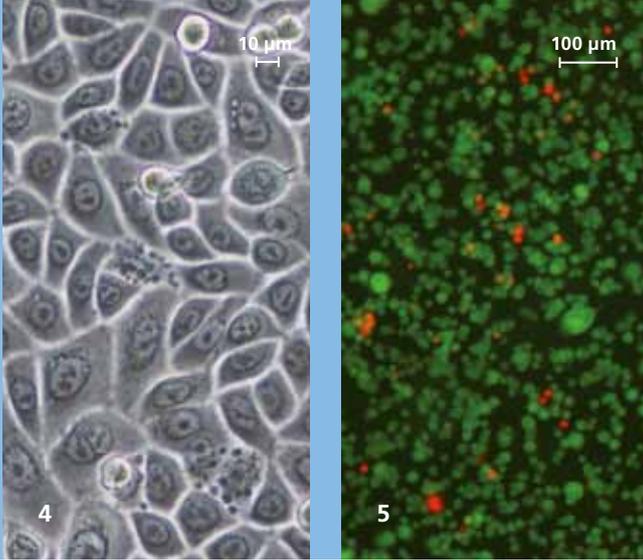
Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts »Gesundheitsregionen der Zukunft« werden am Fraunhofer IGB Oberflächenbeschichtungen für Atemwegsstents entwickelt, die das kontrollierte Einwachsen der Stents begünstigen und so ein Verrutschen erschweren. Gleichzeitig soll die Besiedlung mit Mikroorganismen durch eine spezielle Beschichtung der Stents unterbunden werden.

Bioaktive Oberflächenbeschichtung

Die Trachealstents der Firma Leufen Medical werden von einer PU-Folie ausgekleidet. Untersucht wird das Wachstumsverhalten menschlicher Atemwegszellen auf dieser PU-Folie in Abhängigkeit von unterschiedlichen artifiziellen und biologischen Oberflächenbeschichtungen, unter anderem mittels Plasmatechnologie. Dabei dient die Analyse der Zellvitalität, -funktionalität und der Entzündungsreaktionen zur Identifikation der am besten geeigneten Oberfläche. Daneben sollen die Stents durch die Beschichtung mit Nanosilberpartikeln hinsichtlich ihrer antimikrobiellen Eigenschaften untersucht werden.

Ergebnisse

Für eine erste Einschätzung der Eignung der verwendeten PU-Folien wurde in einem Versuchsansatz getestet, ob Atemwegszellen auf den beschichteten Folien eine gute Adhäsion und Proliferation aufweisen. Dazu wurden drei Zelllinien aus unterschiedlichen Bereichen des unteren Respirationstraktes und parallel primäre humane Trachea-Epithelzellen eingesetzt. Getestet wurden PU-Folien mit 11 unterschiedlichen Beschichtungen wie auch die unbehandelte PU-Folie als Kontrolle. Da bei den eingesetzten Stents die Zellen in das Stentmaterial einwachsen sollen, um so die Fixierung der Atemwegsstents in der defekten Trachea zu ermöglichen, wird anhand einer mikroskopischen Kontrolle die Fähigkeit der Zellen untersucht, auf der Folie zu wachsen. Methodisch zeigten sich im Vergleich zwischen primären Zellen und den Zelllinien bereits in den ersten Versuchen Unterschiede in der Zell-Proliferation auf den PU-Folien. Während die Zelllinien auf unbehandelten, den mit Proteinen beschichteten und den plasmabehandelten Folien gut anwach-



sen konnten, zeigten die primären humanen Trachea-Epithelzellen vor allem bei den mit Proteinen wie Fibronectin beschichteten PU-Folien ein gutes Wachstumsverhalten (Bild 5).

Ausblick

Eine Aufdehnung und Schienung (Stenting) der unteren Atemwege durch die Implantation eines röhrenförmigen Atemwegsstents stellt oftmals den letzten Ausweg zur Behandlung einer lebensgefährlichen Verengung der Luftwege bei wiederkehrenden Karzinomen, Metastasen, Luftröhrenverletzungen, angeborenen Fehlbildungen, operativen Komplikationen oder chronischen Luftwegsentzündungen dar. Mit Schaffung einer »zellfreundlicheren« biokompatiblen Oberfläche kann eine verbesserte Atemwegsstent-Technologie konzipiert werden, welche das Risiko für den Patienten durch eine Fixierung des Stents in der Luftröhre minimiert. Gelingt es, die Biofilmbildung auf dem implantierten Stent zu unterdrücken, kann weiterhin die Infektionsgefahr für den Patienten erheblich reduziert werden.

Bei erfolgreicher Beschichtung sind die entwickelten Verfahren auf weitere biomedizinische Implantate mit deutlich größeren Anwendungsbereichen übertragbar. Hierzu zählen beispielsweise Zahnimplantate, Herzschrittmachersonden, Gelenkimplantate oder Implantate für die Knochenchirurgie.

- 1 Atemwegsstent der Firma Leufen Medical GmbH.
- 2 Röntgenbild eines Atemwegsstents in der Luftröhre. (Quelle: www.mevis-research.de)
- 3 Pentachromfärbung der menschlichen Trachea.
- 4 Humane Trachea-Epithelzellen.
- 5 Lebend-Tot-Färbung der primären humanen Trachea-Epithelzellen nach dem Wachstum auf einer mit Fibronectin beschichteten PU-Folie (grün gefärbt sind lebende, rot gefärbt sind tote Zellen).
- 6 Wachstum unterschiedlicher Zellen auf der unbehandelten PU-Folie. Alle drei Zelllinien (Calu-3, FHTE und HBE) zeigen ein Wachstum der Zellen. Primäre humane Trachea-Epithelzellen (hTEPC) können dagegen auf der unbeschichteten Folie nicht anwachsen.



Dr. Martina Hampel

Telefon +49 711 970-4083
martina.hampel@igvt.uni-stuttgart.de



Dr. Steffen Koch

Telefon +49 711 970-4093
steffen.koch@igb.fraunhofer.de

Literatur

[1] Steger, V.; Hampel, M.; Trick, I.; Müller, M.; Walles T. (2008) Clinical tracheal replacement: transplantation, bioprotheses and artificial grafts, *Expert Rev Med Devices* 5: 605-12

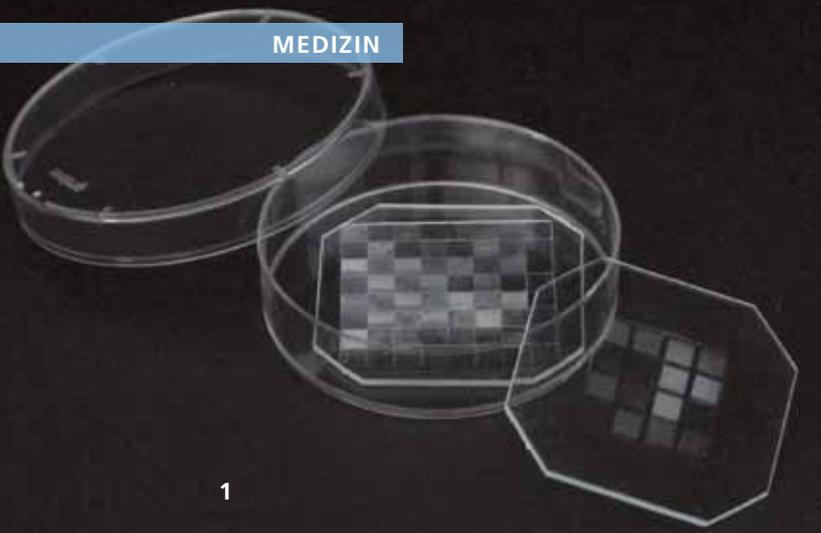
Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »REGINA – ein Anwendungszentrum der Regenerativen Medizin in der Gesundheitsregion Neckar-Alb und Stuttgart«.

Projektpartner

Robert-Bosch-Gesellschaft für medizinische Forschung,
 Klinik Schillerhöhe, Stuttgart
 Priv.-Doz. Dr. med. Thorsten Walles
 Telefon +49 7156 203-2244
thorsten.walles@klinik-schillerhoe.de

Leufen Medical GmbH, Aachen



MIKROBIOSTRUKT – ZELLKULTUR MIT STRUKTUR

Dr. rer. nat. Petra Kluger

Gewebezellen sind im Körper von einer extrazellulären Matrix (ECM, extracellular matrix) umgeben, die sehr unterschiedlich sein kann: Im Knochen ist die ECM beispielsweise sehr fest und belastbar, die ECM des Bindegewebes hingegen ist sehr elastisch und quellfähig [1]. Die Strukturen und Topographien der ECM sind stark gewebespezifisch und haben sogar einen Einfluss auf essenzielle Zellfunktionen [2]. Ein wesentlicher Bestandteil der Biomaterialforschung ist daher die Nachbildung solch strukturierter Oberflächen im Nano- und Mikrometerbereich für die Zellkultur. In vielen Studien wird belegt, dass Zellen auf diesen strukturierten Oberflächen u. a. mit Änderungen in der Adhäsion, der Morphologie oder der Differenzierung reagieren [3-5]. Ebenso sind Oberflächen, auf denen sich keine Zellen anheften und vermehren können, beispielsweise für die Anwendung bei Implantaten von großer Bedeutung.

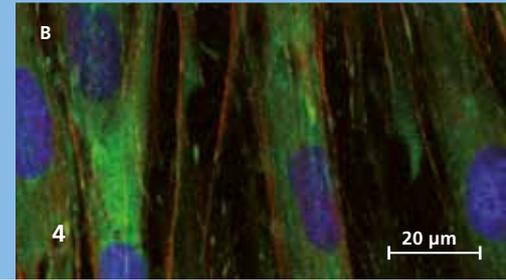
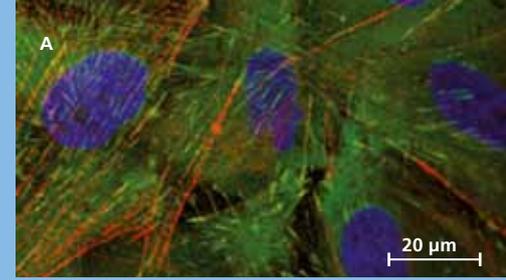
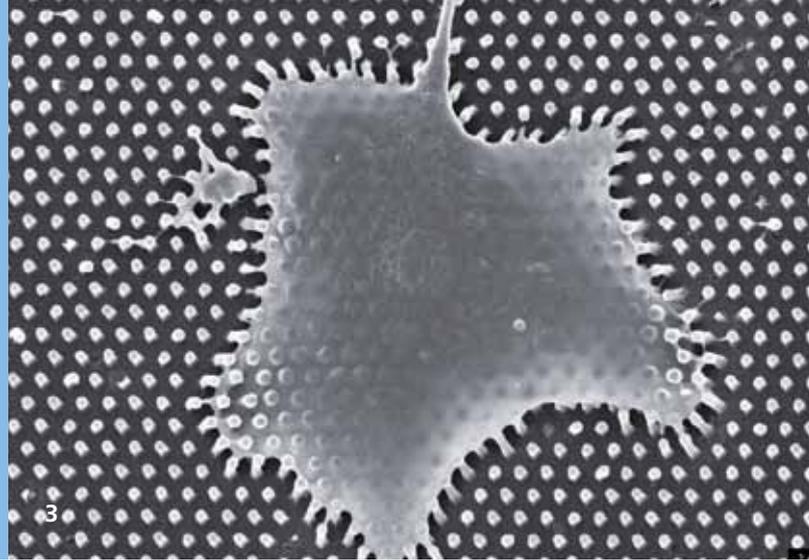
Herstellung strukturierter Zellkulturgefäße

Die großflächige Strukturierung von Zellkulturgefäßen im Mikro- und Nanometerbereich ist fertigungstechnisch durchaus anspruchsvoll, weshalb solche Substrate bisher meist nur im Labormaßstab hergestellt wurden. Für den breiten wissenschaftlichen Einsatz und kommerziellen Vertrieb für die Zellkultur aber ist eine Serienherstellung von sterilen Einwegkomponenten mit individuell anpassbaren Oberflächen notwendig. Im interdisziplinären Fraunhofer-Forschungsprojekt »MAVO MikroBioStrukt« wurde eine Prozesskette zur Serienherstellung von mikro- und nanostrukturierten Ober-

flächen entwickelt und deren Einfluss auf verschiedene primäre Zelltypen evaluiert. Durch diese Fertigungstechnologie des Fraunhofer IPT ist eine Vervielfältigung von Strukturen unterschiedlichster Geometrien und Größen in biokompatiblen Polymeren möglich. Der gezielte Einsatz von Um- und Urformverfahren erlaubt sowohl die nachträgliche Strukturierung bestehender Zellkulturgefäße wie beispielsweise Petrischalen als auch die Fertigung strukturierter Einlagen für Standard-Zellkulturgefäße wie Petrischalen bis maximal 50 mm Durchmesser (Bild 1) und Einlagen für 6-, 12- und 24-Wellplatten (Bild 2). Da die Einsätze transparent und maximal 1,25 mm dick sind, ist die Zellanalyse wie gewohnt mit inversen Mikroskopen durchführbar.

Screening-Plattform für Gewebezellen

Im Rahmen des Projektes wurde zudem die Reaktion zahlreicher humaner Gewebezellen wie primärer epidermaler Zellen, Bindegewebszellen, Endothelzellen, mesenchymaler Stammzellen sowie Zelllinien aus Knochen- und Nervengewebe auf verschiedenen strukturierten Substraten untersucht. Dabei zeigten sich deutlich zelltypspezifische Reaktionen, die von großem Interesse für das Tissue Engineering sind. So konnten wir Topographien identifizieren, auf denen ein Zelltyp in großer Anzahl adhären und proliferieren, während sich andere Zelltypen auf dieser Oberfläche nicht anheften. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen zeigten, dass humane epidermale Zellen direkt mit Noppenstrukturen interagieren (Bild 3).



Rillenstrukturen haben hingegen einen großen Einfluss auf Bindegewebsfibroblasten: Diese ordnen sich parallel zu Rillen im Submikrometerbereich an. Dabei war auffällig, dass sich auch intrazelluläre Bestandteile wie das Aktin-Zytoskelett entlang der Rillen ausrichten (Bild 4). Auf unstrukturierten Oberflächen hingegen liegen die Bindegewebsfibroblasten ungeordnet vor.

Ausblick

Mit der bei Fraunhofer entwickelten Prozesskette ist die Serienfertigung von mikro- und nanostrukturierten Substraten möglich. Es können strukturierte Zellkulturgefäße oder strukturierte Einlagen für diese Gefäße gefertigt werden. Zudem liegen zahlreiche Daten zu der Interaktion zwischen primären Zellen und den verschiedenen Strukturierungen vor. In Absprache mit interessierten Kunden können wir schnell und flexibel viele weitere Formate für strukturierte Kulturgefäßeinlagen herstellen, wie zum Beispiel strukturierte Folien für eine eigene flexible Anpassung an Kultivierungsoberflächen. Wir sind an der Weiterentwicklung dieses Themas zusammen mit Partnern aus Industrie und Forschung interessiert.

- 1 *Petrischalen-Einsätze mit unterschiedlichen Strukturierungen.*
© Fraunhofer IPT
- 2 *Mikrostrukturierte Multiwellplatten-Einsätze und direkt strukturierte Petrischale.* © Fraunhofer IPT
- 3 *Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines primären Keratinozyten auf Noppenstrukturen. Die Zelle interagiert direkt mit den Noppen und ist fest an diesen verankert.*
- 4 *Fluoreszenzfärbung von primären Fibroblasten. Das Aktin-Zytoskelett ist rot gefärbt, der Zellkern blau und das Protein Vinculin, das in die Zelladhäsion involviert ist, grün. A) Fibroblasten auf unstrukturierten Substraten haben einen großen Zellkörper mit ungeordneten Aktin-Fasern. B) Auf diesem Bild verlaufen senkrecht Nanorillen. Die Zellen richten sich entlang der Rillen aus und haben eine schmale langgestreckte Morphologie. Sehr deutlich ist auch die Ausrichtung von Aktin-Fasern entlang der Strukturierung zu erkennen.*



Dr. Petra Kluger

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



Dipl.-Ing. Frank Pretzsch

Fraunhofer IPT
Telefon +49 241 8904-157
frank.pretzsch@ipt.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Stevens, M. M.; George, J. H. (2005) Exploring and engineering the cell surface interface, *Science* 310: 1135-1138
- [2] Isenberg, B. C.; Wong J. Y. (2006) Building structure into engineered tissues, *Materials today* 9 No 12: 54-60
- [3] Liu, W. F.; Chen, C. S. (2005) Engineering biomaterials to control cell function, *Materials today* 8 No 12: 28-35
- [4] Flemming, R. G. et al. (1999) Effects of synthetic micro- and nano-structured surfaces on cell behavior, *Biomaterials* 20: 573
- [5] Kunzler, T. P. et al. (2007) Systematic study of osteoblast response to nanotopography by means of nanoparticle-density gradients, *Biomaterials* 28: 5000-5006

Förderung

Wir danken der Fraunhofer-Gesellschaft für die Förderung der Arbeiten im Rahmen des Programms Marktorientierte Vorlauforschung (MAVO).

Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen
Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT, Sankt Ingbert
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Klebtechnik und Oberflächen IFAM, Bremen
Fraunhofer-Einrichtung für Modulare Festkörper-Technologien EMFT, München



ENTWICKLUNG INTEGRIERTER KONSERVIERUNGSVERFAHREN

Dr. rer. nat. Ana Lucia Vásquez-Caicedo, Dipl.-Ing. Alexander Lohner

Kontaminierende Mikroorganismen führen zum Verderb frischer Ware, manchmal bilden sie sogar lebensgefährliche Toxine. Lebensmittel müssen daher möglichst entkeimt und unter hygienischen Bedingungen abgefüllt oder verpackt werden. Traditionelle Verfahren zur Konservierung wie die Hitzesterilisierung haben den Nachteil, dass sie wertvolle hitzeempfindliche Inhaltsstoffe der Nahrungsmittel wie Vitamine zerstören und so den Nährwert reduzieren. Auch die Zugabe chemischer Konservierungsstoffe kann negative Auswirkungen haben. Alternativen sind daher gefragt.

Physikalische Verfahren zur Entkeimung

Die Entwicklung neuer Verfahren zur Hygienisierung bzw. Entkeimung biogener Produkte wie Lebensmittel steht im Vordergrund der Arbeitsgruppe Aseptische Systeme. Verschiedene physikalische Verfahren, beispielsweise Mikrowellen oder Druckwechseltechnik, untersuchen wir auf ihre Wirkung, mikrobielle Kontaminationen zu inaktivieren. Dabei berücksichtigen wir auch die Effekte auf Inhaltsstoffe. Ein Fokus unserer Arbeiten liegt darauf, die Wechselwirkung der verschiedenen Parameter im System (Temperatur, Druck, Partikelgröße, Viskosität, pH-Wert usw.) zu verstehen, um die Prozesse technologisch zu optimieren und in einer Produktionsanlage umsetzen zu können. Erkennen wir prozesstechnische oder energetische Vorteile, so werden die Verfahren von uns weiterentwickelt und für die jeweilige Anwendung optimiert.

Beispiel: Konservierung von Getränken

Beispielsweise wird im Fraunhofer IGB die Druckwechseltechnologie (pressure change technology, PCT) für die Konservie-

rung von flüssigen Lebensmitteln wie Fruchtsäften oder Wein weiterentwickelt. Dabei wird das Produkt mit einem inerten Gas wie Stickstoff oder Argon unter Druck vermischt und dann schlagartig entspannt. Die Keimreduzierung in Fruchtsäften und anderen Modellflüssigkeiten wurde erfolgreich von Kooperationspartnern mit Prozessanlagen im Batch- und semi-kontinuierlichen Betrieb nachgewiesen. Die Weiterentwicklung auf einen kontinuierlichen Betrieb und die Anpassung von Prozessparametern für weitere Applikationen sind Gegenstand aktueller und geplanter Projekte und wissenschaftlicher Arbeiten.

Integrierter Prozessansatz

Um reale Alternativen darstellen zu können, müssen die entwickelten Verfahren in ihrer Konzeption auf die Anforderungen eines Lebensmittelproduktionsprozesses angepasst werden. Dafür muss eine Gesamtanalyse von der Produktentwicklung, Verarbeitung und Stabilisierung bis zur Anlagentechnik und Verpackung durchgeführt und validiert werden. Konzepte des *Hygienic Design* und der CIP-Reinigung (cleaning in place, CIP) spielen dabei eine zentrale Rolle. Diese Systeme betrachten wir ebenfalls im Hinblick auf ihre Energieeffizienz.

Beispiel: Automatisierte Herstellung eines konservierungsstofffreien Brandteiges

Aus Brandteig oder Brandmasse werden Gebäckstücke wie Windbeutel, Krapfen, Éclairs, Profiteroles oder Marillenknödel gebacken. Brandmasse muss bisher in einem aufwendigen, manuellen Prozess gefertigt werden. Nach der Herstellung muss man sie sehr schnell verarbeiten, da sie aufgrund ihrer Zusammensetzung instabil ist. Brandmasse wird daher zuneh-



mend durch Fertigbackmischungen verdrängt, die vor allem von für Discounter produzierende Großbäckereien verwendet werden. Diese enthalten jedoch chemische Zusatzstoffe und haben nicht mehr den hochwertigen Charakter traditioneller Brandteigprodukte.

In dem von der EU geförderten Projekt »ProEclair« hat das Fraunhofer IGB mit seinen Projektpartnern einen automatisierten Prozess für die Herstellung und Verpackung traditioneller Brandmasse unter aseptischen Bedingungen entwickelt. Das System eignet sich besonders für die zentrale Herstellung und dezentrale Weiterverarbeitung von Brandmasse in verschiedenen Niederlassungen und ermöglicht so kleineren Bäckereien, hochwertige Gebäckstücke zu wettbewerbsfähigen Preisen herzustellen.

Die Brandmasse wird direkt in steril verschlossene Spritzbeutel abgefüllt, so dass die verpackte Brandmasse vier Wochen bei einer Temperatur von 4 °C gebrauchsfertig haltbar ist. Die Backeigenschaften wie auch die sensorischen Eigenschaften der entwickelten Brandmasse entsprechen – auch nach einer längeren Lagerdauer – derjenigen von traditioneller, frisch zubereiteter Brandmasse. Ein erster Prototyp der Produktionsanlage wurde in einer Bäckerei aufgebaut. Das System ist zudem mit der Möglichkeit einer *In-situ*-Reinigung (CIP) ausgestattet.

Ausblick

Die Entwicklung produktschonender Verarbeitungsprozesse, welche den Verlust wertvoller Inhaltsstoffe wie Vitamine minimiert, wird sowohl für die Nahrungsmittel- als auch für die Kosmetik- und Pharmaproduktion immer gefragter. Die Weiterentwicklung und prozesstechnische Optimierung von alternativen Verfahren und ihre Integration in den Produktionsprozess werden in Übereinstimmung mit gängigen GMP-Standards (good manufacturing practices) und Risikoanalyseverfahren wie HACCP (hazard analysis and critical control points) durchgeführt.



Dr. Ana Lucía Vásquez-Caicedo

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



Dipl.-Ing. (FH) Alexander Lohner

Telefon +49 711 970-3445
 alexander.lohner@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Projekts »ProEclair«, Förderkennzeichen 218351-2 (FP7-SME-2007-2), im Programm »Forschung für KMU Verbände«.

Weitere Informationen und Projektpartner

www.proclair.fraunhofer.de

- 1 Aus Brandteig hergestellte Gebäckstücke.
- 2 Vorbereitung für das Backen.
- 3 Experimente bei der Firma Zoatec.



PHARMAZIE

Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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

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

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

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

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



1



2

HAUT AUS DER FABRIK – AUTOMATED TISSUE ENGINEERING ON DEMAND

Dr. rer. nat. Michaela Kaufmann

Die Haut ist das erste Organ, das erfolgreich mit Methoden des Tissue Engineering im Labor gezüchtet wurde, denn Hautbiopsien sind leicht verfügbar und die Haut zellulär relativ einfach aufgebaut. Neben dem Ziel, Hauttransplantate zu entwickeln, ist die Verwendung solcher künstlicher Hautäquivalente als *In-vitro*-Testsystem stark in den Vordergrund gerückt. Einen entscheidenden Anteil hieran hatte die 7. Kosmetikrichtlinie der EU, welche vorschreibt, bis zum Jahr 2009 Tierversuche zur kutanen Resorption durch *In-vitro*-Tests zu ersetzen. Weiterhin sollen im Rahmen der REACH-Verordnung Chemikalien auf schädliche Nebenwirkungen getestet werden. Dies macht eine große Zahl von Toxizitätstests erforderlich, die mit herkömmlichen Methoden, in erster Linie Tierversuchen, nur mit einem hohen Aufwand an Kosten und Zeit zu bewältigen sind. Im Labor hergestellte Hautäquivalente stellen eine echte Alternative dar. Zudem sind Hautmodelle auch bei der Wirkstoffsuche für chemische Produkte oder Arzneimittel als aussagekräftige und standardisierte Testsysteme gefragt.

Doch künstliche Haut ist rar. Die Herstellung eines *In-vitro*-Hauttestsystems erfolgt derzeit im Labormaßstab, benötigt eine Kultivierungszeit von 6 Wochen und muss ausnahmslos von geschultem Personal durchgeführt werden. Die aufwendige und langwierige manuelle Herstellung hat die vier Fraunhofer-Institute IGB, IPA, IPT und IZI herausgefordert, ein Großprojekt durchzuführen, um einen Prozess und eine Anlage für die vollautomatisierte Herstellung von Hautäquivalenten zu entwickeln. Da das am Fraunhofer IGB entwickelte und patentierte dreidimensionale Hautmodell ein gut etabliertes System ist (Patent-Nr. EP 1 290 145B1), war es als Standardmodell für die Konzeption automatisierter Prozessschritte hervorragend geeignet.

Voraussetzung: Automatisierbare Kultivierungsschritte

Voraussetzung für die Entwicklung automatisierter Prozesse im Tissue Engineering war die Analyse und das Verständnis aller einzelnen Schritte – von der Hautbiopsie bis zum dreidimensionalen Hautmodell – um diese dann in maschinelle Abläufe und Umgebungen übersetzen zu können. Erster Schritt war daher, die jeweilige Herangehensweise und Fachsprache von Natur- und Ingenieurwissenschaftlern auf eine gemeinsame Basis zu stellen. Dabei wurden auch Grundlagenthemen zur vereinfachten Automatisierung im Tissue Engineering mit berücksichtigt. Innerhalb des Projekts wurde zudem die Herstellung eines synthetischen Kollagensatzes aus biokompatiblen und bioabbaubaren Polymeren erforscht. Weitere Aufgaben waren die Entwicklungen eines Verfahrens zur Verdreifachung der Lagerungsdauer von Hautmodellen von fünf auf 15 Tagen sowie eines Bioreaktors zur automatisierten Zellkultur mit einer funktionalisierten Membran für die Expansion der Zellen.

Vollautomatisierte Herstellung von Hautmodellen

Innerhalb von drei Jahren Projektlaufzeit konnte die gesamte Prozesskette zur Herstellung zweischichtiger Hautmodelle vollautomatisiert abgebildet werden. In einem mehrstufigen, automatisch ablaufenden Prozess werden zunächst die Hautstücke sterilisiert, dann transportiert ein Greiferarm die Stücke in die Anlage, in der die einzelnen Schritte in der modular aufgebauten Anlage wie folgt ablaufen: Der Automat schneidet die Biopsie klein, danach werden mithilfe von Enzymen die dermalen Zellen von den epidermalen Zellen separiert (Modul B). Diese zwei unterschiedlichen Zelltypen werden dann getrennt auf Zellkulturoberflächen ausgesät und vermehrt (Modul C).



Wenn eine ausreichend hohe Zellzahl erreicht ist, werden im anschließenden Arbeitsschritt die beiden Zelltypen zu einem zweischichtigen Modell zusammengefügt. Hierbei werden den Zellen, die die flexible untere Schicht – die Dermis – bilden sollen, Kollagen beigemischt (Modul D). Dieses verleiht dem Gewebe die natürliche Elastizität. In einem körperwarmen und feuchten Inkubator verbinden sich die Zellfraktionen in weniger als drei Wochen zu einem fertigen Hautmodell von etwa einem Zentimeter Durchmesser.

Die automatisierte Herstellung der Modelle konnte erfolgreich demonstriert werden. Wichtig ist, dass der gesamte maschinelle Ablauf in einzelne Module unterteilt ist. Somit können diese Module entsprechend den Anforderungen zur Herstellung unterschiedlicher Gewebe ausgetauscht oder an die Ansprüche anderer Gewebe angepasst werden. Mit der Anlage können 5000 Hautmodelle pro Monat zu einem Stückpreis von unter 50 € produziert werden.

Ausblick

Mit dem etablierten Produktionsprozess konnten erstmals 3-D-Hautäquivalente, bestehend aus Epidermis und Dermis, vollautomatisiert hergestellt werden. Die automatisierte Herstellung garantiert reproduzierbare und standardisierte Abläufe, mit denen die Hautmodelle ökonomisch hergestellt werden können.

Seit dem ersten Quartal 2011 ist die Anlage einsatzbereit, so dass erste Hautmodelle aus der Anlage als Testsysteme für interessierte Firmen bereitstehen. Für die Kunden, die aus so unterschiedlichen Bereichen wie der Anlagentechnik oder aber auch aus der Kosmetik-, Pharma- und chemischen Industrie sowie der Medizin und Medizintechnik kommen, können vielfältige Kooperationsmöglichkeiten angeboten werden. In weiterführenden Projekten wollen wir die Anlage flexibel auf andere Gewebe ausweiten.



Dr. Michaela Kaufmann

Telefon +49 711 970-4049

michaela.kaufmann@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Heike Walles

Telefon +49 711 970-4117

heike.walles@igb.fraunhofer.de

Förderung

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

Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart

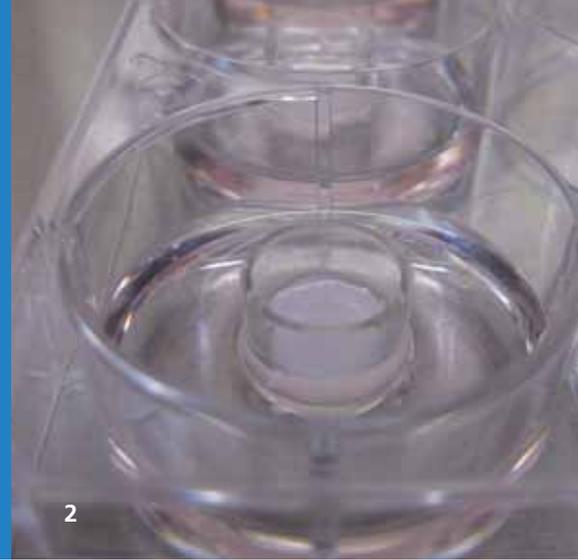
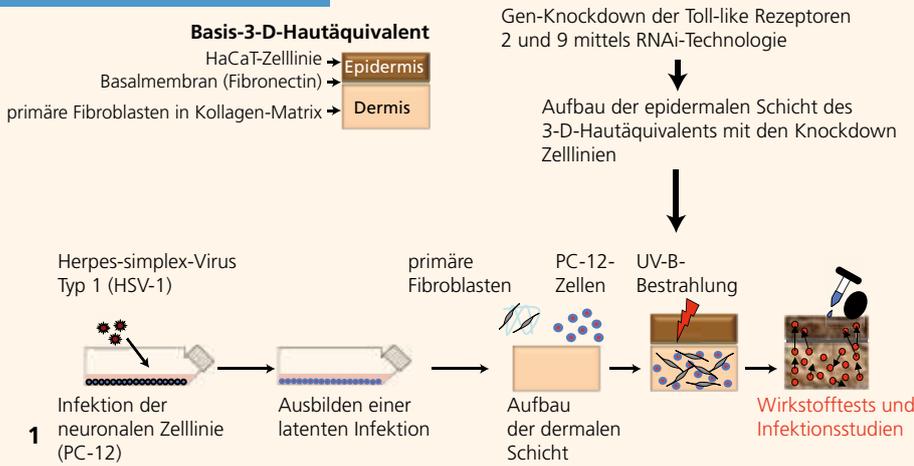
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen

Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI, Leipzig

Weitere Informationen

www.tissue-factory.com

- 1 *Modulare Anlage zur automatisierten Herstellung von Hautmodellen.*
- 2 *Rückseitiger Zugang zur Anlage.*
- 3 *Zerkleinern der Gewebeprobe in Modul B.*
- 4 *Kontrolle vor Modul D.*



REAKTIVIERBARES HERPES-INFEKTIONSMODELL FÜR NEUE ANTIVIRALE THERAPIEANSÄTZE

Dipl.-Biol. (t. o.) Ina Hogk

Infektionen mit dem Herpes-simplex-Virus (HSV) gehören zu den häufigsten Erkrankungen der Haut. Mehr als 90 Prozent der gesamten Weltbevölkerung sind mit HSV infiziert. Die häufigste Manifestation einer Herpes-simplex-Infektion ist *Herpes labialis* (Lippenherpes), der meist durch den Virustyp 1 (HSV-1) hervorgerufen wird. Neben den charakteristischen Hautläsionen können HSV aber auch schwerwiegende Erkrankungen anderer Organe wie der Augenhornhaut (*Herpes corneae*) sowie des Zentralnervensystems (*Herpes encephalitis*, *Herpes meningitis*) hervorrufen und zum Teil tödlich verlaufen. Eine wirkungsvolle Therapie der Herpes-Infektion gibt es bis heute nicht. Für die Behandlung von HSV werden vielmehr Virostatika, meist Nucleosidanaloga wie Aciclovir oder dessen Derivate eingesetzt. Diese können lediglich die Symptome lindern und die Infektionszeit verkürzen, jedoch nicht die Reaktivierung des Virus verhindern.

Bis heute konnte kein physiologisch adäquates *In-vitro*-Infektionsmodell für HSV-1 etabliert werden. Folglich werden bei der Wirkstoffentwicklung sowie bei Untersuchungen der Infektionsmechanismen immer noch bevorzugt Tierversuche eingesetzt. Ziel am Fraunhofer IGB war es daher, ein dreidimensionales Herpes-Infektionsmodell zu etablieren, mit dem die Situation *in vivo* möglichst genau nachgestellt werden kann.

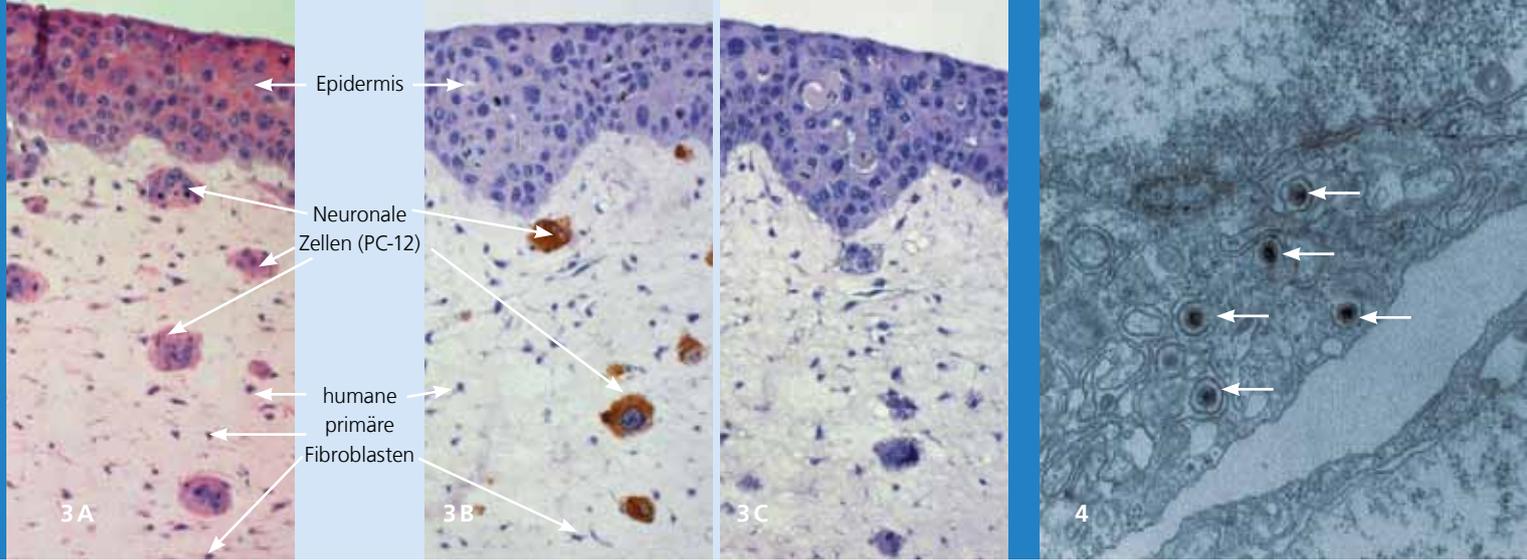
Herausforderung: Latenz der HSV

Charakteristisch für alle Herpes-Viren ist, dass das Virus nach der ersten Infektion auch nach Abklingen akuter Symptome lebenslang im menschlichen Organismus verbleibt (persistiert). Das Virus befindet sich dann in einer Art Ruhezustand (Latenz), aus der es durch verschiedene Faktoren reaktiviert werden

kann. Nach der Erstinfektion der Hautepthelien oder der Schleimhaut dringt das HSV in die sensorischen Neurone ein, welche die infizierte Region innervieren. Über die Axone der Nervenzellen gelangt das HSV in die dazugehörigen Ganglien, worauf diese in einen Zustand der Latenz eintreten [1, 2]. Während der Latenzphase findet keine Virusreplikation statt. Die Virus-DNA persistiert, unerkant vom Immunsystem des Wirts, als zirkuläres Episom im Zellkern der Ganglien [3]. Um eine Herpes-Infektion *in vitro* nachzubilden zu können, muss neben dem HSV daher eine neuronale Komponente integriert werden, die sicherstellt, dass sich diese Latenz ausbilden kann. Bisher beschriebenen dreidimensionalen Infektionsmodellen fehlt diese entscheidende latenzausbildende neuronale Komponente.

Aufbau eines HSV-1-Infektionsmodells

Für den Aufbau eines funktionellen HSV-1-Infektionsmodells haben wir das am Fraunhofer IGB entwickelte, patentierte und akkreditierte humane 3-D-Hautäquivalent um die neuronale Zelllinie PC-12 erweitert. Die PC-12-Zellen wurden zuvor mit dem Herpes-simplex-Virus Typ 1 infiziert und in die aus einer Kollagen-Matrix bestehende dermale Schicht des Hautmodells integriert (Bild 1). Hierzu wurden die neuronalen Zellen mit NGF (nerve growth factor) ausdifferenziert und über einen längeren Zeitraum kultiviert. Mithilfe eines zellbasierten TCID₅₀-Assays und einer PCR-Analyse wurde sichergestellt, dass sich die Zellen in einem latenten Zustand befinden: Eine extrazelluläre Virusaktivität wurde nicht, die virale DNA dagegen sehr wohl nachgewiesen.



Infektionsmodell mit latent infizierten neuronalen Zellen

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass am Fraunhofer IGB ein funktionales *In-vitro*-HSV-1-Infektionsmodell entwickelt werden konnte, in das erstmals eine neuronale Komponente in Form einer Zelllinie integriert ist. Bild 3A zeigt die erfolgreiche Integration der latent mit HSV-1 infizierten neuronalen Zellen in das 3-D-Hautäquivalent. Der Nachweis der neuronalen PC-12-Zellen erfolgte mithilfe eines spezifischen Antikörpers (Bild 3B). Eine weitere spezifische immunhistochemische Untersuchung der Hautschnitte zeigte keine Virusaktivität. Erste erfolgversprechende Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Virus spezifisch mittels UV-B-Strahlung reaktiviert werden kann. Durch diese zielgerichtete und spezifische Reaktivierung der latent infizierten Herpes-simplex-Viren im Infektionsmodell ist es möglich, die Situation *in vivo* exakt nachzustellen.

Ausblick

Das etablierte und zum Patent angemeldete *In-vitro*-HSV-1-Infektionsmodell erfüllt wichtige Voraussetzungen, um als standardisiertes Testsystem für biomedizinische Fragestellungen in den Bereichen Toxikologie, Immunologie und Pharmakologie und hier insbesondere für Wirkstoffscreens sowie für Untersuchungen der Infektionsmechanismen eingesetzt zu werden. In der Pharmaindustrie können mithilfe des *In-vitro*-HSV-1-Testsystems Wirkstoffe im Rahmen der Entwicklung neuer antiviraler Therapieansätze getestet oder identifiziert werden, wobei Tierversuche in diesem Bereich auf ein unumgängliches Mindestmaß reduziert werden könnten.

Eine Erweiterung des 3-D-Infektionsmodells um eine Immunkomponente soll es zukünftig ermöglichen, die physiologischen Umgebungsbedingungen dreidimensionaler, nativer Haut noch adäquater darzustellen. Durch die Integration von PRRs (pattern recognition receptors) wollen wir ferner die Rolle von Immunrezeptoren bei einer aktiven HSV-1-Infektion näher untersuchen.



Dr. Anke Burger-Kentischer

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



Dr. Michaela Kaufmann

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

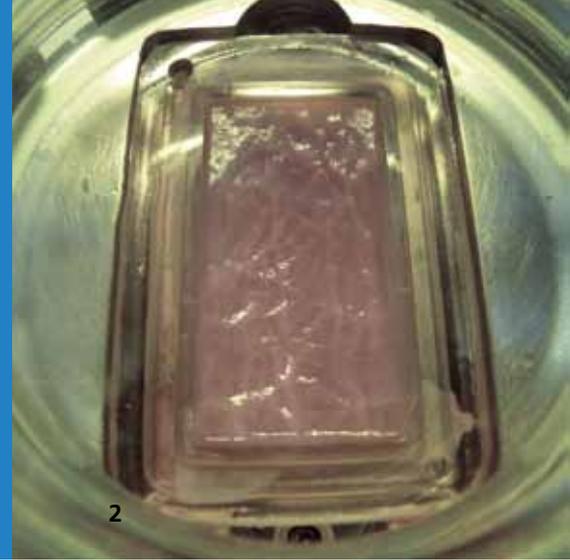
Literatur

- [1] Lycke, E.; Hamark, B.; Johansson, M.; Krotochwil, A.; Lycke, J.; Svennerholm, B. (1988) Herpes simplex virus infection of the human sensory neuron. An electron microscopy study. *Arch Virol.* 101(1-2): 87-104
- [2] Topp, K. S.; Meade, L. B.; LaVail, J. H. (1994) Microtubule polarity in the peripheral processes of trigeminal ganglion cells: relevance for the retrograde transport of herpes simplex virus. *J Neurosci.* 14(1): 318-325
- [3] Decman, V.; Freeman, M. L.; Kinchington, P. R.; Hendricks, R. L. (2005) Immune control of HSV-1 latency. *Viral Immunol.* 18(3): 466-473

- 1 Schematischer Aufbau des *In-vitro*-HSV-1-Infektionsmodells.
- 2 Infektionsmodell während der Airlift-Kultivierung.
- 3 A: Aufbau des 3-D-Hautmodells mit der neuronalen Zelllinie PC-12 (H&E-Färbung), B: PC-12-Färbung, C: Isotypkontrolle.
- 4 Nachweis einer HSV-1-Infektion in PC-12-Zellen mittels Transmissionselektronenmikroskopie.



1



2

VASKULARISIERTES HAUTMODELL ZUR ERFORSCHUNG DES MALIGNEN MELANOMS

Dipl.-Biol. Florian Groeber

Maligne Melanome, hochgradig bösartige Tumoren der Melanozyten (Pigmentzellen) der Haut, gehören zu den häufigsten Hauterkrankungen in Deutschland und verursachen etwa 2000 Todesfälle im Jahr. Bei der Entwicklung neuer Medikamente gegen maligne Melanome mussten sich Forscher bisher auf Untersuchungen in einschichtigen, zweidimensionalen Zellkulturen oder auf Tierversuche verlassen. Beide Methoden sind jedoch in ihrer Aussagekraft limitiert. Zum einen verhalten sich Zellen in der Zellkultur anders als Zellen, die von ihrer natürlichen Matrix umgeben sind und mit anderen Zellen im Gewebe interagieren können. Zum anderen können tierische Modelle aufgrund von Unterschieden in ihrem Metabolismus und in ihrer gewebespezifischen Architektur eine gänzlich andere Reaktion auf die zu testenden Medikamente zeigen als ein menschlicher Patient [1].

Zur Etablierung eines aussagekräftigen Modellsystems für die Testung potenzieller Hautkrebstherapeutika wurde am Fraunhofer IGB ein *In-vitro*-Melanommodell entwickelt, das auf einem dreidimensionalen Hautäquivalent basiert [2]. Das Hautäquivalent zeigt eine hohe Ähnlichkeit zum Aufbau der natürlichen Haut und kann zur Simulation eines malignen Melanoms um Melanomzellen erweitert werden. Wie in der Situation *in vivo* bilden sich dabei Tumor-Nester, die entsprechend der Herkunft der Melanomzellen ein unterschiedliches Verhalten zeigen. Ziel eines aktuellen Projekts ist es, das bestehende Melanom-Hautäquivalent durch ein Gefäßsystem zu erweitern. Das Blutgefäßsystem in der natürlichen Haut

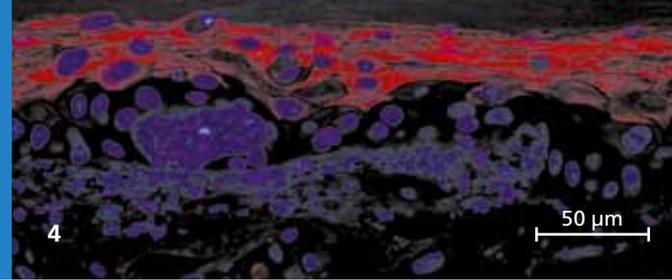
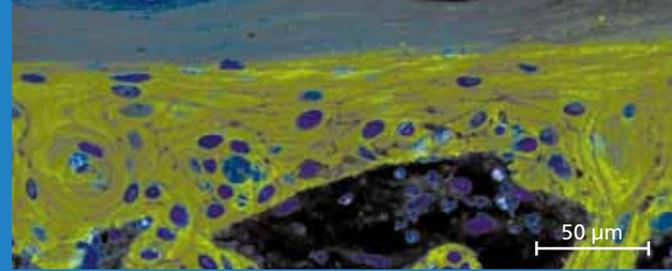
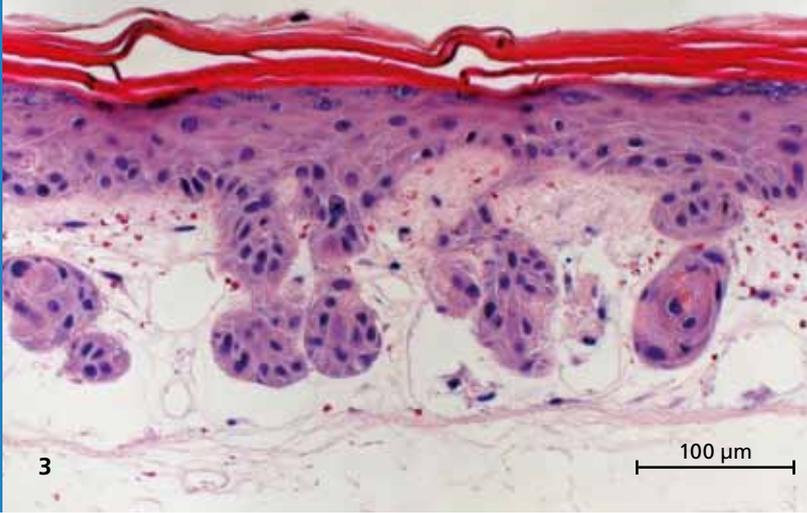
stellt einen kritischen Faktor bei der Entwicklung von Hauttumoren dar, denn zur Versorgung mit Nährstoffen rekrutieren Melanome vorhandene Gefäßstrukturen (Tumorangiogenese). Zudem können einzelne Melanomzellen über die Gefäße in den Blutkreislauf gelangen und dadurch Metastasen in anderen Körperregionen bilden.

Optimale Kulturbedingungen

Zur Generierung eines vaskularisierten Hautäquivalents wurden hautspezifische Zellen (Keratinocyten, Fibroblasten) in eine biologische vaskularisierte Matrix (biological vascularized scaffold, BioVaSc) ausgesät. Zugleich wurde ein Bioreaktor entwickelt, der in der Lage ist, optimale Kulturbedingungen für die Hautzellen in der vaskularisierten Matrix zu liefern und aufrechtzuerhalten.

Vaskularisiertes Hautmodell

In ersten experimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Keratinocyten und Fibroblasten gut auf der biologischen vaskularisierten Matrix anwachsen und proliferieren. Histologische Schnitte des vaskularisierten Hautmodells belegen die Ausbildung einer intakten Hornschicht. Dies bedeutet, dass die Keratinocyten in der Lage sind, eine natürliche Epidermis mit einer intakten Hornschicht zu bilden. Zudem konnten wir mit immunhistologischen Färbungen auch die typischen Schichten der Epidermis nachweisen.



Bioreaktor für ein vaskularisiertes Hautmodell

Parallel zur Etablierung der vaskularisierten Matrix wurde der erste Bioreaktor speziell für ein vaskularisiertes Hautäquivalent entwickelt. Wie die Blutgefäße der *In-vivo*-Situation ist dieser in der Lage, ein Hautäquivalent durch die Gefäßstrukturen der Matrix mit Medium zu versorgen. Durch das Anlegen von physiologischen, gepulsten Drücken ergeben sich für die gefäßauskleidenden Zellen (Endothelzellen) natürliche Druck- und Scheerstress-Bedingungen. Diese Reize sind für die Funktionalität der Endothelzellen essenziell [3]. Nur so ist gewährleistet, dass sich die Endothelzellen wie in der *In-vivo*-Situation verhalten und aussagekräftige Daten generiert werden können. Weiterhin können durch die kapillären Strukturen die Zellen optimal mit Nährstoffen versorgt und von Stoffwechselendprodukten befreit werden.

Ausblick

Nach der erfolgreichen Etablierung eines vaskularisierten Hautmodells und der Entwicklung eines geeigneten Kultivierungsreaktors wollen wir als Nächstes Melanomzellen in das bestehende vaskularisierte Modell integrieren. An einem vollständigen vaskularisierten Melanom-Modell kann dann in Zukunft die Fähigkeit von malignen Tumoren zur Metastasierung und zur Tumorangiogenese *in vitro* unter standardisierbaren Bedingungen untersucht werden. Beide Prozesse stellen wichtige Ziele für neue Tumorthapeutika dar.

In Zusammenarbeit mit unserem Projektpartner soll ein neuartiges, potenzielles Tumorthapeutikum am Melanommodell getestet werden. Erstmals kann dieses *in vitro* über ein Gefäßsystem verabreicht werden, so dass sich die klinische Praxis bei der Verabreichung von Tumorthapeutika besser abbilden lässt.

- 1 *Bioreaktor.*
- 2 *Biologische Vaskularisierte Matrix (BioVaSc).*
- 3 *Vaskularisiertes Hautäquivalent.*
- 4 *Immunhistologische Färbungen eines vaskularisierten Hautäquivalents gegen hauttypische Oberflächenmarker.*



Dipl.-Biol. Florian Groeber
Telefon +49 711 970-4107
florian.groeber@igb.fraunhofer.de



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

Literatur

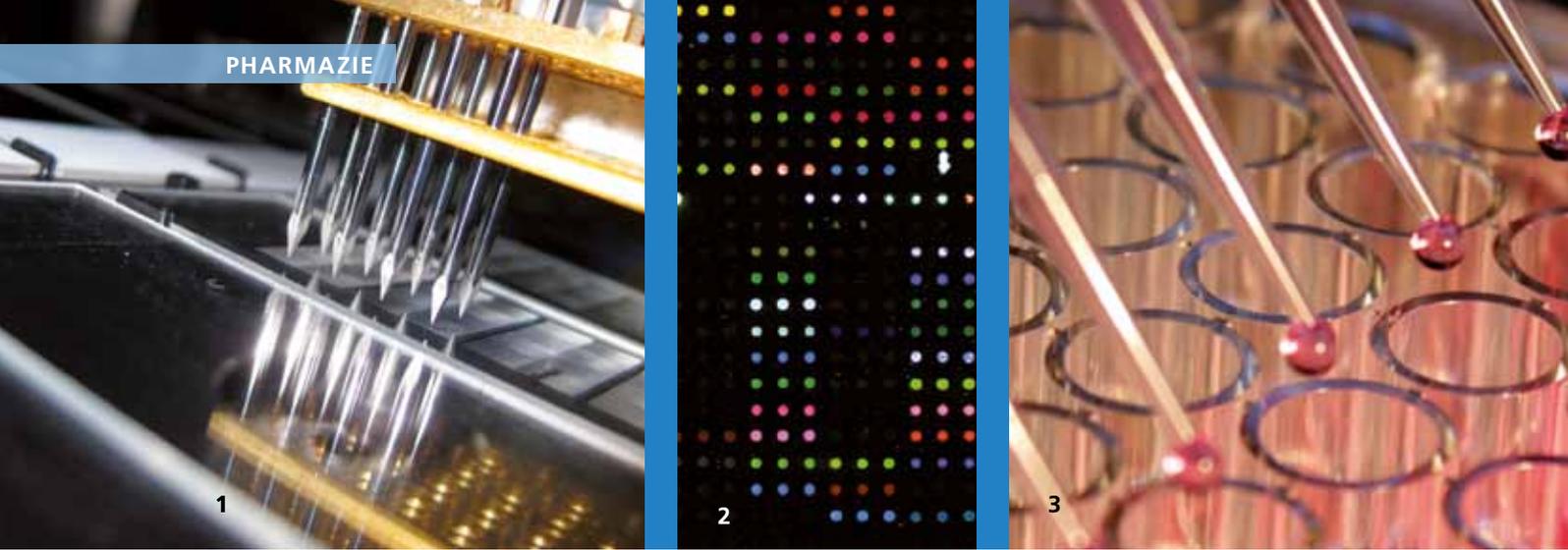
- [1] Hsu, M. Y.; Meier, F.; Herlyn, M. (2002), Melanoma development and progression: a conspiracy between tumor and host, *Differentiation*. 70(9-10): 522-536
- [2] Groeber, F.; Holeiter, M.; Hampel, M.; Hinderer, S.; Schenke-Layland, K. (2011), Skin tissue engineering – *In vivo* and *in vitro* applications, *Advanced Drug Delivery Reviews* in press
- [3] Dewey, C. F. Jr; Bussolari, S. R.; Gimbrone, M. A. Jr; Davies, P. F. (1981), The dynamic response of vascular endothelial cells to fluid shear stress, *J. Biomech. Eng.* 103(3): 177-185

Förderung

Wir danken der Dr. Mildred Scheel Stiftung für Krebsforschung für die Förderung des Projekts »3-D-Tumorprogression und Tumorthherapie des Malignen Melanoms«, Förderkennzeichen 108888.

Projektpartner

Institut für Zellbiologie und Immunologie (IZI),
Universität Stuttgart



PILZINFEKTIONEN – DIAGNOSTIK UND WIRKSTOFFIDENTIFIKATION

Dipl.-Biol. (t. o.) Michaela Mai, Dipl.-Agr.-Biol. Petra Keller, Dr. rer. nat. Karin Lemuth

Aufgrund moderner, immunsuppressiver Therapien sowie einer immer älter werdenden Bevölkerung existiert ein immer größer werdendes Patientenkollektiv, welches gegen invasive Pilzinfektionen anfällig ist. Pilzinfektionen sind insbesondere bei immunsupprimierten Patienten mit einer hohen Mortalität verbunden. Da die Standarddiagnostik für pathogene Hefe- und Schimmelpilze vergleichsweise langwierig und fehlerbehaftet ist, kommt es in der Klinik häufig und vermehrt zu einem prophylaktischen und kostspieligen Einsatz von Antimykotika. In den letzten Jahren nehmen Berichte über Antimykotika-Resistenzen, insbesondere bei *Candida* spp., stetig zu.

Konventionelle klinische Keimidentifizierungstests und der Nachweis von Antimykotika-Empfindlichkeiten bzw. -Resistenzen beruhen auf kulturbasierten Verfahren (Mikrodilution, Etest®) und können vor allem bei Schimmelpilzen bis zu 14 Tage in Anspruch nehmen. Häufig gelingt die Anzucht von Schimmelpilzen aus Patientenproben jedoch gar nicht, obwohl der Patient klinisch eindeutig verdächtig ist. In diesen Fällen muss eine Verdachtstherapie initiiert werden, die nicht spezifisch auf den Erreger angepasst werden kann. Ferner ist aus klinischen Studien bekannt, dass die phänotypische Resistenztestung mit einem Fehler von bis zu 15 Prozent behaftet ist.

Genauere Diagnostik mittels DNA-Microarrays

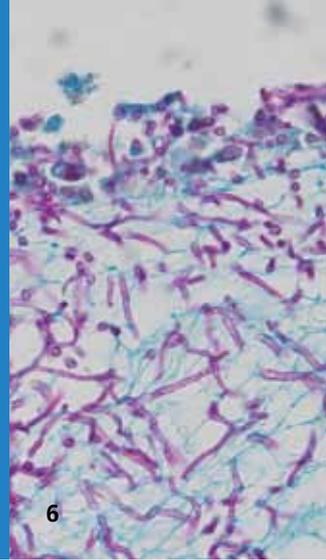
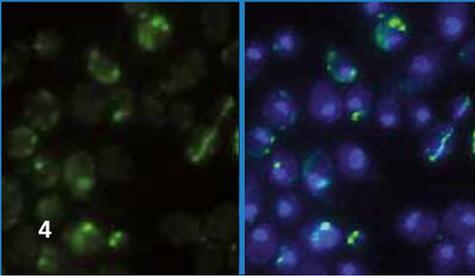
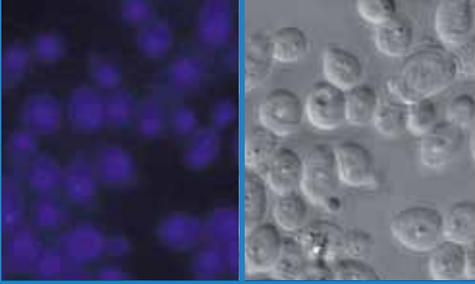
Um humanpathogene Pilze und ihr Resistenzspektrum schnell und treffsicher nachweisen zu können, wurde am Fraunhofer IGB im Rahmen des von der EU geförderten Verbundprojekts EURESFUN (European Resistance Fungal Network) ein DNA-Microarray entwickelt (Bild 1). Im Vergleich zu herkömmlichen, kulturbasierten Methoden bietet die DNA-Microarray-Techno-

logie den Vorteil, dass eine Vielzahl von Parametern gleichzeitig abgefragt werden kann. Neben der Identifizierung der 35 am häufigsten auftretenden Pilzspezies können mit diesem Microarray auch Punktmutationen überwacht werden, die in *C. albicans* für eine Resistenzausbildung gegenüber Flukonazol, einem der am häufigsten verabreichten Antimykotika, verantwortlich sind (Bild 2). Die Funktionalität des entwickelten Arrays konnte mit klinischen Proben getestet und validiert werden.

Identifizierung neuer Wirkstoffe

Um der zunehmenden Resistenzentwicklung Rechnung zu tragen, wird die Suche nach neuen antimykotisch wirksamen Substanzen immer wichtiger. In Zusammenarbeit mit der EMC microcollections GmbH (EMC), dem Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung sowie der Universitätsklinik Tübingen identifiziert und charakterisiert das Fraunhofer IGB solche neuen Wirkstoffe.

Hierfür wird der am Institut entwickelte Aktivitäts-Selektivitäts-Assay (AS-HTS) für das Screening umfangreicher Substanzbibliotheken eingesetzt, die vom Projektpartner EMC synthetisiert und zur Verfügung gestellt werden. Der AS-HTS imitiert die kleinste Einheit einer Pilzinfektion (Bild 3). Anders als beim konventionellen Wirkstoffscreening werden hier die humanen Zellen in den Test mit einbezogen. Diese werden in Anwesenheit des Humanpathogens, beispielsweise *Candida albicans*, unter Zugabe der zu testenden Substanz inkubiert. Eine Farbreaktion gibt Auskunft über das Überleben der humanen Zellen und zeitgleich über die antimykotische Wirksamkeit der jeweiligen untersuchten Substanz. Dadurch lässt



sich, im Gegensatz zu konventionellen Wirkstoffscreenings, das Überleben der Wirtszellen in Anwesenheit des Pathogens und der jeweiligen Testsubstanz direkt messen. Dies erlaubt, zytotoxische Verbindungen sofort auszusortieren. Anders beim konventionellen Screening: Hier werden viele Verbindungen mit antimykotischer Wirkung identifiziert, welche sich in anschließenden Screenings, in der Regel in Tierversuchen, jedoch oft als unverträglich für die Wirtszellen erweisen.

Wirkstoffcharakterisierung

Um die gefundenen antimykotisch wirksamen Substanzen und deren Wirkungsweise näher zu charakterisieren, werden am Fraunhofer IGB unter anderem Genexpressionsstudien mittels gesamtgenomischer DNA-Microarrays sowie akkreditierte, komplexe *In-vitro*-Infektionsmodelle verwendet. Die Microarray-Analysen helfen, Einblicke in den Wirkmechanismus zu erhalten, der mit weiteren Methoden wie beispielsweise der Immunfluoreszenz-Färbung näher charakterisiert wird (Bild 4).

Die komplexen Infektionsmodelle, aufgebaut aus humanem Gewebe *in vitro*, liefern Informationen über die Penetration, Verteilung und Metabolisierung der untersuchten Substanz im Gewebe und helfen, Tierversuche zu vermeiden (Bild 5). Zudem lassen sich pharmakologische und toxikologische Eigenschaften und die Effizienz der potenziellen Wirkstoffe im menschlichen Gewebe überprüfen (Bild 6). Die Tests geben damit Hinweise darauf, welche Substanzen antimykotisch wirksam und gleichzeitig ungefährlich für den Menschen sind. Nur solche Verbindungen gehen in die nächste Testphase ein.



Dr. Karin Lemuth

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



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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

Förderung

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Projekts »EURESFUN« im Rahmen des Sixth Framework Programme.

Ferner danken wir dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Verbundvorhabens

»Entwicklung neuer Wirkstoffe gegen humanpathogene Pilze: mit ausgewählten Wirksubstanzen und neuen Screeningmethoden über Target-Identifizierung zu präklinischen Studien« im Programm

»Basisinnovationen in der genombasierten Infektionsforschung«, Förderkennzeichen 0315221D.

Projektpartner

Euresfun: <http://www.chuv.ch/imul/euresfun>

Entwicklung neuer Wirkstoffe gegen humanpathogene Pilze:

Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig

EMC microcollections GmbH, Tübingen

Universitätsklinik Tübingen, Tübingen

1 Druckprozess eines DNA-Microarrays mit 8 Pins.

2 DNA-Microarray zum Nachweis von Punktmutationen in pathogenen Pilzen.

3 Screening von Substanzbibliotheken mit dem Aktivitäts-Selektivitäts-Assay (AS-HTS).

4 Immunfluoreszenz-Aufnahmen von *C. albicans* zur Aufklärung von Wirkmechanismen.

5 Aufbau eines *In-vitro*-Infektionsmodells.

6 Querschnitt eines *In-vitro*-Infektionsmodells: Invasion von *C. albicans* in ein Epithelmodell.



EXTRAKTIONS- UND REINIGUNGSVERFAHREN FÜR INTERFERON- β -1b

Dr. rer. nat. Hans Weber

Therapeutische Proteine gewinnen stetig höhere Anteile am Pharmamarkt. Monoklonale Antikörper beispielsweise zeigen Wachstumsraten im zweistelligen Bereich und auch länger bekannte Proteine wie Interferon- β (IFN- β) liegen weltweit bei einem Jahresumsatz von drei Milliarden US \$. Die Behandlung mit IFN- β ist eine der aktuellen Basistherapien für die häufigste Form der multiplen Sklerose (MS), der »relapsing-remitting« MS. Die Kosten für IFN- β belaufen sich in Deutschland auf 18 000 Euro pro Patient und Jahr mit der Konsequenz, dass die meisten der weltweit 2,5 Mio. MS-Patienten nicht adäquat mit IFN- β behandelt werden können. Dabei sind die für eine Behandlung erforderlichen Wirkstoffmengen mit 45 mg pro Patient und Jahr für IFN- β -1b sehr gering.

Zwei Formen von IFN- β

Aktuell sind zwei Formen von IFN- β auf dem Markt. Die rekombinant in tierischen Zellen hergestellte Form (IFN- β -1a) entspricht in der Aminosäuresequenz und Glycosylierung der humanen Form. Die handelsübliche rekombinante in *E. coli* exprimierte Variante dagegen ist nicht glycosyliert und unterscheidet sich von der natürlichen humanen Form am N-Terminus (Methionin wird abgespalten) und an der Position 17 durch Austausch von Cystein gegen Serin. Die in *E. coli* hergestellte Form wird als IFN- β -1b bezeichnet. Der Patentschutz beider Formen läuft aus. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, IFN- β als *Biosimilar* einem breiteren Patientenkreis preisgünstiger und in weiten Teilen der Welt überhaupt erst verfügbar zu machen.

Kriterien für ein optimiertes Herstellungsverfahren

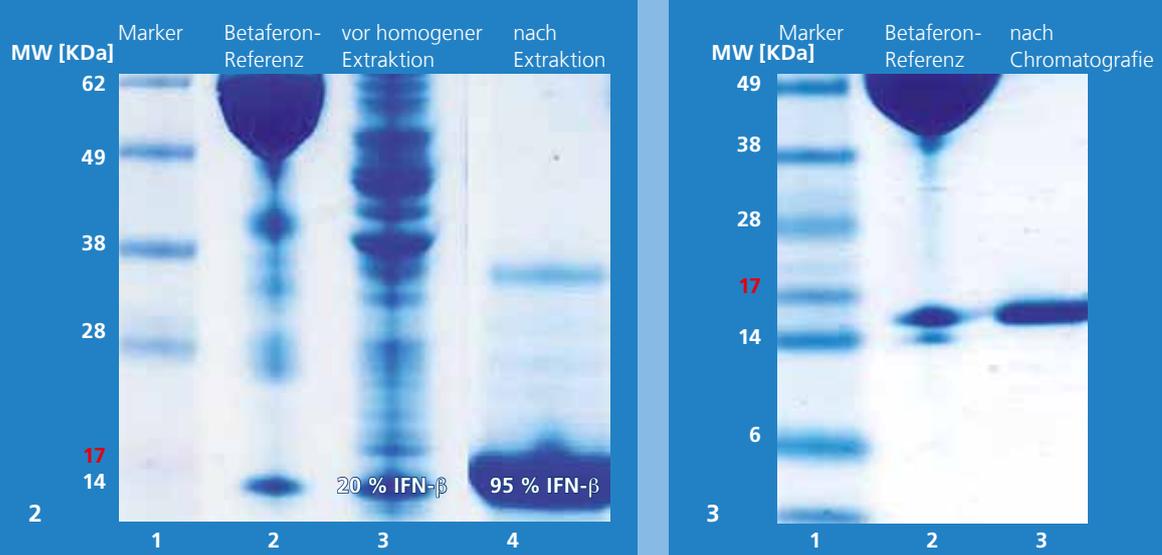
Ziel eines aktuellen Projekts am Fraunhofer IGB ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von IFN- β -1b im industriellen Maßstab. Dabei sind der Preis, die Sicherheit der Produkte, die Stabilität der Prozesse (Robustheit) und die Skalierbarkeit von zentraler Bedeutung. Eine hohe Expressionsrate, geringe Kosten für Medien und Fermentation sowie einfache und stabile Verfahren zur Isolierung und Reinigung (downstream processing) entscheiden über den wirtschaftlichen Erfolg und über eine sichere Patientenversorgung.

Klonierung und Expression

Wissenschaftler am Fraunhofer IGB konnten einen hochproduzierenden Klon, welcher eine an *E. coli* angepasste IFN- β -1b-Gensequenz trägt, etablieren. Dieser erlaubt eine Expression des gewünschten IFN- β -1b-Proteins innerhalb der Zellen als Einschlusskörperchen (inclusion bodies). Durch eine Hochzelldichtefermentation wurde mit diesem Klon eine stabile und hohe Expressionsrate von mindestens 20 Prozent IFN- β -1b des Gesamtzellproteins erreicht.

Skalierbarer Aufarbeitungsprozess

Die Isolierung, Reinigung und Solubilisierung der IFN- β -Proteine aus Inclusion Bodies ist bisher ein technisch aufwendiger Prozess. Ziel war es, einen technisch einfachen und skalierbaren Aufarbeitungsprozess für IFN- β -1b auszuarbeiten.



Hierfür werden die Bakterienzellen unmittelbar nach der Fermentation mit einem kombinierten enzymatisch/mechanischen Verfahren aufgeschlossen. Aus diesem Zellhomogenat wird das Zielprotein mit hoher Ausbeute und Selektivität in nur einem Extraktionsschritt mit 2-Butanol gewonnen. Das hydrophobe Interferon- β wandert mithilfe von grenzflächenaktiven Substanzen in die obere organische Phase (2-Butanol). Bakterielle Proteine finden sich nach der Phasentrennung aufkonzentriert als Feststoff zwischen der unteren wässrigen und der oberen organischen Phase. Die untere wässrige Phase enthält die hydrophilen Inhaltsstoffe der Zellen wie Salze und DNA/RNA. Bild 1 zeigt die drei Phasen nach einer durch Zentrifugation erzwungenen Phasentrennung. Bild 2 zeigt die Proteinmuster mittels SDS-PAGE vor dem Extraktionsschritt (Spur 3) und in der organischen Phase (Spur 4). Das Zielprotein liegt vor dem Extraktionsschritt mit einem Anteil um 20 Prozent vor, nach der Extraktion hat es eine Reinheit von 95 Prozent. Nachfolgende chromatographische Schritte erhöhen die Reinheit weiter (Bild 3).

Ausblick

Mit dem am Fraunhofer IGB etablierten, technisch einfachen und skalierbaren Aufarbeitungsprozess für IFN- β -1b wird der größte Teil der bakteriellen Proteine direkt in einer ersten Reinigungsstufe abgetrennt. Die aufwendige Isolierung, Reinigung und Solubilisierung der Inclusion Bodies, die mit hohen Verlusten einhergehen, können wir damit vermeiden. Der Prozess liefert ein IFN- β -1b hoher Reinheit, das kostengünstig im industriellen Maßstab hergestellt werden kann.



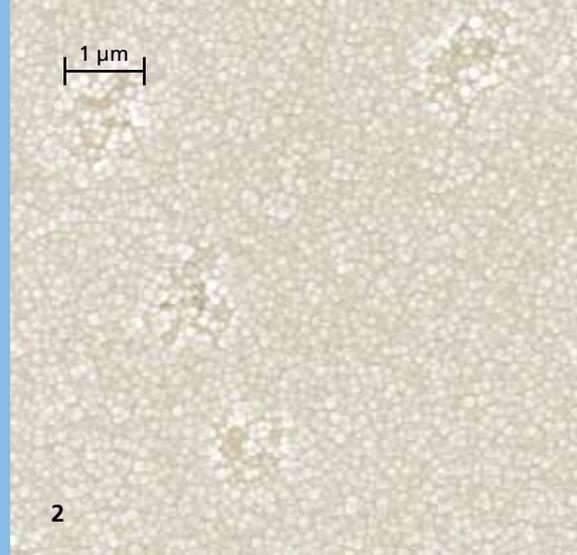
Dr. Hans Weber
 Telefon +49 711 970-4245
 hans.weber@igb.fraunhofer.de



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

Projektpartner
 Cinnagen, Teheran, Iran

- 1 *Nach Zentrifugation des Homogenats bilden sich drei Phasen. In der oberen, organischen Phase befindet sich IFN- β -1b.*
- 2 *SDS-PAGE-Gelelektrophorese des Homogenats vor der Extraktion (Spur 3) und der organischen Phase mit IFN- β -1b (Spur 4).*
- 3 *SDS-PAGE-Gelelektrophorese von IFN- β -1b nach weiterer chromatographischer Reinigung.*



FUNKTIONALE TINTEN FÜR DEN INKJET-DRUCK

Dr. rer. nat. Kirsten Borchers, Dr. rer. nat. Achim Weber

Der Inkjet-Druck ist eine hochattraktive Technik, deren Leistungsfähigkeit über den Farbdruck hinaus auch zunehmend für den Druck funktionaler Strukturen genutzt wird. So können mittlerweile beispielsweise elektronische Leiterplatten mittels Drucktechnik hergestellt werden. Auch das *Rapid Prototyping* bedient sich des Inkjet-Drucks, um schichtweise beliebige komplexe Objekte aufzubauen, die entweder als Modelle oder auch als fertige Bauteile, zum Beispiel im Leichtbau, eingesetzt werden. Für diese Anwendungen werden zunehmend Tinten mit unterschiedlichsten Eigenschaften verarbeitet.

Am Fraunhofer IGB werden Tintenformulierungen für die Verarbeitung vielfältiger Funktionskomponenten entwickelt. Insbesondere stellen wir biofunktionale Tinten her, um beispielsweise Biomoleküle für die Herstellung von Sensoren oder medizinischen Assays für die schnelle und automatisierte Verarbeitung verfügbar zu machen. Eine weitere, vielfältig anpassbare Funktionskomponente sind Nanopartikel, die je nach ihrer chemischen Beschaffenheit unterschiedliche Eigenschaften wie elektrische Ladung, Leitfähigkeit, Farbe oder Fluoreszenz in eine Tinte einbringen. Je nach Anforderung stellen wir wässrige oder lösemittelbasierte Tinten her. Notwendige Additive zur Einstellung der rheologischen Eigenschaften der Tinten passen wir den Eigenschaften der Funktionskomponenten an. Für den Druck hochpräziser, flächiger Strukturelemente steht ein modernster Hochpräzisionsdrucker, der Dimatix Material Printer-3000 (FUJIFILM Dimatix, USA), zur Verfügung.

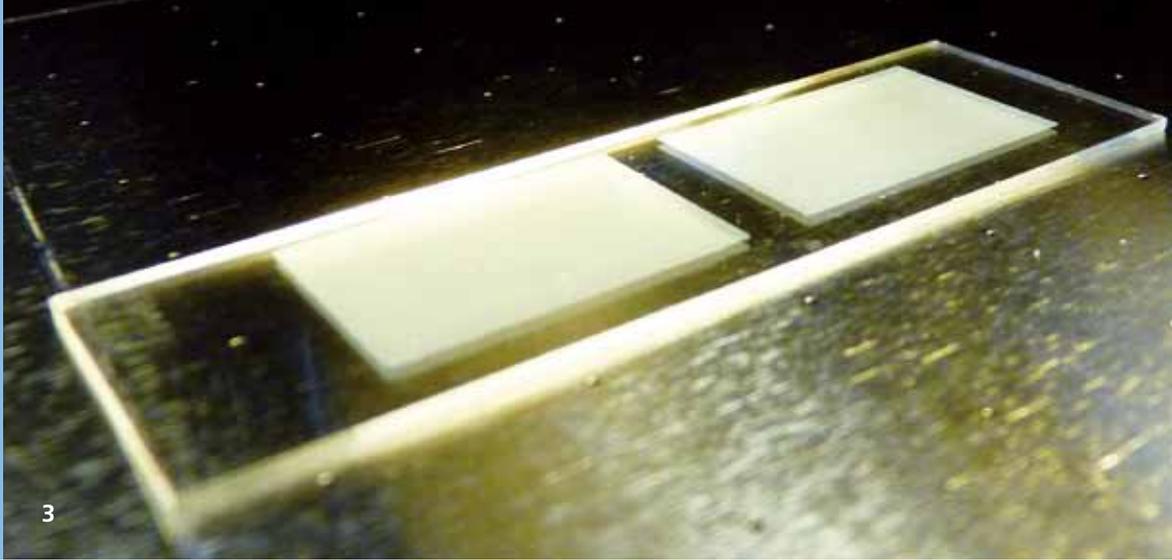
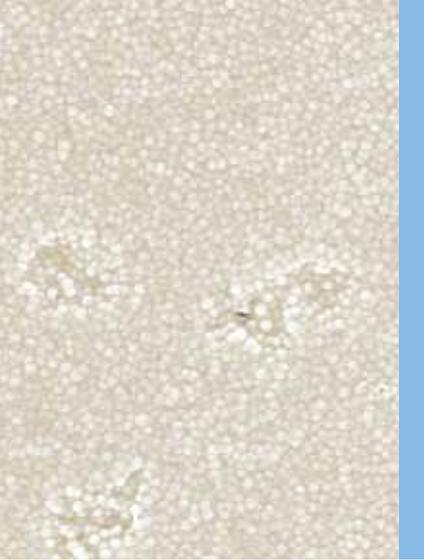
Nanopartikelhaltige Tinten

Nanopartikel besitzen das Potenzial, eine Vielzahl von Funktionen transportieren zu können: Sowohl die Eigenschaften der

Partikelschale wie beispielsweise die Ausstattung mit bestimmten chemischen Gruppen als auch die Beladung des Partikelkerns mit Farbstoffen oder aktiven Komponenten, welche nach dem Druck zum Beispiel in Kontakt mit Wasser freigegeben werden, können zur systematischen Gestaltung von Materialeigenschaften beitragen. Zur gezielten und strukturierten Applikation von Suspensionen aus funktionalen Nanopartikeln werden am Fraunhofer IGB inkjet-taugliche Formulierungen erarbeitet. Für die Beschichtung von Oberflächen mit elektrisch geladenen Nanopartikeln haben wir beispielsweise eine auswaschbare, wasserbasierte Tinte entwickelt. Glasträger, die mit einer Schicht aus positiv geladenen Nanopartikeln bedruckt sind, werden als Substrat für die Entwicklung sensitiver Schnelltests auf der Basis von Nukleinsäure-Microarrays erprobt.

Biofunktionale Tinten

Auch in der Biotechnologie wächst der Bedarf an Verfahren für eine reproduzierbare und automatisierbare Verarbeitung von Materialien – insbesondere für die Verarbeitung von biologischen oder biofunktionalen Materialien. Am Fraunhofer IGB wurde eine Tintenformulierung für die Verarbeitung von Proteinen unter Erhalt ihrer nativen Funktionalität entwickelt. Diese biofunktionalen Tinten können eingesetzt werden, um bestimmte Bereiche auf einem Substrat für die Adhäsion von unterschiedlichen Zelltypen attraktiv zu gestalten. Photovernetzbare Protein-Tinten sollen einmal für den Aufbau dreidimensionaler Trägerstrukturen für Zellen eingesetzt werden. Zur Einstellung der Viskosität und der Oberflächenspannung der Tinten haben wir wasserlösliche und proteinkompatible Komponenten verwendet (Grafik).



Ein weiteres Beispiel ist der Einsatz des Inkjet-Druckverfahrens für die Entwicklung von Biomaterialien, die sich für Zellassays einsetzen lassen: Durch Zugabe verschieden großer Partikel zur Tinte können wir beispielsweise Felder mit unterschiedlichen Topographien erzeugen und deren Einfluss auf die Adhäsion von Zellen untersuchen.

Ausblick

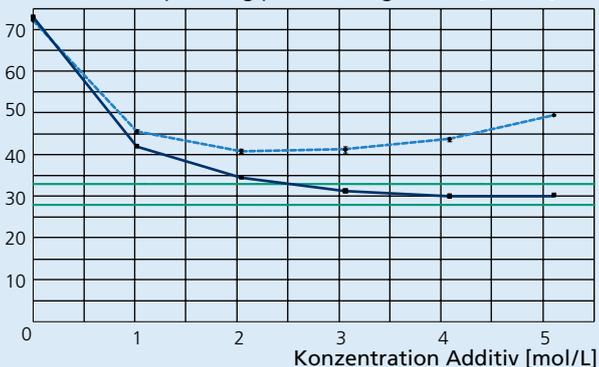
Über die Inkjet-Technologie gelingt der Materialauftrag teuer und hochwertiger Substanzen punktgenau und praktisch verlustfrei. Für den Einsatz in 3-D-Inkjet-Druckverfahren werden am Fraunhofer IGB momentan Tintenformulierungen aus UV-A- vernetzbaren Biopolymeren erarbeitet.

Leistungsspektrum

- Formulierung von Inkjet-Tinten auf wässriger oder Lösemittel-Basis
- Biofunktionale Tinten
- Nano- und mikropartikelhaltige Tinten
- UV-vernetzbar Tinten
- Leitfähige und Halbleiter-Tinten
- Druck hochaufgelöster Strukturen

Anpassung der Oberflächenspannung von Inkjet-Tinten

Oberflächenspannung proteinhaltiger Tinte [mN/m]



Dr. Achim Weber

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



Dr. Kirsten Borchers

Telefon +49 711 970-4121
kirsten.borchers@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Micro-Print – Drucktechnik für innovative funktionale Oberflächen«, Förderkennzeichen 01 RI 0618A.

Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
SCHOTT Technical Glass Solutions GmbH, Jena
Inomat GmbH, Neunkirchen

- 1 Austauschbare Einweg-Kartusche im Druckwerk des Hochpräzisionsdruckers Dimatix 3000.
- 2 Gedruckte Nanopartikel auf einer Glasoberfläche.
- 3 Gedruckte Nanopartikelschichten.



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 oder durch Kreislaufführung von Stoffströmen (Recycling, nachhaltiges Abfallmanagement) in unserem Fokus.

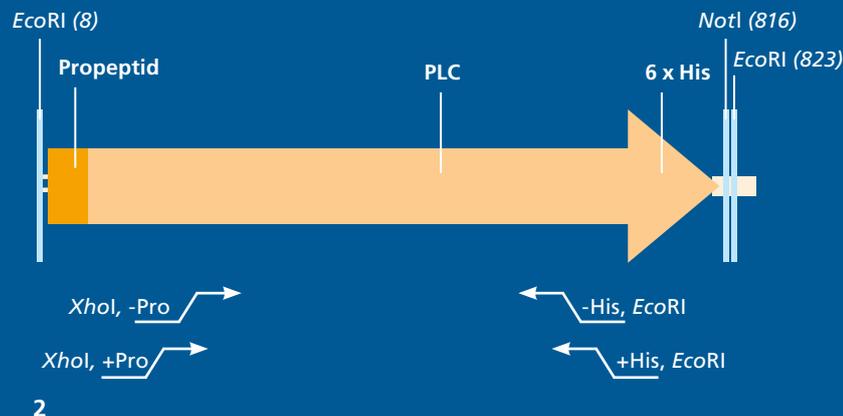
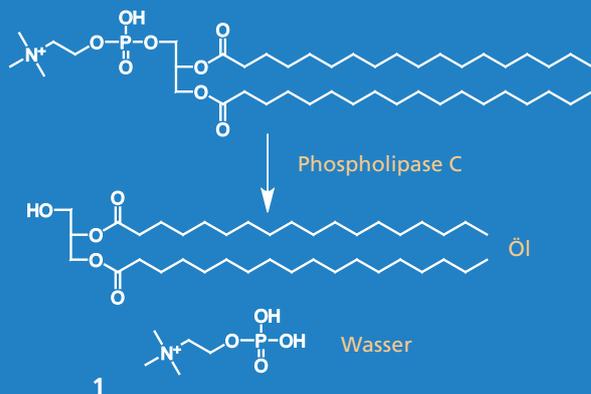
Entkopplung von Volumen- und Oberflächeneigenschaften von Materialien durch Grenzflächenverfahrenstechnik

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



EFFIZIENTE HERSTELLUNG INDUSTRIERELEVANTER ENZYME

Dr. rer. nat. Sven Krügener, Dipl.-Biol. (t. o.) Dipl.-Ing. (FH) Susanne Zibek

Enzyme finden bereits breite Anwendung in der Lebensmittel-, der Textil-, der Reinigungs- und Waschmittelindustrie, der Chemie- sowie in der Pharmaindustrie. In der Forschung werden durch moderne Methoden ständig weitere, neue industrierelevante Enzyme entdeckt, wissenschaftlich charakterisiert und hinsichtlich ihrer katalytischen Aktivität optimiert. Es wird geschätzt, dass in der Natur 10 000 Enzyme vorkommen. Davon sind 3000 bekannt, aber nur rund 120 Enzyme werden industriell genutzt [1].

Das Fraunhofer IGB arbeitet daher zusammen mit Partnern aus Forschung und Industrie im Verbundprojekt »Innozym« mit dem Ziel, effiziente, rekombinante Expressionsverfahren zur Produktion technischer Enzyme zu entwickeln und diese bis zu einem Maßstab von 10 m³ herzustellen und aufzureinigen. Das Ziel soll durch die Entwicklung geeigneter Produktionsstämme und durch die Optimierung der Bioprozesstechnik erreicht werden.

Verfahrensentwicklung und -optimierung

Für die Produktion industriell relevanter Hydrolasen und Oxidoreduktasen werden pro- und eukaryotische Expressionssysteme evaluiert und neue Expressionsstämme und Vektoren entwickelt. Für Varianten, die im Labormaßstab zu einer hohen Ausbeute führen, verfolgen wir die Verfahrensentwicklung und -optimierung bis in den Pilotmaßstab (10 m³). Für Untersuchungen zur Maßstabsvergrößerung steht dem Fraunhofer IGB mit dem Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP im nächsten Jahr eine integrierte Multifunktionsanlage am Chemiestandort Leuna zur Verfügung, deren Konzeption und Bau ebenfalls Bestandteil des Projekts ist.

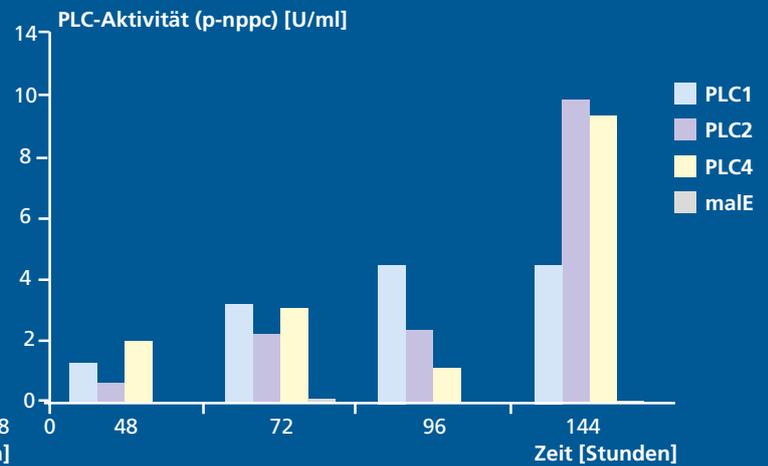
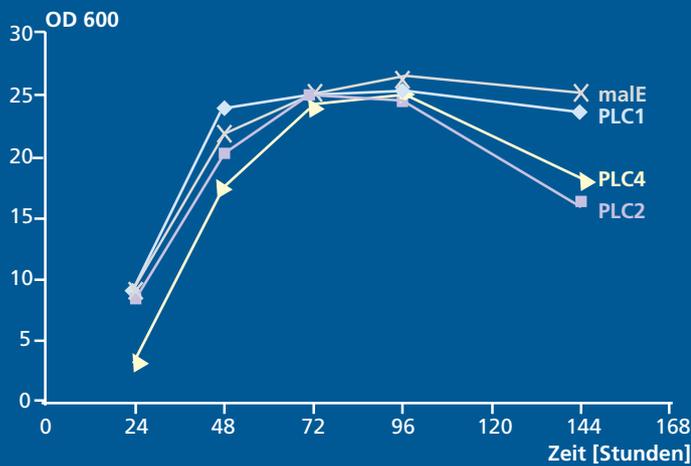
Neue Expressionssysteme

Gegenwärtig arbeiten wir am Fraunhofer IGB mit wildtypischen und proteasedefizienten Stämmen von *Kluyveromyces lactis* und *Pichia pastoris* als eukaryotische Expressionsstämme. *Kluyveromyces lactis* kann mit verschiedenen Zuckern wie Laktose aus Molkereststoffen kultiviert und induziert werden. Mit *Pichia pastoris* wird eine methylotrophe Hefe verwendet. Methanol ist preisgünstiger als viele konventionelle Nährmedien und Induktoren und der starke Promotor der Alkoholoxidase I erlaubt eine Produktausbeute an rekombinantem Enzym von bis zu 30 Prozent des Zellproteins. Die verwendeten Stämme eignen sich durch ihre effektiven Sekretionswege insbesondere zur Produktion von Enzymen, die ins Medium abgegeben werden. Sowohl die Produktionskontrolle als auch die Produktaufarbeitung der Enzyme sind hierdurch wesentlich vereinfacht.

Am Fraunhofer IGB entwickeln wir gegenwärtig Produktionsstämme zur Herstellung rekombinanter Hydrolasen wie Phospholipase C und Proteasen sowie Oxidoreduktasen. Im Verlauf des Projekts sollen zusätzlich Produktionsstämme zur Herstellung von Cellulasen, Xylanasen und Lipasen entwickelt werden, die in weiteren Projekten des Fraunhofer IGB und des Fraunhofer CBP Verwendung finden.

Beispiel Phospholipase C

Phospholipase C (PLC) katalysiert die Hydrolyse von Phospholipiden unter Bildung von Diacylglycerolen und wasserlöslichem Phosphorylethanolamin (Bild 1). PLC wird bereits großtechnisch zur Raffinierung von Pflanzenölen eingesetzt, um eine schnellere und nahezu vollkommene Phasentrennung zu erreichen.



Wir verwenden Expressionskassetten mit verschiedenen Varianten synthetischer Strukturgene auf Basis der plc-Sequenz von *Bacillus cereus*. Die Strukturgene haben wir zudem in Hinblick auf eine optimale Transkription und Translation an die verwendeten Wirtsorganismen angepasst (Bild 2). Die Expressionskassetten werden in die genomische DNA der Expressionsstämme integriert.

Für das Expressionssystem *Kluyveromyces lactis* konnten bereits modifizierte Stämme identifiziert werden, die das entsprechende plc-Konstrukt in mehrfacher Kopienzahl im Genom tragen. Die Enzymaktivität der rekombinanten PLC-Varianten gegen das Substrat p-Nitrophenylphosphorylcholin haben wir mithilfe eines Mikrotiterplatten-basierten Aktivitätstests untersucht (Bild 3). Dabei konnten wir zeigen, dass die optimierten Stämme PLC in aktiver Form ins Kulturmedium sekretieren. Die quantitative Bewertung ist Gegenstand derzeitiger Untersuchungen.

Ausblick

Im Anschluss an die molekularbiologische Stammoptimierung ist geplant, Hochzelldichteverfahren unter Verwendung unterschiedlicher Kohlenstoffquellen in Fed-Batch-Prozessen zu optimieren. Zudem wollen wir die Induktionsstrategien mit dem Ziel einer maximalen Raum-Zeit-Ausbeute am Fraunhofer IGB in Stuttgart und bis zum Pilotmaßstab am Fraunhofer CBP in Leuna evaluieren. Parallel sollen Aufarbeitungsverfahren (Downstream Processing) entwickelt werden, bei denen neben Separationstechniken zur Biomasse-Abtrennung auch Kristallisations- und Chromatographieverfahren für die Produktreinigung und -konzentrierung im Fokus stehen.



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

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



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

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

Literatur

[1] Braun, M. et al. (2006) Übersichtsstudie Biokatalyse in der Industriellen Produktion, herausgegeben vom VDI

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Entwicklung innovativer Prozesse zur effizienten Herstellung von Enzymen (Innozym)«, Förderkennzeichen AZ 0315510.

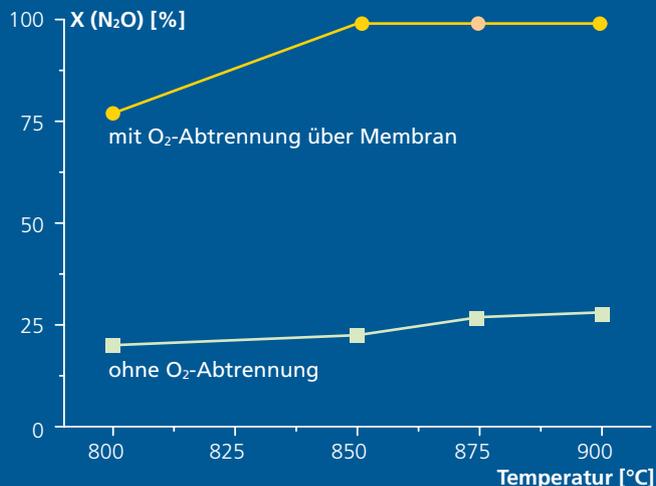
Partner

c-LEcta, Leipzig | Linde KCA, Dresden | InfraLeuna, Leuna | Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik (IGVT), Universität Stuttgart

- 1 Phospholipase-C-katalysierte Hydrolyse von Phospholipiden.
- 2 Design des Strukturgens zur Herstellung der Phospholipase C (PLC). Histidin-Reste (His) dienen der Aufreinigung. EcoRI und NotI stellen Schnittstellen für Nucleasen dar.
- 3 Links: Zeitlicher Verlauf der PLC-Expression in *K. lactis*. Rechts: Aktivität der verschiedenen Phospholipase-C-Konstrukte PLC1, PLC2 und PLC4; malE (maltose binding protein) stellt die Negativkontrolle dar.



2



MEMBRANREAKTOREN AUF BASIS PEROWSKITISCHER KAPILLARMEMBRANEN

Dr. rer. nat. Thomas Schiestel

Die Anreicherung von Sauerstoff aus Luft und die Abtrennung von Sauerstoff aus Gasgemischen sind für viele Oxidationsreaktionen bzw. Verbrennungsprozesse von großer Bedeutung. Um beispielsweise das in Erdgas vorhandene Methan als Grundstoff für die chemische Industrie nutzbar zu machen, muss es partiell zu Synthesegas, einer Mischung aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff, oxidiert werden. In den letzten Jahren sind verstärkt gemischtleitende keramische Materialien, sogenannte Perowskite, als Membranmaterialien für die selektive Abtrennung von Sauerstoff aus Gasgemischen in den Fokus gerückt. Solche Membranen können auch im Sinne einer Prozessintensivierung direkt als Membranreaktoren genutzt werden. In Membranreaktoren wird die Stofftrennung mit einer chemischen Reaktion kombiniert. So können beispielsweise Reaktionsprodukte aus dem Reaktionsraum entfernt werden, wodurch sich das chemische Gleichgewicht verschieben lässt.

Sauerstoffleitende Perowskitkapillaren

Um die speziellen Materialeigenschaften der Perowskite mit einer effektiven spezifischen Membranoberfläche zu kombinieren, haben wir am Fraunhofer IGB sauerstoffleitende, perowskitische Kapillarmembranen entwickelt. Diese Membranen besitzen im Vergleich zu herkömmlichen Geometrien (Scheibe, Rohr, Multikanalelement) die größte Packungsdichte (Trennfläche pro Volumen) bei einem gleichzeitig sehr geringen Materialverbrauch. Über ein Nassspinnverfahren mit anschließender Sinterung werden Perowskitkapillaren mit Außendurchmessern von 0,5 bis 3 mm und Wandstärken von 0,05 bis 1,5 mm im Technikumsmaßstab gefertigt (Bild 1). Gasdichte Kapillaren aus dem Perowskitmaterial $\text{BaCo}_x\text{Fe}_y\text{Zr}_z\text{O}_{3-\delta}$ (BCFZ) zeigen bei Temperaturen von 850 °C einen Sauerstofffluss in der Größenordnung von $5 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ und eine exzellente Selektivität (Trennfaktor $\text{O}_2/\text{N}_2 > 10\,000$) [1].

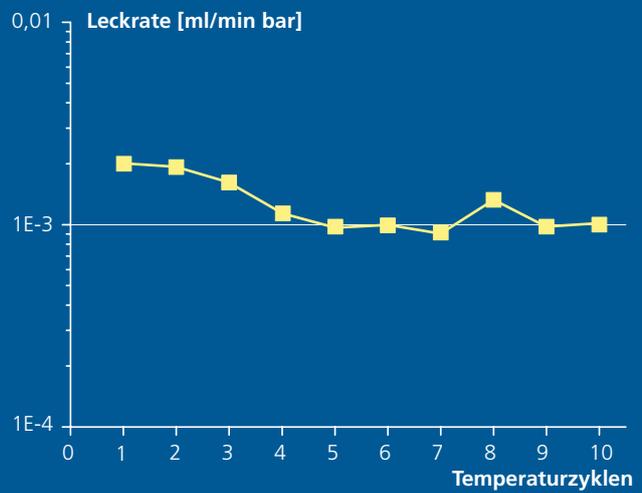
Anwendungen

Gemeinsam mit Partnern aus Hochschule und Industrie haben wir diese Membranen für die verschiedensten Anwendungen getestet. Die Kapillaren können für die Herstellung von sehr reinem Sauerstoff [2] aus Luft und für die partielle Oxidation von Methan (POM) [3] eingesetzt werden. Koppelt man die Wasserspaltung mit der POM über diese Membranen, ist die parallele Herstellung von reinem Wasserstoff und Synthesegas möglich [4]. Eine weitere Anwendung ist die Spaltung des Treibhausgases Distickstoffoxid (Lachgas) in Stickstoff und Sauerstoff (Bild 2) [5]. Die kinetische Hemmung dieser Reaktion wird dabei durch die Entfernung des Sauerstoffs über die Perowskitmembran gelöst.

3



4



Ausblick

Für die großtechnische Umsetzung dieser Technologie ist die Entwicklung langzeitstabiler Membranmodule notwendig (Bild 3). Eine Herausforderung hierbei ist die Entwicklung hochtemperaturfester, gasdichter Verbindungen der Membranen mit einem Gehäuse (Pottung). Durch geometrische und materialtechnische Anpassungen konnten im Fraunhofer IGB bereits erste Pottungen hergestellt werden, die mehreren Temperaturzyklen standhalten, ohne dass es zu einem Versagen der Pottungen kommt (Bild 4).

- 1 *Typische Geometrie einer perowskitischen Hohlfaser. Außendurchmesser: 900 μm , Innendurchmesser: 600 μm , Länge: 30 cm.*
- 2 *Konversion des Treibhausgases Distickstoffoxid bei verschiedenen Temperaturen mit und ohne Abtrennung von Sauerstoff über eine $\text{BaCo}_x\text{Fe}_y\text{Zr}_z\text{O}_{3-x}$ -Kapillarmembran. Innenseite: $F_{\text{N}_2\text{O}} = 6 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ und $F_{\text{He}} = 24 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$. Außenseite: a) ohne Sauerstoffentfernung: nur Lachgas, b) mit Sauerstoffentfernung: $50 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ ($F_{\text{H}_2\text{O}} = 20 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$, $F_{\text{Ne}} = 12 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ und $F_{\text{CH}_4} = 8 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$). Menge an $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ Katalysator: 1,2 g. Effektive Membranfläche: 0,86 cm^2 .*
- 3 *12-Faser-Schwimmkopfmodul. Der Gastrom wird im Schwimmkopf umgelenkt.*
- 4 *Leckrate einer Pottung zwischen einer BCFZ-Kapillarmembran und einem hochtemperaturfesten Stahl bei 800 °C und 6 bar. Die Leckrate wurde über den Druckabfall ermittelt. Zwischen den Messungen wurde mit einer Kühlrate von 1 K/min auf 100 °C abgekühlt.*



Dr. Thomas Schiestel

Telefon +49 711 970-4164

thomas.schiestel@igb.fraunhofer.de

Literatur

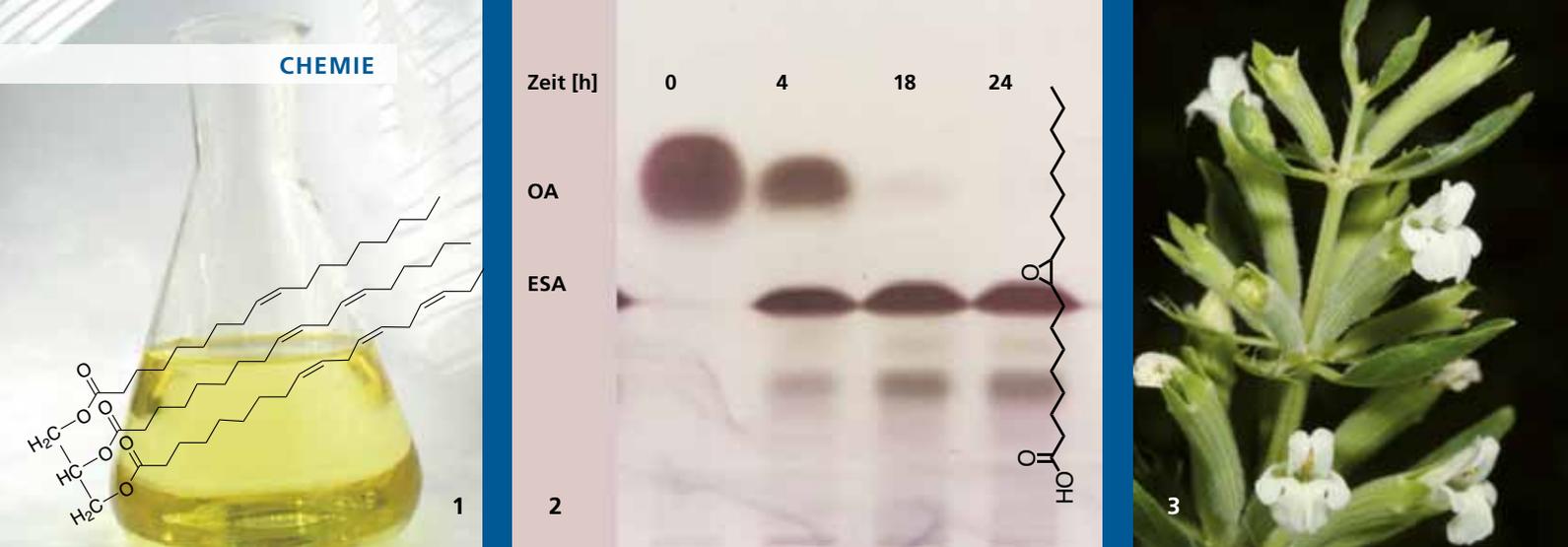
- [1] Schiestel, T.; Kilgus, M.; Peter, S.; Caspary, K. J.; Wang, H.; Caro, J. (2005) Hollow fibre perovskite membranes for oxygen separation, *J. Mem. Sci.* 258 (1-2): 1-4
- [2] Liang, F. et al. (2010) High-purity oxygen production from air using perovskite hollow fiber membranes, *Ind. Eng. Chem. Res.* 49(19): 9377-9384
- [3] Wang, H. et al. (2009) Oxygen selective ceramic hollow fiber membranes for partial oxidation of methane, *AIChE Journal*, 55(10): 2657-2664
- [4] Jiang, H.; Wang, H.; Werth, S.; Schiestel, T.; Caro, J. (2008) Simultaneous production of hydrogen and synthesis gas by combining water splitting with partial oxidation of methane in a hollow-fiber membrane reactor, *Angew. Chem. Int. Ed.* 47/48: 9341-9344
- [5] Jiang, H. et al. (2009) Direct decomposition of nitrous oxide to nitrogen by in situ oxygen removal with a perovskite membrane, *Angew. Chem. Int. Ed.* 48(16): 2983-2986

Förderung

Diese Arbeiten wurden im Rahmen des über das Kompetenznetzwerk Katalyse (ConNeCat, www.conneecat.de) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts »SynMem – Synthesegasproduktion durch katalytische Partialoxidation von Methan in Membranreaktoren« (03X2013B) durchgeführt.

Projektpartner

Institut für Physikalische Chemie, Prof. Caro, Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover
Uhde GmbH, Dortmund



CHEMO-ENZYMATISCHE HERSTELLUNG VON EPOXIDEN AUF BASIS PFLANZLICHER ÖLE

Fabian Haitz M. Sc., Dipl.-Biol. (t. o.) Dipl.-Ing. (FH) Susanne Zibek

Pflanzliche Öle (Bild 1) bestehen aus Triglyceriden, Estern des Glycerins, die sich durch die Zusammensetzung der enthaltenen Fettsäuren unterscheiden. Der Weltmarkt für die wichtigsten pflanzlichen Öle betrug 2009 etwa 133 Mio Tonnen. Der Großteil wurde für die Ernährung verwendet, etwa 10 Prozent der Öle wurden für chemisch-technische Produkte genutzt [1, 2]. Im Vergleich dazu lag der weltweite Mineralölverbrauch 2009 bei ungefähr vier Mrd. Tonnen. Davon wurden etwa 50 Prozent für die Herstellung flüssiger Kraftstoffe genutzt, daneben ca. 20 Prozent für Heizzwecke, knapp 10 Prozent als Chemierohstoff und die restlichen 20 Prozent für verschiedene andere Zwecke [3].

Pflanzliche Öle für die chemische Industrie

Aufgrund der variablen Kettenverteilung ergeben sich bei den aus pflanzlichen Ölen gewonnenen Basisprodukten wie Fettsäuren, Fettalkoholen und Estern verschiedene physikalische Eigenschaften, die zu unterschiedlichen Anwendungsfeldern führen. Fettalkohole werden beispielsweise als Rohstoffe für unterschiedliche Tenside, überwiegend Fettalkoholethoxylate (nicht-ionische Tenside) und Fettalkoholsulfate (anionische Tenside), eingesetzt [2]. Verzweigte Fettsäurederivate können durch eine Oligomerisierung ungesättigter Fettsäuren mit Petrochemikalien, z. B. kurzkettigen Alkenen, synthetisiert werden. Dabei entstehen Produkte, die im Vergleich zu den meist linearen Ausgangsstoffen eine höhere thermische Stabilität, einen niedrigeren Stockpunkt und eine relativ niedrige Viskosität aufweisen und sich dadurch gut für den Einsatz in Schmierstoffen eignen [2].

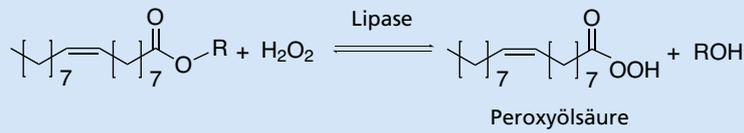
Anwendung und Herstellung pflanzlicher Epoxide

Eine weitere mögliche Modifikation ungesättigter Fettsäuren und Triglyceride stellt die Epoxidierung dar, bei der Produkte mit gesteigerter Polarität und Reaktivität erzeugt werden. Diese Epoxide können unter anderem als PVC-Stabilisatoren, Weichmacher, Cross-linker in Pulverbeschichtungen, in Epoxidharzen oder als Zusätze in Schmierölen eingesetzt werden. Epoxide werden in der Regel aus petrochemischen Ausgangsstoffen hergestellt [2]. Neuerdings werden auch pflanzenbasierte Epoxide im industriellen Maßstab, zumeist ausgehend von Sojaöl, gewonnen [4]. Dabei wird die sogenannte Prileschajev-Reaktion (Bild 4, unten) genutzt, bei der olefinische Doppelbindungen der ungesättigten Fettsäuren durch Persäure zum Epoxid (Oxiran) oxidiert werden. Die Persäurebildung erfolgt beim chemischen Verfahren häufig *in situ* durch Reaktion von Wasserstoffperoxid mit Essig- oder Ameisensäure unter Verwendung starker Mineralsäuren oder Ionenaustauschharze als Katalysator. Eine Alternative zum chemischen Verfahren besteht in der chemo-enzymatischen Epoxidierung, bei der das Enzym Lipase die Persäurebildung (Bild 4) aus Fettsäure und Wasserstoffperoxid katalysiert [5]. Wesentliche Vorteile der chemo-enzymatischen Methode sind dabei die milderen Prozessbedingungen und eine höhere Selektivität der Umsetzung. Bei der chemischen Methode auftretende unerwünschte Ringöffnungsreaktionen können beispielsweise beim chemoenzymatischen Verfahren weitestgehend vermieden werden.

PEROXIDIERUNG

R = H, Ölsäure

R = CH₃, Ölsäuremethylester



R = H, Wasser

R = CH₃, Methanol

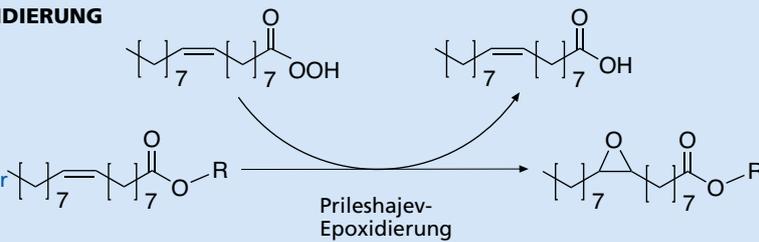
Peroxyölsäure

„SELBST“-EPOXIDIERUNG

R = H, Ölsäure

R = CH₃, Ölsäuremethylester

R = Diglycerid, Öl



R = H, Epoxystearinsäure

R = CH₃, Epoxystearinsäuremethylester

R = Diglycerid, epoxidiertes Öl

4

Chemo-enzymatische Epoxidierung von Drachenkopfföl

Das Fraunhofer IGB beschäftigt sich mit der Optimierung der chemo-enzymatischen Epoxidierung unterschiedlicher pflanzlicher Öle und Fettsäuren, die nicht in Konkurrenz zur Lebensmittelindustrie stehen. Verwendet wird dabei unter anderem das Öl des einjährigen, krautigen Iberischen Drachenkopfs (Bild 3). Unter Verwendung kommerziell erhältlicher Enzyme, z. B. einer immobilisierten Lipase aus *Candida antarctica* (Novozym® 435, Bild 4), haben wir den Herstellungsprozess optimiert. Dabei wurde unter anderem der Einfluss von Substratkonzentration, Wasserstoffperoxidzugabe, eingesetzter Lipasemenge und Temperatur auf den Umsatz unterschiedlicher Substrate untersucht. Durch die Optimierung unterschiedlicher Prozessparameter konnten verschiedene ungesättigte Fettsäuren und Öle mit Novozym® 435 zu 100 Prozent zu den korrespondierenden Epoxiden umgesetzt werden (Bild 2). Die produzierten Epoxide werden derzeit hinsichtlich ihres technischen Einsatzes untersucht und das Herstellungsverfahren im Bezug auf die Produkteigenschaften gegebenenfalls weiter optimiert. Auf Basis dieser Ergebnisse soll anschließend ein Verfahrensschema für die Herstellung von Epoxiden im technischen Maßstab erstellt und in Bezug auf dessen Wirtschaftlichkeit bewertet werden.

Neue Enzyme

Darüber hinaus haben wir auch nach neuen geeigneten Enzymen gescreent. Es ist uns dabei gelungen, neue, nicht kommerziell erhältliche Enzyme zu identifizieren, die ebenfalls eine Persäurebildung und somit in einem Folgeschritt die Epoxidierung ungesättigter Fettsäuren katalysieren. Die identifizierten neuen Enzyme sollen in größeren Mengen produziert, immobilisiert und auf ihre Umsatzleistung für eine Epoxidierung untersucht werden.

- 1 Pflanzliche Öle als nachwachsende Rohstoffe zur Herstellung von Epoxiden.
- 2 Dünnschichtchromatographische Analyse der Lipase-katalysierten Umsetzung von Ölsäure (OA) zu Epoxystearinsäure (ESA).



Dipl.-Biol. (t. o.) Dipl.-Ing. (FH)

Susanne Zibek

Telefon +49 711 970-4167

susanne.zibek@igb.fraunhofer.de



Priv.-Doz. Dr. Steffen Rupp

Telefon +49 711 970-4045

steffen.rupp@igb.fraunhofer.de

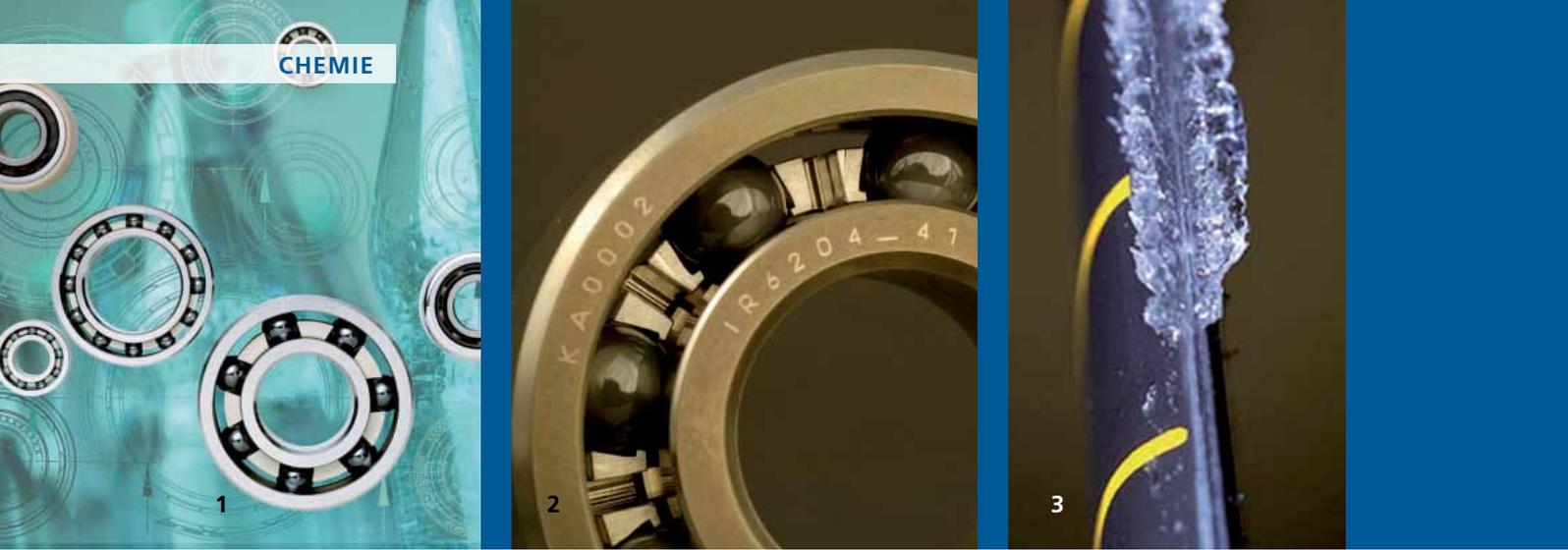
Literatur

- [1] United States Department of Agriculture (2011) Oilseeds: World Markets and Trade Monthly Circular, <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>
- [2] Behr, A. and Westfechtel, A. (2007), Chemie Ingenieur Technik 79(5): 621-636
- [3] Koordinierungskreis Chemische Energieforschung (2009)
- [4] Rüschen gen. Klaas, M.; Warwel, S. (1999), Industrial Crops and Products 9(2): 125-132
- [5] Warwel, S.; Rüschen gen. Klaas, M. (1995), Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 1(1): 29-35
- [6] Törnqvall, U. et al. (2007), Enzyme and Microbial Technology 40(3): 447-451

Förderung

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

- 3 Drachenkopf und dessen Öl als Alternative zu Speiseölen.
- 4 Vereinfachtes Reaktionsschema einer chemo-enzymatischen Epoxidierung [6].



VERMINDERTE REIBUNG UND REDUZIERTE EISHAFTUNG – OPTIMIERUNG DURCH PLASMATECHNIK

Dr. rer. nat. Michael Haupt

Schätzungen zufolge entstehen in den Industrieländern durch Reibung und Verschleiß auf Oberflächen in Maschinen, beispielsweise in Wälzlagern, jedes Jahr Verluste in Höhe von fünf Prozent des Bruttosozialprodukts. Diese Verluste könnten beträchtlich vermindert werden, bestehen doch große Potenziale durch die gezielte Veränderung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Materialoberflächen. Ein vielversprechender Weg ist dabei, das Benetzungsverhalten von Oberflächen gegenüber Medien wie Schmierstoffen oder auch Luftfeuchte, Wasser und Reinigungsmitteln mittels einer Plasmamodifikation zu verändern.

Auch die Haftung von Eis auf Tragflächen oder außen liegenden Sensoren von Flugzeugen und Hubschraubern wird vom Benetzungsverhalten der Oberflächen beeinflusst. Durch eine Plasmafunktionalisierung kann die Eisbildung verzögert und die Haftung von Eis auf Oberflächen unterbunden werden. Eine teure Enteisung von Flugzeugen, große Mengen an Enteisungsmitteln, vor allem aber bis zu 30 Prozent Flugbenzin und damit erhebliche Mengen CO₂-Emissionen könnten somit vermieden werden. Darüber hinaus würde eine Anti-Icing-Ausrüstung einen erheblichen Beitrag zur Luftfahrt- und Gebäudesicherheit leisten.

Verbundprojekt NANODYN

Mit dem Ziel, mikro- und nanoskalig strukturierte Schichten zu entwickeln, um die Benetzungseigenschaften von Oberflächen zu steuern, haben sich zwei Forschungsinstitute und vier Industrieunternehmen in dem Verbundprojekt NANODYN zusammengeschlossen. Während sich die Universität Bremen mit der Simulation strukturierter be- und entnetzender Oberflächen

beschäftigt, unterstützt das Fraunhofer IGB das Vorhaben durch die Entwicklung neuer Plasmamodifikationen, die Herstellung der Oberflächenstrukturierungen sowie eine nanoskalige Analytik der erzeugten Strukturen.

Strukturierte Oberflächen mittels Plasma

Mikro- und nanostrukturierte Oberflächen weisen geordnete Strukturen bis zu einer Größenordnung von nur wenigen Nanometern auf. Die Strukturierung der Oberflächen beeinflusst neben den chemischen Eigenschaften die Benetzungseigenschaften. Beides, sowohl die Chemie der Oberfläche als auch die Topographie, kann durch eine Plasmabeschichtung gezielt auf die Anwendung abgestimmt werden. Mittels einer speziellen Maskentechnologie können die Strukturen auch auf Kunststofffolien, die als Rollenware vorliegen, aufgebracht werden. Die Eishaftung auf den modifizierten Oberflächen wird in einer Eiskammer, in welcher die Temperatur und Luftfeuchtigkeit gezielt eingestellt werden, über die Eisbildung (Icing) und die Enteisung (De-Icing) untersucht.

Anwendungsfelder für Plasmastrukturierung

Die Vielfalt der Anwendungsfelder, in denen die neue Technologie zum Einsatz kommen soll, lässt sich gut an den beteiligten Unternehmen ablesen. So erhofft sich der Wälzlagerhersteller Cerobear, die Ressourceneffizienz bei der Produktion und die Laufzeiten der Wälzlager in der Anwendung zu steigern. Für ROWO Coating sind Effizienzsteigerungen von Interesse, die durch die Beschichtung von Folienmaterial und Textilien erreicht werden können. Aus einem ganz anderen Bereich kommt die EADS Surface Technology, die sich



4



von der Plasmastrukturierung eine Minimierung der Eisbildung an Flugzeugflügeln verspricht. Die Einbindung des Anlagenherstellers PINK Thermosysteme stellt sicher, dass die neue Beschichtungstechnologie tatsächlich auch im Serienmaßstab umsetzbar ist.

Ergebnisse

In beschichteten Wälzlagern konnte durch die Plasmaoberflächenbeschichtung die Reibung um bis zu 30 Prozent reduziert werden. Auf Textilien und Kunststofffolien konnten wir die Benetzungseigenschaften gezielt von hydrophil bis superhydrophob einstellen. Dies erlaubt, neuartige Sensoren für beispielsweise Luftfeuchte, Temperatur oder elektrische Spannung in die beschichteten Textilien einzuarbeiten. Ohne die Funktionalisierung der Textilien würden die Sensoren sehr träge oder nicht ausreichend lange funktionieren. Für die Luftfahrt haben wir plasmafunktionalisierte nanostrukturierte PU-Folien entwickelt. Im Vergleich zu unbeschichteten Folien konnte die Eishaftung auf plasmabeschichteten PU-Folien um über 90 Prozent reduziert werden.

Ausblick

Die entwickelten Oberflächenfunktionalisierungen werden Anwendung in einer Vielzahl von Produkten finden wie in Wälzlagern für die Lebensmittelindustrie oder be- und entnetzenden Sensortextilien. Plasmafunktionalisierte Kunststofffolien mit veränderten Benetzungseigenschaften können auf Flugzeugflügel geklebt werden, um die gefährliche Oberflächenvereisung zu verringern oder zu unterbinden. Darüber hinaus eignen sie sich auch für Windkraftblätter, auf Solarpanelen und bei Gebäuden, deren Oberflächen von Schnee und Eis freigehalten werden sollen.



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

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Finanzierung und dem Projektträger Karlsruhe (PTKA) für die Betreuung des Projekts »NANODYN«, Förderkennzeichen 02PO2481.

Projektpartner

Universität Bremen
Cerobear GmbH, Herzogenrath
ROWO Coating Gesellschaft für Beschichtung mbH, Herbolzheim
PINK Thermosysteme, Wertheim-Bestenheid
EADS, München

Weitere Informationen

www.nanodyn.de

- 1 *Plasmafunktionalisierte Wälzlager für die Lebensmittelindustrie.*
- 2 *Präzisionslager.*
- 3 *Eisbildung an unbehandeltem Flugzeugflügel im Windkanalversuch.*
- 4 *Vereiste Hubschraubersensorik.*



LIGNIN ALS NATÜRLICHE RESSOURCE FÜR DIE CHEMISCHE INDUSTRIE

Dr. rer. nat. Sven Krügener, Dipl.-Ing. (FH) Nadine Staiger M. Sc., Dr. rer. nat. Harald Strittmatter, Dr. rer. nat. Lars Wiemann, Dipl.-Biol. (t. o.) Dipl.-Ing. (FH) Susanne Zibek

Der nachwachsende Rohstoff Lignin (Bild 1) stellt die am häufigsten vorkommende natürliche Quelle für Aromaten dar [1]. Gemeinsam mit Cellulose und Hemicellulose bildet Lignin die sogenannte Lignocellulose, ein Polymer, welches für die Stabilisierung pflanzlicher Zellwände verantwortlich ist. Jährlich fallen große Mengen verholzter Materialien in Form von Stroh und Holzabfällen an, die als Ligninquellen genutzt werden können. Großes Potenzial steckt in der Verwertung von Ligninstrukturen bis hin zu Ligninmonomeren als aromatische Ausgangsstoffe für chemische Synthesen sowie den Einsatz in Biowerkstoffen und Klebstoffen. Um Lignin effektiv nutzen zu können, ist die Entwicklung neuer bio- und chemokatalytischer Depolymerisationsverfahren erforderlich.

Diese stehen im Fokus aktueller Forschungsarbeiten am Fraunhofer IGB. Am Standort Stuttgart werden die Identifizierung, Charakterisierung, Optimierung und Bereitstellung ligninolytischer Enzyme pro- und eukaryotischen Ursprungs erforscht. Die Projektgruppe BioCat am Standort Straubing entwickelt chemisch-physikalische Verfahren zur Nutzbarmachung von Lignin. Die Entwicklung chemisch-biotechnischer Verfahren soll die stoffliche Nutzung verholzter nachwachsender Rohstoffe im Sinne einer Bioraffinerie ermöglichen.

Verwertung von Lignocellulose

Beim Aufschluss der Lignocellulose entstehen zwei Wertstoffströme, zum einen die cellulosehaltige Faser, die enzymatisch zu Glukose umgewandelt werden kann, zum anderen die Aufschlusslösung, welche die gelösten Hemicellulose-Zucker sowie gelöstes Lignin enthält. Nach Ausfällung des Lignins und enzymatischer Spaltung der enthaltenen Zucker-Oligomere

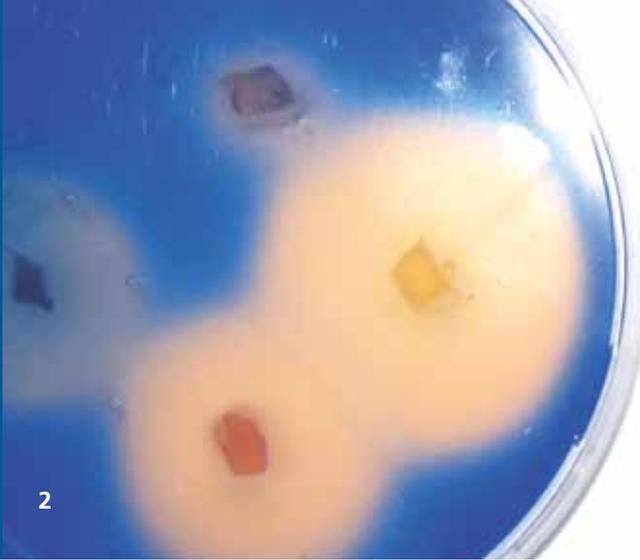
können diese zur Fermentation von Mikroorganismen verwendet werden. Dabei wird die Fermentierbarkeit der Aufschlusslösung durch eine enzymatische Detoxifikation mit Laccase deutlich erhöht [2]. Das Scale-up des enzymatischen Lignocelluloseaufschlusses bis zu einem Maßstab von 1 m³ wird im Rahmen des Verbundvorhabens »Lignocellulose-Bioraffinerie II« am Fraunhofer CBP in Leuna durchgeführt.

Ligninolytische Enzyme aus Pilzen

Im Verbundprojekt »Innozym« beschäftigt sich das Fraunhofer IGB mit der Identifizierung, Charakterisierung und Bereitstellung extrazellulärer, ligninolytischer Enzyme aus bestimmten Ständerpilzen, den sogenannten Weißfäulepilzen. Geeignete Stämme und Kokulturen wurden bereits identifiziert (Bild 2). Die Expression ligninspaltender Enzyme wie Laccasen und Peroxidasen konnte durch unterschiedliche Medienzusammensetzung und Induktoren optimiert werden. Sekretierte Enzyme werden mittels 2-D-Gelelektrophorese und massenspektrometrischer Detektion charakterisiert, chromatographisch gereinigt und dann biochemisch untersucht und bewertet. Die Enzyme werden in Submers- bzw. Emerskultursystemen produziert und zellfrei zum enzymatischen Ligninaufschluss, beispielsweise im Rahmen des Verbundvorhabens »Lignocellulose-Bioraffinerie II«, eingesetzt.

Neue ligninolytische Enzyme aus Bakterien

Neben Weißfäulepilzen sind einige xylophage Insekten in der Lage, verholztes Pflanzenmaterial als Nahrungsquelle zu nutzen. Diese Fähigkeit von Termiten und den Larven einiger Käfer- und Schmetterlingsarten ist auf eine symbiontische



Lebensweise mit Bakterien und Pilzen zurückzuführen. Im Verbundvorhaben »Lignocellulose-Bioraffinerie II« soll am Fraunhofer IGB in Stuttgart das Spektrum der zur Verfügung stehenden Biokatalysatoren für den Ligninabbau erweitert werden, indem symbiotische Mikroorganismen aus dem Verdauungstrakt von Larven xylophager Insekten angereichert und isoliert werden. Parallel werden kulturunabhängige Verfahren (Metagenomscreening) verwendet, um ligninolytische Enzyme symbiotischen Ursprungs zu identifizieren. Darüber hinaus werden kommerziell erhältliche ligninolytische Bakterienstämme auf ihre Eignung zur Lignin-Depolymerisation untersucht (Bild 3). Geeignete Enzyme werden rekombinant produziert und für zellfreie biotechnische Prozesse herangezogen.

Chemisch-physikalische Verfahren

Die oxidative Spaltung von Lignin liefert im Vergleich zum reduktiven Abbau eine bessere Selektivität. Aus *Black Liquor*, dem Nebenproduktstrom der Herstellung von Zellstoff aus Holz, kann Vanillin (4-Hydroxy-3-methoxy-benzaldehyd) mit einer Rohausbeute von bis zu 20 Prozent [3] erhalten werden. Je nach Lignin-Quelle werden zusätzlich variierende Mengen 4-Hydroxybenzaldehyd bzw. Syringaldehyd (3,5-Dimethoxy-4-hydroxybenzaldehyd) gebildet. Ziel der Arbeiten der Projektgruppe BioCat am Fraunhofer IGB ist es, die selektivere oxidative Spaltung zu nutzen, um eine Quelle für Aromaten aus nachwachsenden Rohstoffen zu erhalten. Durch Entwicklung von Folgeprodukten soll aus den drei genannten Plattformchemikalien ein biobasierter Produktstammbaum aufgebaut und Rohvanillin mit technisch gangbaren Verfahren zu marktfähigen Verbindungen umgesetzt werden.

- 1 *Vorgeschlagene Struktur von Lignin.*
- 2 *Oxidation einer Modellsubstanz (blau) durch ligninolytische Enzyme.*
- 3 *Aktivitätsbestimmung ligninolytischer Enzyme durch Oxidation einer Modellsubstanz.*



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

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



Dr. Harald Strittmatter

Fraunhofer IGB,
Projektgruppe BioCat, Straubing
Telefon +49 9421 187-350
harald.strittmatter@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] Wong, D. W. S. (2009) Structure and action mechanism of ligninolytic enzymes, *Appl Biochem Biotechnol* 157: 174–209
- [2] Ludwig, D; Amann, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2010) Stoffliche Nutzung von Lignocellulose-Detoxifikation von Aufschlusslösungen mit immobilisierter Laccase, *GIT Labor Fachzeitschrift* 54 (10): 765-767
- [3] Faith, W. L.; Keyes, D. B.; Clark, R. L. (1950) Industrial chemicals; vanillin: 796-799

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) sowie der Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) für die Förderung des Projekts »Aufschluss lignocellulosehaltiger Rohstoffe und vollständige stoffliche Nutzung der Komponenten, Phase II (Lignocellulose-Bioraffinerie FKZ 22019309)«, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Innozym – Entwicklung innovativer Prozesse zur effizienten Herstellung von Enzymen« (Förderkennzeichen AZ 0315510), und dem Freistaat Bayern für die Förderung der Projektgruppe BioCat über das Programm »BayernFIT – Forschung, Innovation, Technologie«.



UMWELT

Dipl.-Ing. Siegfried Egner

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

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

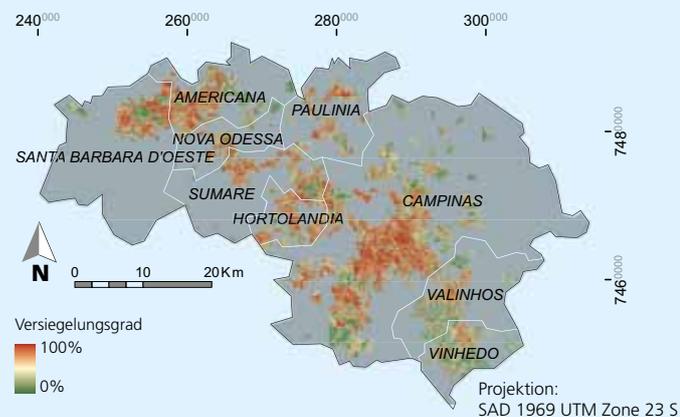
Ansätze, den Bedarf von endlichen Rohstoffen zu minimieren, sind die Substitution chemischer Lösemittel durch trockene physikalische Prozesse, beispielsweise in der industriellen Bauteilreinigung, die Verlängerung der Standzeiten von Kühlschmierstoff-Emulsionen, die Rückgewinnung von Inhaltsstoffen aus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

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

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



1



2

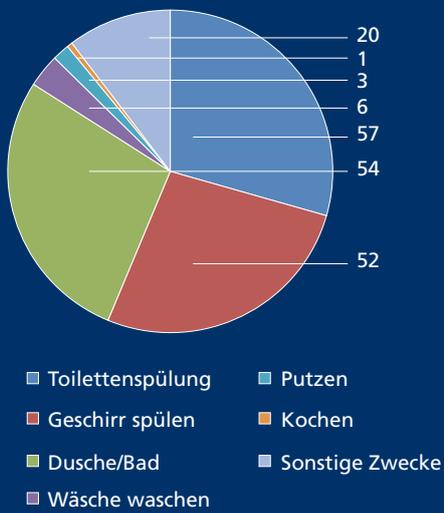
REGIONALE POTENZIALANALYSE FÜR DIE REGENWASSERNUTZUNG IN CAMPINAS, BRASILIEN

Dipl.-Geoökol. Birgit Haller, Dr. rer. nat. Iris Trick

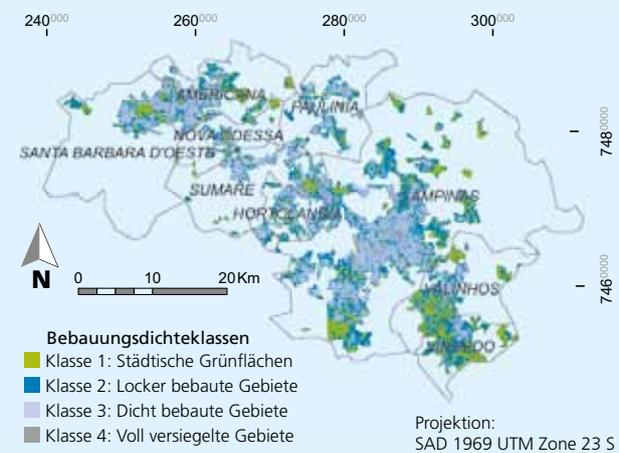
Der Südosten Brasiliens, insbesondere der Großraum São Paulo, ist von einem starken industriellen und demografischen Wachstum geprägt. Dadurch verschärfen sich Umweltprobleme wie Gewässerverschmutzung und Ressourcenknappheit. Wissenschaftler des Fraunhofer IGB pflegen seit nahezu zehn Jahren Projektpartnerschaften mit akademischen Institutionen und zuständigen Behörden in der Region Campinas im Hinterland von São Paulo, um gemeinsam innovative und nachhaltige Lösungen für die Wasserwirtschaft zu erarbeiten. Hier ist insbesondere die Methodistische Universität von Piracicaba (UNIMEP) zu nennen. Ein großes Potenzial bietet die Bewirtschaftung von Regenwasser. Einerseits führen die Intensität der Niederschläge und die hohe Flächenversiegelung (Bild 1) innerhalb der Städte häufig zu lokalen Überschwemmungen. Andererseits ist der Trinkwasserbedarf in den letzten Jahren stark gestiegen, so dass es temporär zu Engpässen in der Versorgung kommt. Eine angepasste Speicherung, Aufbereitung und Nutzung der Ressource Regenwasser bietet eine sinnvolle Alternative im kommunalen Wassermanagement. Um die potenzielle Ertrags- und Bedarfssituation für Regenwasser auf regionaler Ebene zu bewerten, werden am Fraunhofer IGB und am IGVT der Universität Stuttgart raumplanerische Methoden aufbauend auf Geographischen Informationssystemen (GIS) genutzt und weiterentwickelt. Partner in Deutschland ist dabei das Geographische Institut der Universität Tübingen. Damit wird das konzeptionelle Wasser- und Abwassermanagement auf der Planungsseite ergänzt.

Kombination von geografischen Satellitendaten mit regionalen Niederschlagskarten

Auf regionaler Ebene bieten Satellitendaten mittlerer räumlicher Auflösung, beispielsweise Aufnahmen des Systems Landsat, eine gute Grundlage, um verschiedene Planungsparameter für die Regenwassernutzung abzuleiten. Für die Region Campinas wurde der Versiegelungsgrad der Siedlungsflächen pixelbasiert mithilfe der Software-Anwendung *ImperVIOUS Surface Analyst* der Universität Würzburg [1] berechnet (Bild 2). Durch Kombination mit regionalen Niederschlagskarten konnte zum einen der potenzielle Ertrag, die räumlich verteilte jährlich verfügbare Regenwassermenge, abgeschätzt werden. Zum anderen bietet die Versiegelungskarte die Grundlage für die Abschätzung verschiedener Bedarfswerte, die dann ortsbezogen dem Ertrag gegenübergestellt werden können. Hierfür haben wir zunächst die räumlich verteilte Bevölkerungsdichte abgeschätzt. Dabei wird die Annahme zu Grunde gelegt, dass die Bebauungsdichte mit der Einwohnerdichte korreliert [2]. Für bestimmte häusliche Nutzungen wie die Toilettenspülung können Werte aus lokalen Statistiken einwohnerbezogen in die Bedarfsermittlung einbezogen werden (Bild 3). Für die Bewässerung von Gärten und Grünflächen und sonstige Nutzungen (Autowäsche, Außenreinigung) variiert der Bedarf in Abhängigkeit von der Bebauungsdichte. Durch Regressionsanalyse mithilfe eines Ausschnitts höher aufgelöster Satellitendaten (Worldview 2) wurden vier unterschiedliche Bedarfsklassen für die Bewässerung eingegrenzt (Bild 4).



3



4

Potenzieller Ertrag und Ergebnis

Im Ergebnis können für die jeweilige Gemeinde der potenzielle Ertrag und verschiedene Bedarfsszenarien für die Regenwassernutzung gegenübergestellt werden. Die untenstehende Grafik zeigt, dass in den Städten der Region Campinas in der Jahressumme genügend Regenwasser zur Verfügung steht, um verschiedene Nutzungen abdecken zu können. Der Bedarf für die Grünflächenbewässerung wird sehr hoch eingeschätzt, da auch Brachflächen in die Bewertung eingehen. Für die Umsetzung sind Detailplanungen notwendig.

Ausblick

Der GIS-gestützte Ansatz bietet die Möglichkeit, die Ertrags- und Bedarfssituation räumlich verteilt zu bewerten. Übertragen auf die lokale Ebene können beispielsweise semidezentrale Regenwassernutzungseinheiten eingegrenzt werden. Die Eignung der Basisdaten spielt dabei eine entscheidende Rolle, wobei gerade Satellitendaten die Unabhängigkeit von nationalen Behörden ermöglichen. Die Methodik baut auf gängigen Software-Systemen auf. Ziel ist es, Regionalplaner und kommunale Betriebe der Wasserwirtschaft bei der Planung zu unterstützen.



Dipl.-Geoökol. Birgit Haller

Telefon +49 711 970-4194
birgit.haller@igb.fraunhofer.de



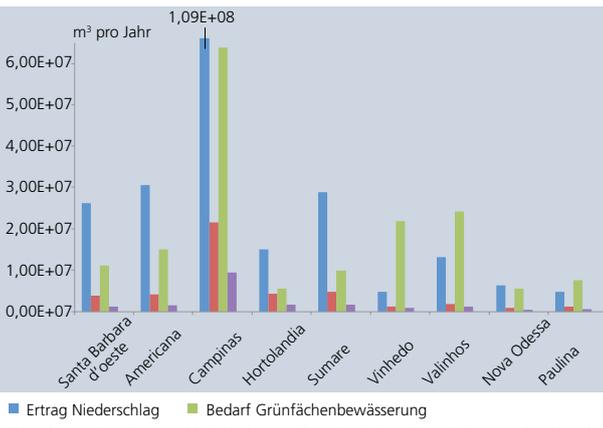
Dr. Iris Trick

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

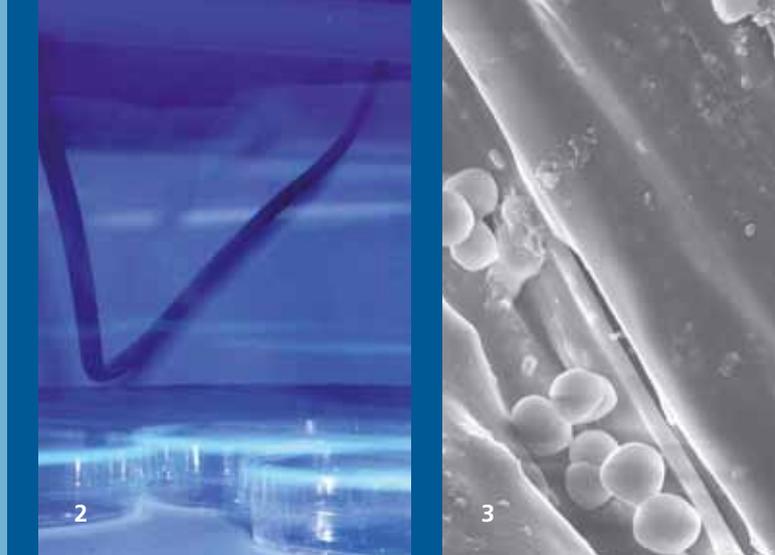
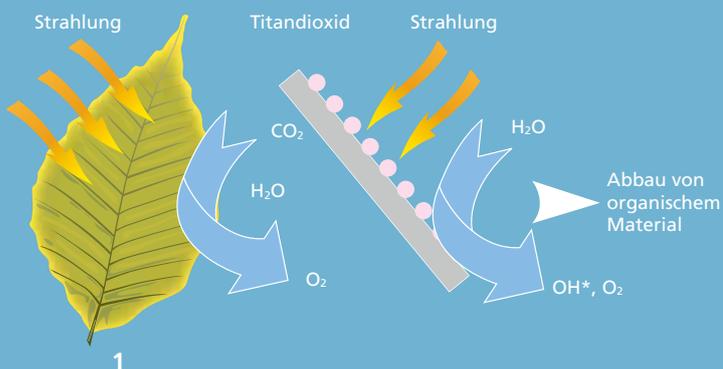
Literatur

- [1] Esch, T.; Himmler, V.; Schorcht, G.; Thiel, M.; Wehrmann, T.; Bachofer, F.; Conrad, C.; Schmidt, M.; Dech, S. (2009) Large-area assessment of impervious surface based on integrated analysis of single-date Landsat-7 images and geospatial vector data, Remote Sensing of Environment, 113(8): 1678-1690
- [2] Steinnocher, K.; Petrini, F.; Tötzer, T.; Wechselbaum, J. (2005) Räumliche Disaggregation von sozio-ökonomischen Daten, AGIT-Symposium XVII, Salzburg, Juli 05

Regenwasserertrag | Diverse Bedarfsszenarien



- 1 Hohe Flächenversiegelung im Zentrum von Piracicaba, Region Campinas.
- 2 Flächenversiegelung der Städte, basierend auf Landsat-Satellitendaten.
- 3 Häuslicher Wasserverbrauch in Ilcap/d für Südbrasilien; Gesamtverbrauch 173 Ilcap/d.
- 4 Klassen unterschiedlicher Bebauungsdichte als Grundlage für die Abschätzung des Regenwasserbedarfs.



PHOTOKATALYTISCHE SCHICHTEN GEGEN MIKROORGANISMEN AN OBERFLÄCHEN

Dr. rer. nat. Iris Trick

Ein innovativer Ansatz zur Erzielung einer antimikrobiellen Wirkung völlig ohne Einsatz biozider oder anderer chemisch-synthetischer Mittel ist die Ausrüstung von Oberflächen mit photokatalytisch aktiven Beschichtungen oder Nanopartikeln (Bild 1). Ziel eines vom BMBF geförderten Verbundprojekts war die Darstellung solcher praxistgerechter, hochwirksamer Beschichtungen mit selbstreinigenden und selbstdesinfizierenden Eigenschaften auf der Basis photokatalytisch aktiver Titandioxidkomponenten für eine Vielzahl von Produkten mit einem breiten Anwendungsspektrum.

Vorgehensweise

Das Untersuchungsmaterial wurde von Projektpartnern zur Verfügung gestellt und am Fraunhofer IGB mikrobiologisch bewertet. Insgesamt wurden mehr als 50 verschiedene Oberflächenmodifikationen von Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polycarbonat, Keramik, Glas und Zellulose (Filtermaterial) sowie entsprechende, nicht modifizierte Kontrollproben untersucht. Als Testorganismen wurden Gram-positive und Gram-negative Bakterienstämme verwendet, die nach standardisierter Kultivierung und mittels Sprühtechnik in einer definierten Zellzahl auf die Oberflächen aufgebracht wurden. Die Photoaktivierung der mit Titandioxid beschichteten Oberflächen erfolgte mit einer Philips Actinic BL-TL 20 W/10 Niederdruckquecksilberdampflampe bei einer relativen Luftfeuchte von 93 Prozent und einer Temperatur von 20 °C.

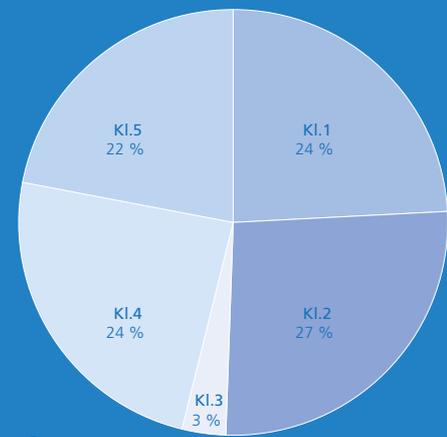
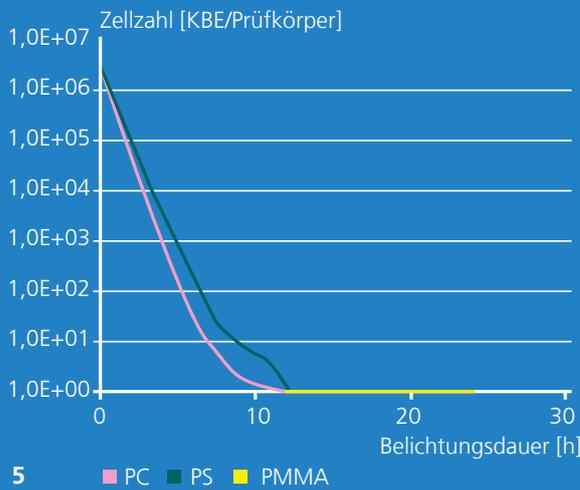
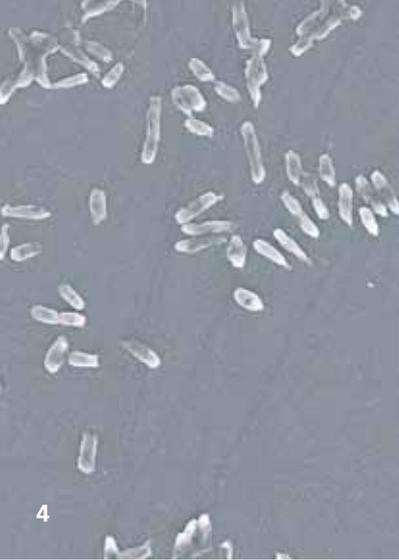
Ergebnisse

Die aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehenden Proben waren mithilfe von Sprühtechniken, Sol-Gel-Verfahren, durch

Compoundierung, PVD-Verfahren, Sprühpyrolyse oder Plasmasputtern hergestellt worden. Von großem Interesse waren aus mikrobiologischer Sicht der Einfluss der Materialeigenschaften, das Verfahren zur Beschichtung bzw. Ausrüstung der Prüfkörper sowie die Auswirkungen unterschiedlicher Anteile an Photokatalysator auf die Inaktivierung der verschiedenen Testorganismen (Bild 3). Bild 5 veranschaulicht an einem Beispiel mit drei untersuchten Kunststoffen, dass bei dem Testorganismus *Sarcina lutea* zeitabhängig eine deutliche Zellzahlreduzierung um 5 bis 6 Log-Stufen erreicht wurde. Dies entsprach einer Inaktivierung von 99,999 bis > 99,9999 Prozent.

Für alle Messreihen, die im Laufe des Verbundprojekts durchgeführt wurden, um die verschiedenen Oberflächen, Materialien und damit die Beschichtungsverfahren im Hinblick auf ihre antimikrobiellen Eigenschaften zu charakterisieren, wurde eine Quantifizierung über den sogenannten Reduktionsfaktor angestrebt. In die Bewertung wurden alle Ergebnisse einbezogen, die aus der Charakterisierung der Glas- oder Kunststoffproben zur Verfügung standen. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden die Ergebnisse zu Grunde gelegt, die nach einer 12-stündigen Belichtungsdauer und mit dem Gram-positiven Standardtestbakterium *Sarcina lutea* vorlagen. Die resultierende Klassifizierung der untersuchten Proben ist in Tabelle 1 dargestellt. Da die Ausgangszellzahl in der Regel bei 10⁶ eingestellt war, entspricht beispielsweise ein Reduktionsfaktor von 6 der unter den experimentellen Bedingungen maximal erreichbaren Reduktion der mikrobiellen Belastung und damit der Klasse 1.

Bild 6 zeigt, dass etwa 50 Prozent der untersuchten photokatalytischen Oberflächen bei einer Betrachtungszeit von 12 Stunden Belichtungsdauer unter die Klassen 1 und 2 fallen.



Das heißt, dass mindestens 99,999 Prozent der jeweils auf den untersuchten Proben eingesetzten Organismen inaktiviert werden. Bei weiteren nahezu 30 Prozent der Beschichtungen wurde immerhin noch eine Reduktion der mikrobiellen Belastung um 99,99 bis 99,999 Prozent erreicht. Eine Inaktivierung aufgrund photokatalytischer Aktivität war sowohl auf Glas als auch auf verschiedenen Kunststoffen nachweisbar. Von Vorteil für eine industrielle Umsetzung kann gewertet werden, dass angepasst an die Anforderungen alle oben erwähnten Beschichtungsverfahren geeignet sind und sich somit ein breites Anwendungsspektrum für photokatalytische Ausrüstungen eröffnet. Voraussetzung ist eine relativ gleichmäßige Verteilung der Partikel, die den Photokatalysator darstellen. Ein vollständiger Abbau von Zellstrukturen wurde bei der untersuchten Behandlungsdauer nicht beobachtet (Bild 4). Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, besonders hinsichtlich des Abbaus von Pilzhyphen auf Oberflächen.

Ausblick

Das Fraunhofer IGB plant, die Einflussfaktoren und Mechanismen der Photokatalyse aus wissenschaftlicher Sicht weiterzuerfolgen, die gewonnenen praktischen Erfahrungen bei der Durchführung von Wirksamkeitstests industriellen Partnern in bilateralen Kooperationen zugänglich zu machen und die Nachweisverfahren weiterzuentwickeln.

Tab. 1: Klassifizierung der Messergebnisse zum Vergleich der photokatalytischen Eigenschaften der Proben

Belichtungsdauer (Stunden)	Reduktionsfaktor Rf Reduzierung um Log-Stufen	Reduktion der Zellzahl in %	Klasse
12	6	> 99,9999	1
12	5	99,999	2
12	4	99,99	3
12	n. q.*		4
12	Keine Reaktion		5

*n. q. = Inaktivierung: ja, nicht quantifizierbar



Dr. Iris Trick

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



Prof. Dr. Walter Trösch

Telefon +49 711 979-4220
walter.troesch@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projektes »Photokatalytische Oberflächenveredelungen für die Medizin, Fertigungstechnik und Konsumgüter«, Kurzname *Photokat*, Förderkennzeichen 01RI0637.

Projektpartner

UltraKat Plasmatechnik GmbH, Heidelberg (Projektkoordinator)
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfintzal
Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig | MRC Systems GmbH, Heidelberg
Universität Heidelberg, Hygieneinstitut und Physikalisch-Chemisches Institut, Heidelberg | Laserzentrum Hannover e.V., Hannover | GXC-Coatings GmbH, Goslar | Sartorius AG, Göttingen | NTT Coatings GmbH, Rheinbreitbach

- 1 Schematische Darstellung der photokatalytischen Reaktion.
- 2 Photoaktivierung im Teststand.
- 3 Testorganismen auf einer Kunststoffoberfläche.
- 4 Strukturelle Veränderungen an Bakterienzellen.
- 5 Inaktivierung von *S. lutea* auf photokatalytischen Kunststoffoberflächen.
- 6 Prozentuale Darstellung der klassifizierten Oberflächen.



OXIDATIVE VERFAHREN FÜR DIE ABWASSER-REINIGUNG UND PROZESSWASSERAUFBEREITUNG

Dipl.-Ing. Christiane Chaumette, Alexander Karos M. Sc.

Wasser wird in zahlreichen industriellen Produktionsprozessen als Lösungs- oder Transportmittel, als Kühlwasser oder Waschwasser verwendet. Steigende Kosten bei der Abwasserreinigung und -entsorgung sowie die Verschärfung von Abgabegrenzwerten haben dazu geführt, Prozesswässer im Sinne einer Kreislaufführung möglichst mehrfach zu verwenden und Verunreinigungen selektiv zu entfernen. Mit der Weiterentwicklung von Produkten und Materialien sowie der Einführung neuer Produktionsmethoden entstehen immer wieder neue Aufgabenstellungen für die Aufbereitung der Prozesswässer.

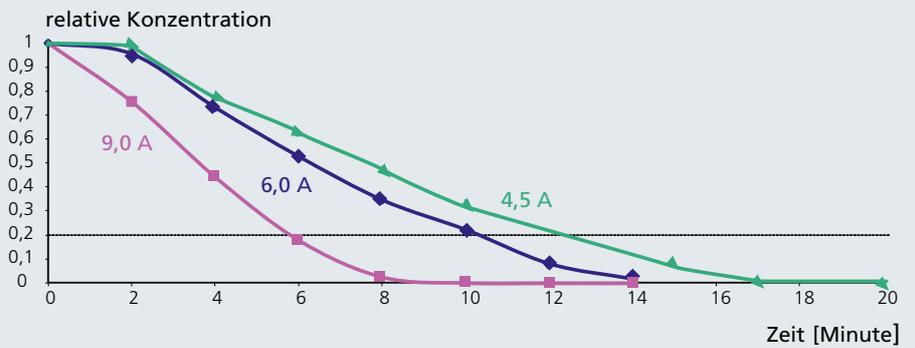
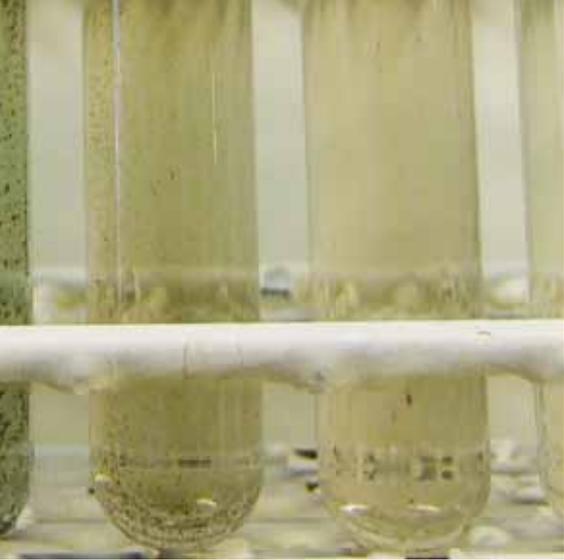
Oxidative Verfahren zur Wasseraufbereitung bieten hier effektive und nachhaltige Lösungsansätze. Unter oxidativer Wasseraufbereitung (advanced oxidation processes, AOP), häufig auch erweiterte Oxidation genannt, werden Verfahren zur chemischen Aufbereitung zusammengefasst, bei denen Hydroxyl-Radikale gebildet werden. Diese sind hochreaktiv und reagieren auch mit chemisch oder biologisch schwer abbaubaren organischen Substanzen. Die Bildung von Hydroxyl-Radikalen kann durch Dosierung oxidativer Stoffe wie Ozon oder Wasserstoffperoxid, durch Energieeintrag mittels UV-Strahlung, Ultraschall oder elektrischen Stroms sowie durch Kombination solcher Verfahren erreicht werden. Derzeit werden am Fraunhofer IGB photo- und elektrochemische Prozesse, die Ozonbehandlung und Plasmaprozesse sowie deren Kombination für die oxidative Wasseraufbereitung erforscht.

AOP-Forschungsanlage

Das Fraunhofer IGB verfügt über eine Forschungsanlage für die Entwicklung oxidativer Verfahren zur Abwasseraufbereitung (Bild 1). Hier stehen ein Ozongenerator (bis 4 g Ozon/h) und ein Ozonreaktor, ein UV-Reaktor (2 kW Mitteldruck-Hg-Strahler), Ultraschall-Einheiten (25 kHz und 40 kHz; 1,7 kW) und eine Elektrolysezelle (bis 50 A und 10 V) mit getrenntem Anolyt- und Katholytkreislauf (Elektrodenfläche jeweils 180 cm²) zur Verfügung. Diese modularen Einheiten sind frei kombinierbar. Bei Bedarf können weitere Verfahrensschritte wie Filtration und biologische Behandlung in den Prozess eingebunden werden.

Die Anlage ist mit einem Online-TOC-Analysator ausgestattet, so dass während eines Versuchslaufs gelöster organischer Kohlenstoff und volatiler organischer Kohlenstoff kontinuierlich sowohl im Zulauf als auch im Ablauf erfasst werden. Die Anlage ist für Versuche im halbtechnischen Maßstab mit einem Volumenstrom von bis zu 500 l/h geeignet.

Neben der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Verfahren der oxidativen Wasseraufbereitung nutzen wir die Anlage typischerweise für die Untersuchung von Abwasserproben mit ausgewählten AOP-Verfahren im Industrieauftrag. Somit können effektive Behandlungsstrategien kostengünstig im Technikumsmaßstab erprobt und für den großtechnischen Einsatz ausgearbeitet werden. Hierbei ist der spezifische Energieeintrag von primärem Interesse.



3

Beispiel: Quantifizierung des Methylenblau-Abbaus

Ein Problem im Bereich der oxidativen Abwasseraufbereitung ist die Bildung von Abbau- und Nebenprodukten, die teilweise ein erhebliches Gefahrenpotenzial haben oder nicht hinreichend toxikologisch bewertet sind. Durch die Auswahl geeigneter Prozessparameter kann jedoch in nahezu allen Fällen die Bildung toxischer Nebenprodukte vermieden werden. Um die Reaktionsmechanismen und Abbauprodukte unterschiedlicher AOP-Methoden in der AOP-Forschungsanlage zu quantifizieren, wurden Versuche mit der Modellsubstanz Methylenblau ($C_{16}H_{18}ClN_3S$) durchgeführt. Bild 2 und 3 zeigen den oxidativen Abbau des Farbstoffs durch indirekte anodische Oxidation. Neben der Entfärbung (Messung bei 664 nm) wurde die Nebenproduktbildung über HPLC, gekoppelt mit UV- und Massenspektrometrie verfolgt. Im Vergleich von anodischer Oxidation, Ozonbehandlung und UV-Behandlung stellte sich die Ozonbehandlung als beste Behandlungsmethode dieses Modellwassers dar.



Dipl.-Ing. Christiane Chaumette
 Telefon +49 711 970-4131
 christiane.chaumette@igb.fraunhofer.de



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

Weitere Anwendungen

Derzeit stehen industriennahe Untersuchungen mit Deponiesickerwasser und Textilabwasser im Fokus. Ziel ist hier, die Einleitungskriterien der kommunalen Kläranlagen kostenoptimiert zu erreichen. In weiteren laufenden Projekten entwickeln wir ferner neue technische Lösungen der UV-Behandlung und der anodischen Oxidation gemeinsam mit unseren Industriepartnern zur Marktreife.

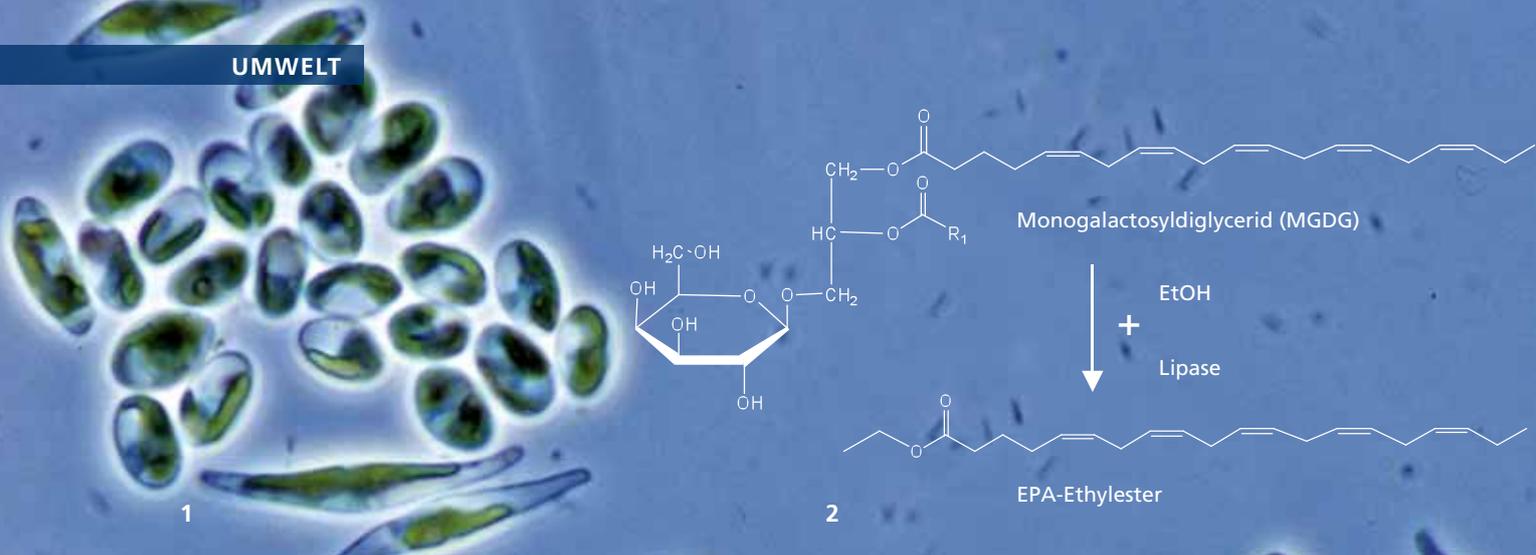
Ausblick

Durch die Einsparung von Chemikalien bieten elektrolytische und oxidative Verfahren wirtschaftlich attraktive und nachhaltige Lösungen für die Reinigung von Betriebs-, Prozess- und Abwasser mit Substanzen, die in einer biologischen Klärstufe nicht abgebaut werden. Die für den Betrieb der Anlage benötigte Energie kann als elektrischer Strom auch regenerativ durch Photovoltaik- oder Windkraftanlagen bereitgestellt werden.

1 Anlage zur Entwicklung erweiterter Oxidationsprozesse (AOP) am Fraunhofer IGB.

2|3

AOP-Methode: Anodische Oxidation; Entfärbung einer Modelllösung (Nb/BDD Anode, 25 mg/l Methylenblau in 0,5 M Kochsalzlösung, 25 °C)



GEWINNUNG VON EPA-ETHYLESTER AUS MIKROALGEN MIT ÜBERKRITISCHEN FLUIDEN

Dipl.-Ing. Andrea Seibert, Dr. rer. nat. Ulrike Schmid-Staiger

Algen produzieren eine Vielzahl chemischer Grundstoffe mit hohem Wertschöpfungspotenzial (Tabelle 1). Die langkettige Omega-3-Fettsäure Eicosapentaensäure (EPA, 20:5) findet immer mehr Anwendung als Nahrungsergänzungsmittel. Bisher wird EPA überwiegend aus Fischöl gewonnen, wo sie als Gemisch mit DHA (Docosahexaensäure, 22:6) vorliegt. Weitere Aufreinigungsschritte, um reines EPA zu erhalten, sind aufwendig und teuer. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsweisen der beiden Fettsäuren im Körper ermöglichen jedoch nur reine Fettsäuren einen gezielten und definierten Einsatz. Im Vergleich zu Fischöl weisen viele Mikroalgen neben kürzerkettigen Fettsäuren nur EPA (ca. 5 Gew%) und kein DHA auf. Ziel eines aktuellen Projekts am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik der Universität Stuttgart ist es daher, einen integrierten Prozess zur Gewinnung von EPA aus der Mikroalge *Phaeodactylum tricorutum* als wirtschaftliche Alternative zur EPA-Produktion aus Fischöl zu etablieren.

Vorgehensweise der EPA-Gewinnung

Die Algenzellen (Bild 1) werden in geschlossenen Photobioreaktoren, die am Fraunhofer IGB entwickelt wurden, mit Sonnenlicht, Mineralsalzen und CO₂ kultiviert. EPA liegt in den Mikroalgen in der Chloroplastenmembran als Monogalactosyldiglycerid vor. Zur Gewinnung der Monogalactosyldiglyceride aus der Chloroplastenmembran wurden unterschiedliche organische Lösungsmittel getestet. Zudem wurde die kontinuierliche Extraktion mittels überkritischer Fluide untersucht. Der Vorteil hierbei ist, dass die extrahierten Produkte frei von ggf. gesundheitsschädlichen Lösungsmitteln vorliegen. Damit EPA als Nahrungsergänzungsmittel eingesetzt werden kann, muss es zudem als Ethylester (Bild 2) aufgearbeitet werden.

Der integrierte Aufarbeitungsprozess zur Gewinnung von EPA aus Mikroalgen untergliedert sich in mehrere Schritte:

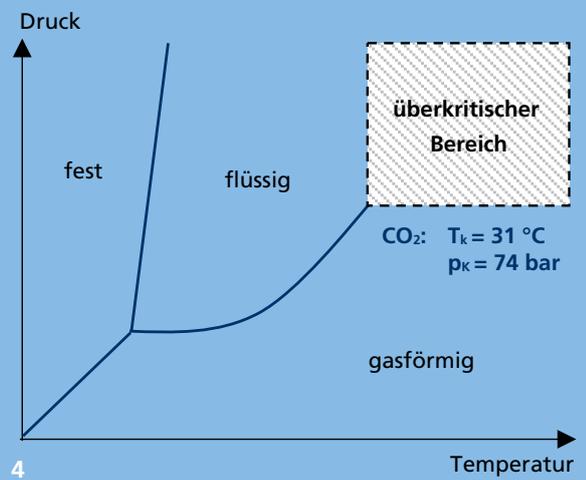
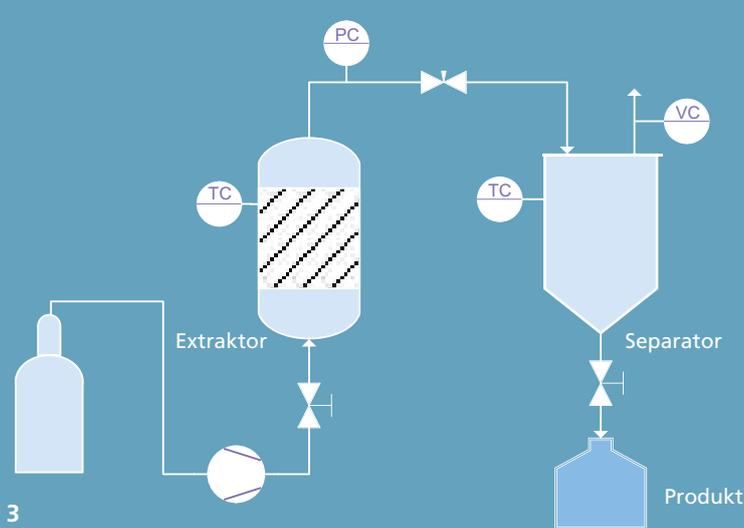
- Zellaufschluss der Algenzellen
- Extraktion der Monogalactosyldiglyceride aus Mikroalgen
- Umesterung der Monogalactosyldiglyceride zu EPA-Ethylestern

Mechanischer Zellaufschluss

Da EPA in den Algenzellen in der Chloroplastenmembran vorliegt, ist ein Aufschluss der Algenzellen notwendig, um die Diffusionsbarrierewirkung der Zellmembran zu reduzieren. Hierzu wurden zwei Möglichkeiten untersucht: Mittels Hochdruckhomogenisator wird die Algenbiomasse bei Drücken bis zu 2000 bar aufgeschlossen und zum Platzen gebracht, wohingegen mittels Rührwerkskugelmühle die Algenzellen zermahlen und somit die komplette Zellstruktur zerstört und aufgeschlossen wird.

Extraktion der Galactolipide mit überkritischem CO₂

Zur Extraktion der Galactolipide aus den Algenzellen haben wir neben organischen Lösungsmitteln wie Ethanol auch überkritisches CO₂ (supercritical CO₂, scCO₂) verwendet (Bild 4). Im Extraktor liegt die Biomasse als Festbett vor, durch das scCO₂ strömt. Der Extrakt wird anschließend im Separator vom CO₂ getrennt und aufgefangen (Bild 3). Aufgrund der Polarität der Galactolipide konnte bei der Extraktion mit scCO₂ durch die Verwendung von Ethanol als Co-Solvent die Ausbeute gesteigert werden. Zusätzlich wurde der Einfluss eines vorherigen Zellaufschlusses mittels Hochdruckhomogenisator oder Rührwerkskugelmühle auf die Extraktion untersucht. Hierbei hat sich



gezeigt, dass die Extraktion von mit der Rührwerkskugelmühle aufgeschlossener Biomasse die höchsten Ausbeuten von bis zu 85 Prozent aufweist.

Umesterung der Galactolipide zu EPA-Ethylestern

Für die Herstellung eines EPA-Ethylesters zur Verwendung als Nahrungsergänzungsmittel ist es notwendig, EPA vom extrahierten Galactolipid abzuspalten und enzymatisch mit Ethanol zu verestern (Bild 2). Hierfür ist neben Ethanol als eigentlichem Substrat ein weiteres Lösungsmittel notwendig, um die Enzymaktivität zu erhalten, beispielsweise $scCO_2$. Enzyme für die Transesterifikation werden immobilisiert als Enzymfestbett eingesetzt. Dem kontinuierlichen $scCO_2$ -Strom über das Enzymfestbett wird ein Ethanolextrakt mit Galactolipiden zudosiert. In Abhängigkeit von der Konzentration der Galactolipide im Ethanolextrakt muss für die vollständige Transesterifikation die Verweilzeit im Enzymfestbett entsprechend eingestellt werden.

Weitere Aufreinigungsschritte und Ausblick

Zur Gewinnung der reinen EPA-Ethylester sind weitere Aufreinigungsschritte nötig. Wie die Abtrennung des Ethanols mittels Rektifikation, der polaren Reststoffe mittels $scCO_2$ sowie der niederen Fettsäureethylester mittels $scCO_2$ -Chromatographie.

Um in Zukunft nachhaltige, ressourcenschonende und umweltverträgliche Verfahren für die stoffliche und energetische Nutzung von Algenbiomasse zu etablieren, sollen nach dem Prinzip einer Bioraffinerie zunächst Wertstoffe mittels überkritischer Fluide aus den Algen gewonnen und fraktioniert werden, um im Anschluss die Restbiomasse energetisch zu nutzen.

- 1 Mikroskopische Aufnahme von *Phaeodactylum tricornutum*.
- 2 Umsetzung von Monogalactosyldiglycerid mit der Omega-3-Fettsäure EPA zu EPA-Ethylestern mit Ethanol.
- 3 Fließbild der Anlagen zur Extraktion mit überkritischen Fluiden.
- 4 Phasendiagramm überkritischer Fluide am Beispiel CO_2 .



Dipl.-Ing. Andrea Seibert
 Telefon +49 711 970-4195
 andrea.seibert@igvt.uni-stuttgart.de



Dr. Ulrike Schmid-Staiger
 Telefon +49 711 970-4111
 ulrike.schmid-staiger@igb.fraunhofer.de

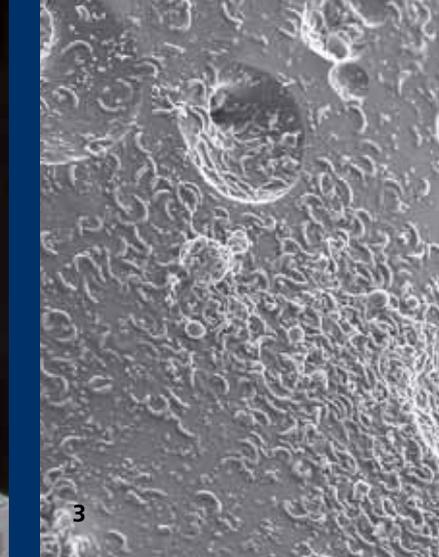
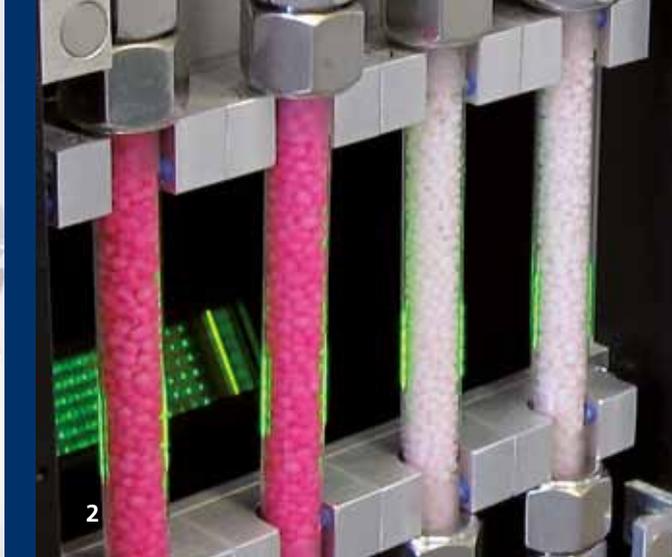
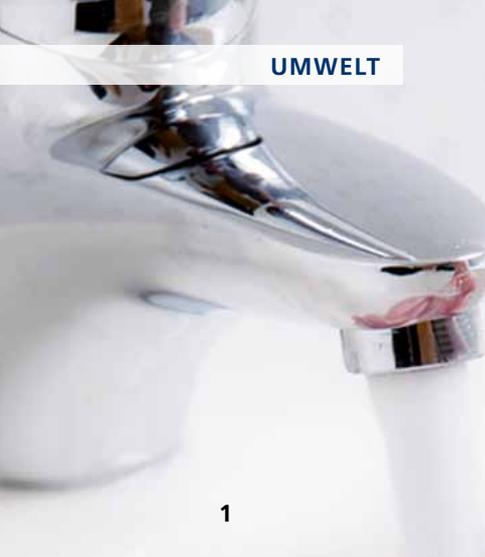
Förderung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung des Projekts »Integrierter Prozess zur Produktion von Omega-3-EPA mittels Mikroalgen im Photobioreaktor, Entwicklung von Aufschluss- und Extraktionsverfahren« (AktENZEICHEN 13224 – 32) am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik (IGVT) der Universität Stuttgart.

Tabelle 1: Nutzbare Algeninhaltsstoffe

Farbstoffe/Carotinoide	β -Carotin, Astaxanthin, Lutein, Zeaxanthin, Canthaxanthin, Chlorophyll, Phycocyanin, Phycoerythrin, Fucoxanthin
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFAs)	DHA (C22:6), EPA (C20:5), ARA (C20:4), GAL (C18:3)
Antioxidantien	Katalasen, Polyphenole, Superoxid-Dismutase, Tocopherole
Vitamine	A, B1, B6, B12, C, E, Biotin, Riboflavin, Nicotinsäure, Pantothenat, Folsäure
Sonstige	antifungizide, antimikrobielle und antivirale Stoffe, Toxine, Aminosäuren, Proteine, Sterole, MAAs als Lichtschutz

MAA: Mycosporinlike Amino Acids (absorbieren UV).



BIOLOGISCHE TOXINE IN WASSER – NACHWEIS MIT BIOSENSOREN

Dipl.-Ing. (FH) Tanja Maucher, Dr. rer. nat. Iris Trick

Hormone in Babynahrung, Antibiotika in Fleisch oder Dioxine in Eiern – Toxine in Lebensmitteln sind immer wieder Anlass für eine ernstzunehmende und berechtigte Besorgnis unter den Verbrauchern. Wasser ist ein in Deutschland jederzeit verfügbares Lebensmittel (Bild 1), das unverzichtbar ist und deshalb mit besonderer Sorgfalt überwacht wird. Die Trinkwasserversorger sind sich ihrer großen Verantwortung bewusst und streben eine immer bessere Überwachung ihrer Verteilungssysteme an.

Dazu eignen sich vor allem Messprinzipien, die mit einer Vor-Ort-Detektion toxischer Substanzen eine Alarmsituation anzeigen. Mithilfe neu am Fraunhofer IGB entwickelter mikrobieller Sensoren können zeitnah anorganische Gifte wie Cyanid oder Azid in Trinkwasser erkannt werden. In weiteren Arbeiten standen nun Untersuchungen zum Nachweis biologischer Toxine im Vordergrund, welche von Pflanzen, Pilzen oder Bakterien produziert werden. Auch diese verfügen zum Teil über ein enormes toxisches Potenzial, so dass sie bereits in geringen Konzentrationen zu einer für den Konsumenten lebensbedrohlichen Situation führen [1]. Ihr Auftreten zeitnah zu erkennen, hat deshalb hohe Priorität.

Biologische Toxine

Einige biologische Toxine gehören zu den Alkaloiden, andere sind aus Lipopolysacchariden, Peptiden oder Proteinen aufgebaut. Die toxische Wirkung kann sich durch eine Störung der Zellproteinsynthese, die Blockierung von Nervenrezeptoren, die Störung der Zellatmung oder eine Überstimulierung des Immunsystems äußern. Das Toxin Rizin beispielsweise,

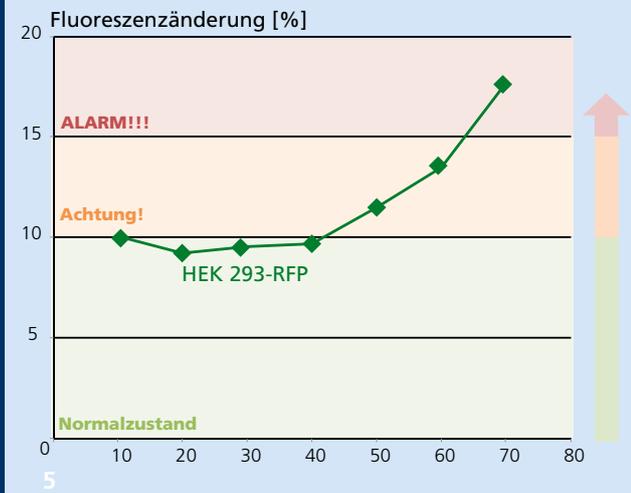
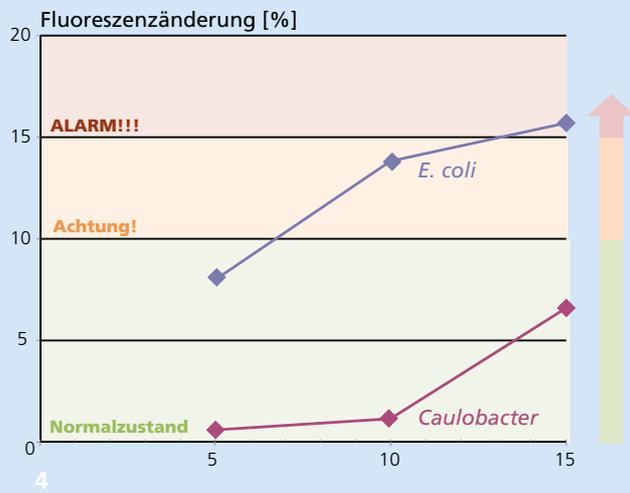
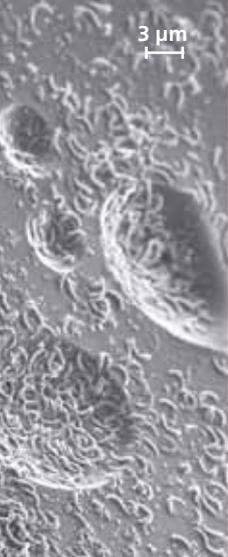
ein komplexes Protein, ist eine der giftigsten bekannten Substanzen. Es fällt in großen Mengen bei der Rizinusölerzeugung an und ist mit einfachen Methoden in reiner Form herzustellen [2]. Da die beiden Kriterien einfache Zugänglichkeit und effektive Wirkung erfüllt sind, wird Rizin als mögliche biologische Kriegswaffe eingestuft. Zudem ist es, wie auch viele andere biologische Gifte, sehr gut wasserlöslich. Neben Rizin wurden *Staphylococcus* Enterotoxin F und weitere biologische Toxine im Biosensorsystem eingesetzt.

Prinzip des Biosensors

Das vom Fraunhofer IGB entwickelte Biosensorsystem besteht aus drei verschiedenen Zelltypen (zwei Bakterienstämme und eine mammalische Zelllinie), die gentechnisch so konstruiert sind, dass sie ein rot fluoreszierendes Protein (RFP) bilden. Die Zellen werden vorab immobilisiert und in einem geschlossenen System bereitgestellt (Bilder 2 und 3). Im Alarmfall ändert sich die Intensität der Fluoreszenz, welche mittels einer Sonde (Fa. bbe Moldaenke) oder eines neu entwickelten 2-D-Sensors (Fraunhofer IOSB) detektiert werden kann.

Reaktion des Biosensors auf biologische Toxine

Ziel war es, einen breitbandigen und möglichst sensitiven Nachweis für biologische Schadstoffe zu entwickeln. Bild 4 zeigt die Reaktion der bakteriellen Zellsysteme (*Caulobacter crescentus* RFP und *Escherichia coli* RFP) auf die Zugabe einer relevanten, also für den Menschen unter Umständen tödlichen Konzentration von Rizin in Abhängigkeit von der Reaktionszeit des bakteriellen Systems. Bereits nach wenigen Minuten



ist eine signifikante Änderung der Fluoreszenz erkennbar. Das mammalische Zellsystem (Zelllinie HEK 293) reagiert gegenüber den Bakterienzellen zeitlich verzögert und – trotz völlig anderer Zellkonstitution – ebenfalls mit einem signifikanten Signal (Bild 5). Es kann somit die Aussagekraft des Biosensors erhöhen und ermöglicht dem Betreiber, zwischen einem Fehlalarm und einem tatsächlichen Alarmfall zu unterscheiden.

Ausblick

Die eingesetzten neuartigen Biosensoren reagieren auf die biologischen Toxine mit einer deutlichen Fluoreszenzänderung. Das Fraunhofer IGB arbeitet daran, das Verfahren gemeinsam mit Anwendern und Industriepartnern in ein marktfähiges Produkt umzusetzen. Darüber hinaus planen wir, das Reaktionsprinzip für andere Anwendungen im Lebensmittel- und Umweltbereich zu adaptieren und den Biosensor entsprechend auszubauen.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik (IGVT) der Universität Stuttgart erforschen wir die Interaktion der eingesetzten Zellen mit möglichen Toxinen, um die molekularen Wirkmechanismen aufzuklären.

- 1 Wasser als ständig verfügbares Lebensmittel direkt aus der Leitung.
- 2 Bioreaktoren mit mikrobiellen Sensoren für die Überwachung von Trinkwasserleitungen. Bei Toxinkontakt wird die Änderung der Fluoreszenz, hier in einem Demonstrator (Kooperationspartner Fraunhofer IOSB), detektiert und Alarm ausgelöst.
- 3 Elektronenmikroskopische Aufnahme von *Caulobacter crescentus*, immobilisiert auf Trägermaterial.
- 4 Reaktion der Bakterienzellen des Biosensors auf Zugabe von Rizin.
- 5 Reaktion der Säugerzelllinie HEK 293-RFP auf Zugabe von Rizin.



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

Literatur

- [1] Kortepeter, M. G.; Parker, G. W. (1999) Potential biological weapons threats, *Emerg. Infect. Dis.* 5:4: 523-527
- [2] Bagchy, M.; Zafra-Stone, S.; Lau, C.; Bagchy D. (2009) *Handbook of toxicology and warfare agents*, 339-352

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »AquaBioTox: Onlinefähige Trinkwasserüberwachung auf Grundlage eines biologischen Breitbandsensors mit automatischer Bildauswertung«, Förderkennzeichen 13N9537.

Projektpartner

Berliner Wasserbetriebe (Koordinator)
bbe Moldaenke GmbH, Kiel-Kronshagen
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Karlsruhe



ENERGIE

Prof. Dr. Walter Trösch

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

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

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



RESTSTOFFE AUS DER OLIVENÖLPRODUKTION – VOM UMWELTPROBLEM ZUR BIOGASPRODUKTION

Dr. rer. nat. Yasemin Sterr, Jennifer Bilbao M. Sc., Prof. Dr. Dieter Bryniok

Mit einer Jahresproduktion von fast 2,2 Millionen Tonnen stellt die Olivenölproduktion in Europa einen der wichtigsten Sektoren der Lebensmittelindustrie dar [1]. Bei der Herstellung (Bilder 2, 3) entstehen in mediterranen Ländern wie Spanien, Griechenland und Italien in einem zwei- oder dreiphasigen Separationsprozess innerhalb kurzer Zeit große Mengen an flüssigen und festen Reststoffen. Die Einleitung flüssiger Abfälle in Flüsse erzeugt aufgrund des hohen Gehalts an Phenolen, Fettsäuren und organischen Substanzen eine phytotoxische Wirkung in den Gewässern. In einigen Regionen werden die Reststoffe in Lagerbecken gesammelt (Bild 4), was ebenfalls zu erheblichen Umweltbeeinträchtigungen führen kann.

Obwohl seit über 50 Jahren nach einer kosteneffizienten, technisch realisierbaren und umweltgerechten Lösung zur Entsorgung dieser Reststoffe gesucht wird, konnte bis heute noch keine befriedigende Lösung flächendeckend in die industrielle Praxis überführt werden. Gemeinsam mit neun europäischen Partnern aus Forschung, Industrie und Verbänden entwickelt das Fraunhofer IGB ein kombiniertes Verfahren, mit dem zunächst die in hohen Konzentrationen in den Reststoffen enthaltenen organischen Substanzen, beispielsweise Polyphe-nole, extrahiert und als natürliche Antioxidantien verwertet werden und anschließend die Restbiomasse zur Biogasgewinnung vergoren wird.

Vergärung der Restbiomasse

Zur Behandlung stark verschmutzter Abwässer oder Klärschlämme ist die anaerobe Vergärung ein bewährtes Verfahren. Verschiedene Mikroorganismen wandeln organische Kohlenstoffverbindungen unter Sauerstoffausschluss in

mehreren Stufen zu Biogas um, das als wertvoller Energieträger dient [2]. Abwässer und Abfälle aus der Olivenölproduktion stellen wegen der hohen Belastung durch organische Verbindungen, dem hohen Gehalt an Schwefelverbindungen und Kalium sowie einem niedrigen Stickstoffgehalt eine besondere Herausforderung für die anaerobe biologische Behandlung, den Organikabbau und die Biogasproduktion dar [3]. Aufgrund dessen wurde eine Vielzahl verschiedener fester und flüssiger Abfälle untersucht, die bei der Olivenölproduktion mit unterschiedlichen Produktionstechniken in Spanien, Italien und Griechenland anfielen. Die nach der Extraktion anfallenden organischen Reststoffe wurden zunächst in Batch-Versuchen in einer zweistufigen anaeroben Vergärungseinheit in doppelwandigen 1-L-Bioreaktoren untersucht (Bild 5).

Biogas als Produkt

In diesen Versuchsreihen konnte der Anteil organischer Verbindungen in den flüssigen Abfällen um 75–90 Prozent reduziert werden. Auch bei den festen Abfällen konnte die organische Trockenmasse um 78–90 Prozent verringert werden. Die Biogasproduktion aus den festen Abfallstoffen betrug zwischen 150 und 720 ml/g organischer Trockenrückstand (oTR) innerhalb von 20–30 Tagen. Aus flüssigen Abfällen wurde innerhalb von 8–10 Tagen 680–980 ml/g oTR Biogas produziert. Der Methangehalt im Biogas aus festen Abfällen lag zwischen 44 und 70 Prozent, der Methananteil im Biogas aus Flüssigabfällen zwischen 60 und 69 Prozent. Mit zunehmender Adaptation der methanogenen Mischkultur war eine Steigerung der Biogaserträge zu verzeichnen. Eventuelle Störungen der Biogasproduktion, beispielsweise durch inhibitorische Substanzen in den Abfallsubstraten, werden derzeit in kontinuierlichen Versuchen im 1- und 100-L-Maßstab evaluiert.



3



4



5

Momentan werden anaerobe Vergärungsexperimente im Pilotmaßstab durchgeführt. Die Ergebnisse im Labormaßstab erlauben bereits jetzt eine erste Abschätzung der Energiebilanz: Je nach Abfallfraktion können etwa 300–3600 kWh pro Tonne Feststoff und aufgrund des geringeren Organikanteils etwa 45–540 kWh pro Tonne Flüssigabfall erzeugt werden. Gleichzeitig wird die Abfallmenge durch das Verfahren stark reduziert.

Düngemittel aus Gärresten

Die Gärreste werden weiter zu organischen Düngemitteln verarbeitet. Dazu werden die restlichen Feststoffe aus der Biogasanlage abgetrennt und die Flüssigphase zur Bewässerung eingesetzt. Zusätzlich können die Nährstoffe aus der Flüssigphase ausgefällt und zu Düngesalzen verarbeitet werden. Analysen getrockneter Gärreste zeigen, dass die Reststoffe gut geeignet sind, um organische Düngemittel zu produzieren.

Ausblick

Um einen insgesamt umweltfreundlichen und wirtschaftlich attraktiven Lösungsweg für die Reststoffverwertung in der Olivenölindustrie einschlagen zu können, müssen zusätzlich auch logistische Faktoren, die Extraktion von Wertstoffen sowie die Wärmenutzung aus dem BHKW berücksichtigt werden. Dies ist Gegenstand aktueller Arbeiten und wird zusammen mit dem Konsortium gemeinschaftlich evaluiert.

- 1 *Schwarze Oliven nach der Ernte.*
- 2 *Erste Waschstufe der angelieferten Oliven zur Olivenölproduktion.*
- 3 *Rohes Olivenöl nach Abtrennung im Zwei-Phasen-Dekanter bei der Olivenölproduktion.*
- 4 *Lagerbecken für die Reststoffe nach der Olivenölproduktion in Spanien.*
- 5 *Doppelwandige Bioreaktoren zur anaeroben Fermentation fester und flüssiger Abfälle.*



Dr. Yasemin Sterr

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



Prof. Dr. Dieter Bryniok

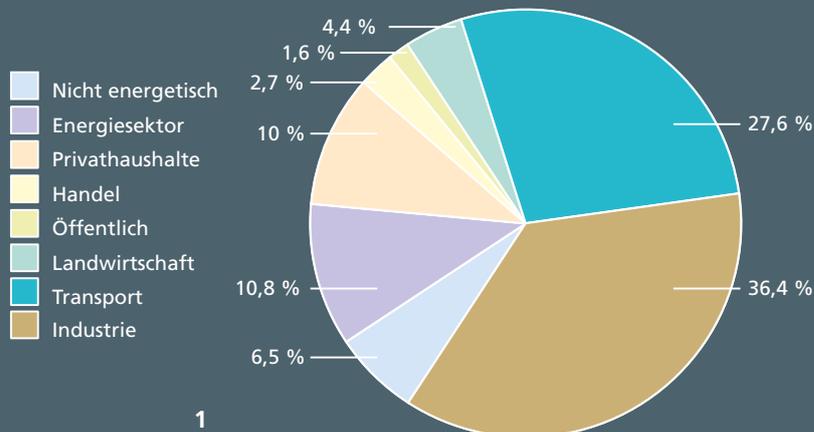
Telefon +49 711 970-4211
dieter.bryniok@igb.fraunhofer.de

Literatur

- [1] FAO (2008) FAOSTAT database, From Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://faostat.fao.org/> (March 15th, 2010)
- [2] De Lemos Chernicharo, C. A. (2007) Anaerobic Reactors. IWA Publisher Nations: <http://faostat.fao.org/> (March 15th, 2010)
- [3] Chen, Y.; Cheng, J. J.; Creamer, K. S. (2008) Inhibition of anaerobic digestion process: A review, *Bioresour. Technol.* 99 (10): 4044-4064

Förderung

Das Forschungsprojekt »Supporting SME driven olive industry to comply with EU directives by turning olive oil wastewater into energy through innovative bioreactor technology, and extraction of olive oil industry by-products: En-X-Olive« wird von der Europäischen Kommission innerhalb des 7. Forschungsrahmenprogramms unter Grant Agreement No.: 21844 42-2 gefördert. Die Autoren danken allen Projektpartnern für die gute Zusammenarbeit.



POTENZIAL UND NUTZUNG VON BIOGAS – HERAUSFORDERUNGEN IN BRASILIEN

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

Brasilien ist das fünftgrößte Land der Erde mit einer Bevölkerungszahl von etwa 190 Millionen Menschen. Mit einem Bruttoinlandsprodukt von 1573 Mrd US\$ (2009) [1] stellt es die größte Volkswirtschaft Lateinamerikas dar. Den Energieverbrauch Brasiliens im Jahr 2008 zeigt Bild 1 [2]. Die beiden größten Anteile entfallen auf die Sektoren Industrie (36 Prozent) und Transport (28 Prozent). Der Großteil der Energie im Transportwesen wird durch den Schwertransport verbraucht. In jüngster Zeit wird die Verwendung von Erdgas in Omnibussen und Lastkraftwagen diskutiert und in Erwägung gezogen [3]. Auch in Europa wurde dieser im Sinne des Umweltschutzes konsequente Schritt bis heute nur teilweise vollzogen. Erdgas kann direkt ersetzt werden durch Biomethan, das aus Biogas gewonnen wird – ein wichtiger Schritt in die Richtung Nutzung nachhaltiger Energieträger. In Europa werden inzwischen einige regionale Busflotten mit Biomethan betrieben.

Biogas wird beim anaeroben Abbau von organischem Material gebildet. Dieses fällt an bei landwirtschaftlichen Produkten oder Reststoffen, kommunalem organischem Abfall, Abwasser aus Industrie und Kommunen sowie daraus gewonnenem Klärschlamm. Das auf Kläranlagen produzierte Biogas wird in vielen europäischen Ländern schon für die Gewinnung von elektrischem Strom und Wärme (BHKW) oder als Kraftstoff verwendet. Obwohl in Schwellenländern wie Brasilien das auf Kläranlagen und auf Deponien entstehende Biogas heute noch hauptsächlich abgepackelt wird, ist das Interesse an erneuerbaren Energiequellen prinzipiell sehr hoch und die Suche nach wirtschaftlich sinnvollen Anwendungen steigt.

Das Fraunhofer IGB hat im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Natur-

schutz und Reaktorsicherheit in Zusammenarbeit mit zwei brasilianischen Kläranlagenbetreibern das Potenzial der Biogasproduktion auf deren Kläranlagen untersucht.

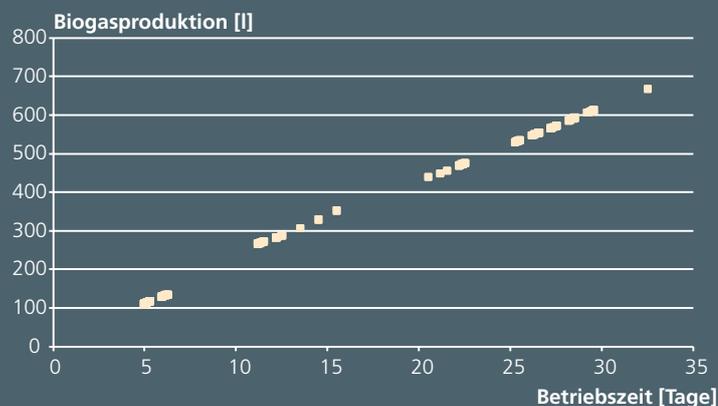
Vorgehensweise

Eine der Kläranlagen wird nach dem Belebtschlammverfahren ohne gezielte Nährstoffentfernung betrieben und besitzt eine Anschlussgröße von etwa 350 000 Einwohnerwerten (EW). Bei der anderen handelt es sich um ein Tropfkörperverfahren bei einer Belastung von etwa 170 000 EW (Bild 2). Zur Ermittlung der Biogasproduktion wurden Experimente mit dem Rohschlamm der Kläranlagen in einer automatisierten, thermostatisierten Pilotanlage durchgeführt.

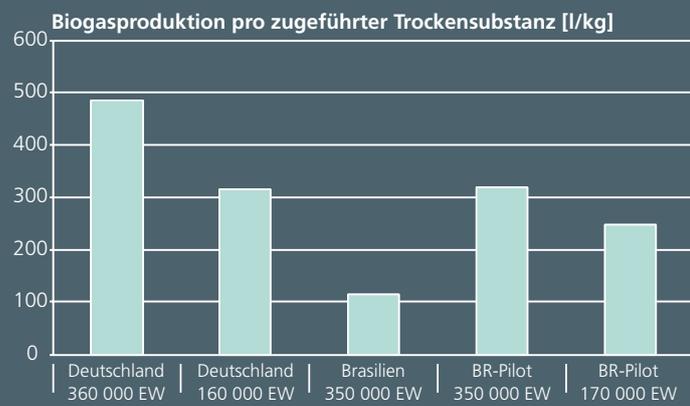
Potenzial der Biogasproduktion

In Bild 3 ist beispielhaft der Verlauf der Biogasbildung in der Pilotanlage für den Rohschlamm einer brasilianischen Kläranlage dargestellt. Über die Steigung der Geraden lässt sich der Mittelwert der täglichen Gasbildung bestimmen. Bild 4 zeigt die auf den zugeführten Feststoff bezogene spezifische Biogasbildung. Die spezifische Biogasbildung ist sowohl in deutschen als auch in brasilianischen Kläranlagen von der Qualität des Rohschlammes und der Betriebsweise der Faulung abhängig. Auffällig ist, dass die Biogasproduktion der Pilotfaulungen mit Rohschlamm der brasilianischen Kläranlagen im Bereich der deutschen Kläranlagen liegt. Das bedeutet, dass in Brasilien noch großes Potenzial hinsichtlich der Biogasmenge besteht.

Auch in der Zusammensetzung der Faulgase gab es Unterschiede. Während die Faulgase deutscher Kläranlagen typischerweise Konzentrationen an H_2S von weniger als 200 ppm



3



4

aufweisen, wurden im brasilianischen Faulgas Konzentrationen bis über 2000 ppm gemessen. Vor einer weitergehenden Nutzung müssen deshalb diese Faulgase unbedingt gereinigt werden. Für eine Nutzung als Kraftstoff in der Qualität von Erdgas bei 200 bar entstehen hierbei Aufreinigungs- und Kompressionskosten in der Größenordnung von 0,2 bis 0,3 R\$ pro m³ Biomethan. Bei einem Preis von etwa 1,5 bis 1,7 R\$ (1 Euro entspricht 2,29 R\$, 31.1.2011) an der Zapfsäule von Erdgastankstellen, lässt sich die Wirtschaftlichkeit dieses Nutzungspfades darstellen. Aus dem Faulgas einer Kläranlage mit etwa 150 000 EW lässt sich täglich das Äquivalent von etwa 1500 l Benzin in Biomethan produzieren. Hiermit ist ein großer Teil der kommunalen Fahrzeugflotte betreibbar.

Ausblick

Brasilien ist reich an Ressourcen, die zur Biogasgewinnung eingesetzt werden können, und der Staat hat begonnen die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen (z. B. Wachstumsbeschleunigungsprogramme PAC I und II). Der brasilianische Hausmüll mit einem typischen organischen Anteil von etwa 65 Prozent gelangt auf Deponien. Eine Studie zum Potenzial der Biogasgewinnung in der Schweinezucht des Bundesstaates Rio Grande de Sul zeigt, dass die erzeugbare Biogasmenge etwa 8 Prozent des Erdgasverbrauchs dieses Bundeslandes ersetzen könnte [4]. Weiteres Potenzial zur Biogasgewinnung weist die Nutzung organischer Reststoffe aus der Landwirtschaft sowie aus der Produktion von Bioethanol und Biodiesel auf.

In Brasilien steckt die Nutzung von Biogas noch in den Anfängen. Am Beispiel der hier vorgestellten, gut funktionierenden Pilotanlage wird gezeigt, dass die Gewinnung und Nutzung von Biogas aus organischen Abfallströmen nicht nur ökologisch sinnvoll ist, sondern auch ökonomische Vorteile bieten kann. Das Fraunhofer IGB trägt in Zusammenarbeit mit deutschen Firmen und brasilianischen Partnern zur Technologieentwicklung und Nachhaltigkeit dieser Prozesse bei.



Dr.-Ing. Werner Sternad

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



Barbara Waelkens M. Eng.

Telefon +49 711 970-4128
barbara.waelkens@igb.fraunhofer.de

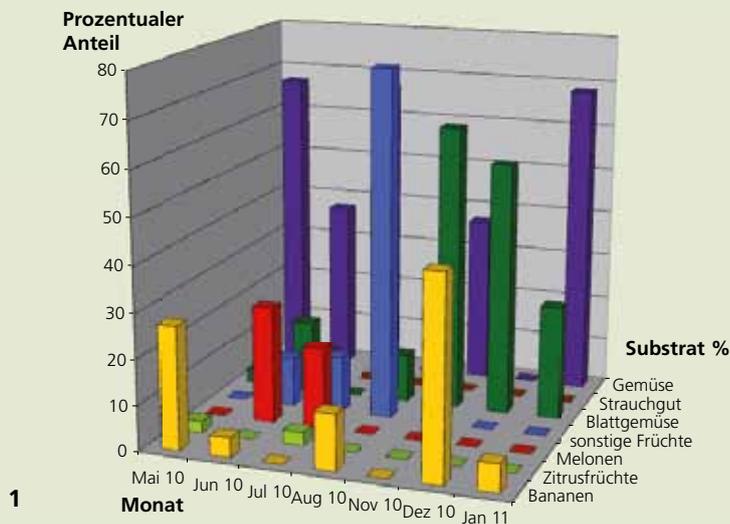
Literatur

- [1] The World Bank: World Development Indicators database, World Bank, 27 September 2010
- [2] Ministério de Minas e Energia-MME (2009) Balanço Energético Nacional – ano base 2008 Brasil
- [3] Klein, J. (2010) Mercado de GNV quer atingir veículos pesados, Jornal do Comércio, RS unter <http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=47744>
- [4] Deutsche Energie Agentur – dena (2010) Biogas potential in Rio Grande do Sul, Brazil – an examination of the potential for biogas from pig production

Förderung

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

- 1 *Energieverbrauch Brasiliens nach Sektoren für 2008 [1].*
- 2 *Faultürme auf einer brasilianischen Kläranlage.*
- 3 *Verlauf der Biogasbildung (Pilotanlage).*
- 4 *Auf den zugeführten Feststoff bezogene Biogasbildung.*



BIOMETHAN ALS KRAFTSTOFF – BASISDATEN FÜR ETAMAX-DEMONSTRATIONSANLAGE LIEGEN VOR

Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Die Nutzung pflanzlicher Biomasse zur Gewinnung von Bioenergie spielt eine herausragende Rolle als nachhaltige Alternative zu konventionellen Energieträgern.

Im Projekt EtaMax wollen Partner aus Forschung, Energiewirtschaft und Industrie leicht vergärbare, lignocellulosearme nasse Biomasse – kostengünstig anfallende Bioabfälle und Algenrestbiomasse, die keine Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln darstellen – mit einem kombinierten, modularen Verfahren unter maximaler Energiegewinnung vollständig zu Biogas umsetzen und gleichzeitig alle Stoffkreisläufe schließen. Dabei steht die regionale Erzeugung und Nutzung des regenerativen Methans (Biomethan) im Mittelpunkt. Hierzu soll das Biogas durch Abtrennung von Kohlenstoffdioxid aufgereinigt werden, um Biomethan als Fahrzeugkraftstoff für den Antrieb von CNG-Fahrzeugen (compressed natural gas) zu nutzen.

Technische Schlüsselkomponenten

In einem Hochlastvergärungsverfahren, das vom Fraunhofer IGB entwickelt und für Klärschlamm mehrfach technisch realisiert wurde, werden die organischen Anteile der lignocellulosearmen Biomüllfraktionen in nur wenigen Tagen nahezu vollständig zu Biogas umgesetzt.

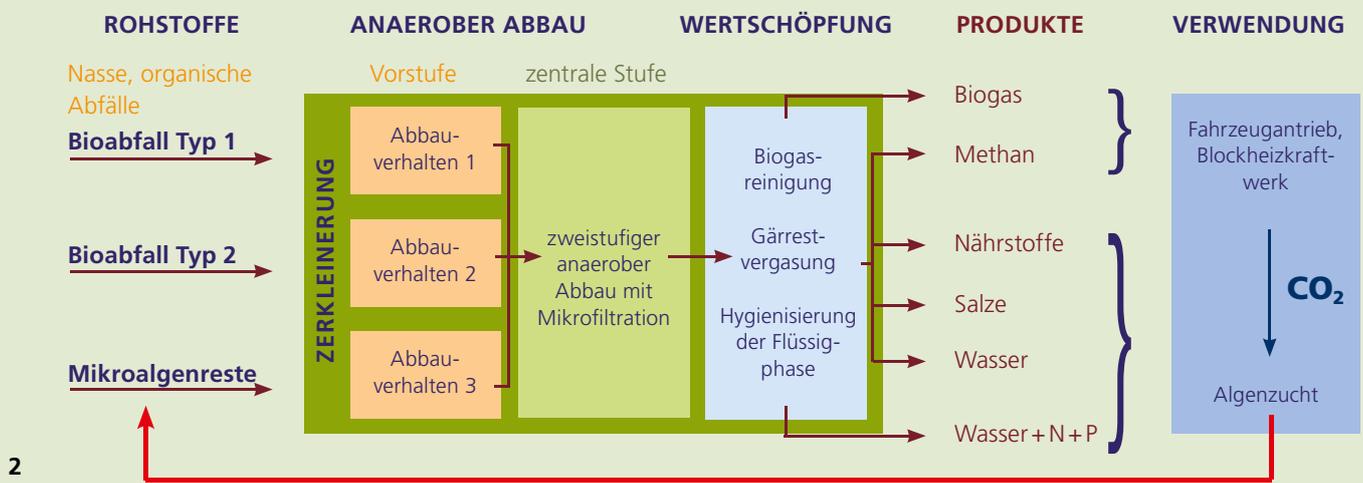
Damit eine Vergärungsanlage möglichst effektiv die unterschiedlichen Substrate zu Biogas umwandeln kann, wird die Prozesstechnik durch Verwendung einer flexiblen Multisubstrat-Hochlastvergärungsanlage für die jeweiligen Substrate spezifisch angepasst. Erst dadurch kann das Substrat mit maximalem Wirkungsgrad zu Methan umgesetzt werden.

Zusätzliche nasse, lignocellulosearme Biomasse für die Multisubstrat-Hochlastvergärung wird in Form von Algenrestbiomasse beigesteuert. Die Gewinnung von Energie mit Algenbiomasse ist dank einer am Fraunhofer IGB entwickelten Photobioreaktor-Plattform heute schon effizient möglich. In den Reaktoren wachsen Algen nur mit Sonnenlicht als Energie- und Kohlenstoffdioxid als Kohlenstoffquelle sowie anorganischem Stickstoff und Phosphat zu hohen Zelldichten heran.

Für die bei jeder Vergärung anfallenden geringen Gärreststoffanteile, die nicht weiter anaerob abgebaut werden können, wird die katalysatorgestützte hydrothermale Vergasung bei hohem Druck und hoher Temperatur untersucht. Hierbei entstehen die gleichen Produkte wie bei der Vergärung: Kohlenstoffdioxid und Methan.

Ergebnisse

In einer Vergärungsanlage im Technikumsmaßstab (2 x 30-l-Reaktoren) wurden am Fraunhofer IGB innerhalb des ersten Projektjahres die Prozessparameter für die Übertragung in den Pilotmaßstab (2 x 3,5 m³) ermittelt. Die zweistufige Technikumsanlage produzierte aus Großmarktabfällen 850 l Biogas bezogen auf die organische Trockensubstanz (oTR), das entspricht bei dem vorliegenden Reaktorvolumen durchschnittlich 190 l Biogas pro Tag bei einer Raumbelastung von 7 g oTR/l.d. Während der Untersuchungen wurden in regelmäßigen Abständen unsortierte Marktabfälle vom Großmarkt Stuttgart bereitgestellt, zerkleinert und der Vergärung zugeführt. Die Zuführung solch unsortierter Abfälle stellt eine Herausforderung an die Mikroorganismen dar. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Schwankungen in der Zusammen-



setzung des Substrats nur durch eine intelligente Prozesssteuerung aufgefangen werden können: Indem wir über mehrere Vorvergärungstanks Substratportionen unterschiedlicher Gärprozessstufen zuführen, können wir trotz einer großen Schwankungsbreite bei den Substraten eine kontinuierliche Biogasproduktion mit nur geringen Schwankungen im Gasertrag gewährleisten.

Mit den Untersuchungen in der Technikumsanlage konnten wir auch die für eine Übertragung in den größeren Maßstab wichtigen Grenzwerte wie minimale Verweilzeit und maximale Raumbelastung sowie Parameter für die optimierte Zuführung verschiedener Substratzusammensetzungen erfolgreich ermitteln.

EtaMax nutzt das Kohlenstoffdioxid, das bei der Vergärung und bei der Verbrennung von Biogas entsteht, als Kohlenstoffdioxidquelle für die Algenkultivierung. Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass die zum Wachstum notwendigen anorganischen Nährstoffe in ausreichendem Maß in den Filtratwässern der Vergärungsanlage enthalten sind und für die Algenkultivierung genutzt werden können. Auf teure Nährmedien kann so verzichtet werden.

Ausblick

Der gemeinsame Faktor für alle zur Anwendung kommenden Teilkomponenten ist der minimale Energieeintrag zur Realisierung der jeweiligen Aufgaben. Im Frühjahr 2011 werden die im Technikumsmaßstab ermittelten Erkenntnisse auf eine Demonstrationsanlage auf dem Gelände des EnBW-Heizkraftwerks in Stuttgart-Gaisburg übertragen und erprobt. Das dabei entstehende Biogas wird in einer Membrananlage aufgereinigt und anschließend in Fahrzeuge eingespeist. Zudem wird das Amt für Umweltschutz in diesem Jahr diejenigen Biomüllpotenziale erheben, die mittel- bzw. langfristig in Stuttgart für größere Vergärungsanlagen zur Verfügung stehen könnten.



Dr.-Ing. Ursula Schließmann
 Telefon +48 711 970-4122
 ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de



Prof. Dr. Walter Trösch
 Telefon +48 711 970-4220
 walter.troesch@igb.fraunhofer.de

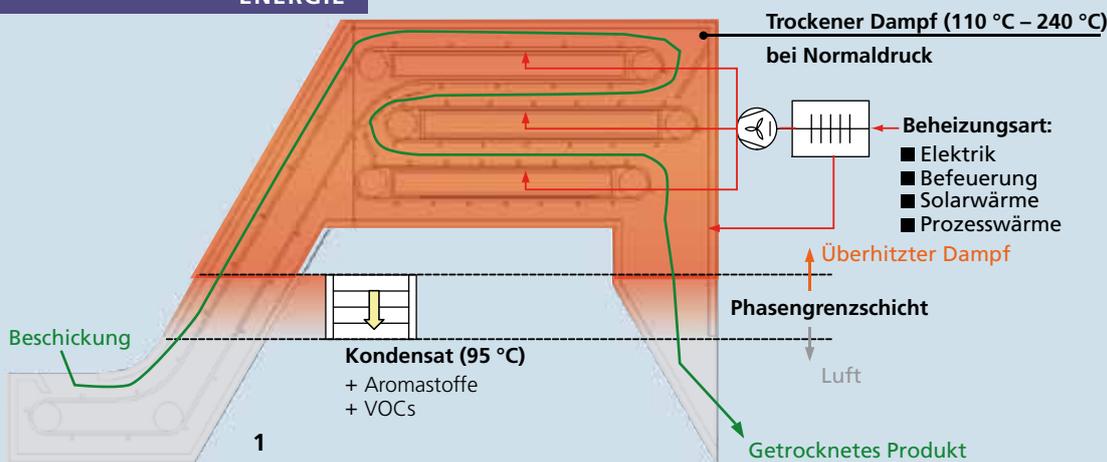
Projektpartner

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

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Verbundvorhabens »EtaMax – Mehr Biogas aus lignocellulosearmen Abfall- und Mikroalgenreststoffen durch kombinierte Bio-/Hydrothermalvergasung«, Förderkennzeichen 03SF0350A innerhalb des Programms »Bio-Energie 2021«.

- 1 *Leicht vergärbare Großmarktabfälle wie Salat, Obst und Gemüse fallen in unterschiedlichsten Mengenverteilungen an (Stichproben).*
- 2 *EtaMax: Verfahrens- und Wertschöpfungskette.*



ENERGIEEFFIZIENTE, PRODUKTSCHONENDE UND UMWELTVERTRÄGLICHE TROCKNUNG

Sukhanes Laoeamthong M. Sc., Dipl.-Ing. Siegfried Egener

Bei der Aufbereitung von Feststoffen stellt die Trocknung häufig einen wesentlichen Prozessschritt dar. Ca. 12 Prozent des weltweiten industriellen Energieverbrauchs werden für Trocknungsprozesse aufgewendet [1]. Um den Energieverbrauch zu reduzieren ist eine energieeffiziente Trocknungstechnik notwendig, die in der Lage ist, bei gleichbleibender Produktqualität Energie einzusparen. Übliche Trocknungsprozesse arbeiten mit Heißluft.

Möglichkeiten durch Einsatz von überhitztem Dampf

Bei der Reduktion des Energieverbrauchs kommt der Trocknung mit überhitztem Dampf eine besondere Bedeutung zu, denn wegen der im Vergleich zu Heißluft überlegenen Wärmeübergangseigenschaften sind höhere Trocknungsraten erzielbar. Zudem werden in der Dampfatmosfera die Oxidationsprozesse am Trocknungsgut, welche zu einer Qualitätsminderung führen können, sowie die Explosionsgefahr in Folge der Abwesenheit von Luftsauerstoff deutlich reduziert. Des Weiteren werden leichtflüchtige Substanzen wie Aromastoffe oder andere leichtflüchtige Komponenten, die oftmals Geruchsprobleme bereiten, durch die geschlossene Atmosphäre mit dem überschüssigen Dampf abgeführt. Diese können vom entstehenden Wasserdampf abgetrennt und als Wertstoff recycelt werden [2].

Prinzip der Heißdampftrocknung bei Atmosphärendruck

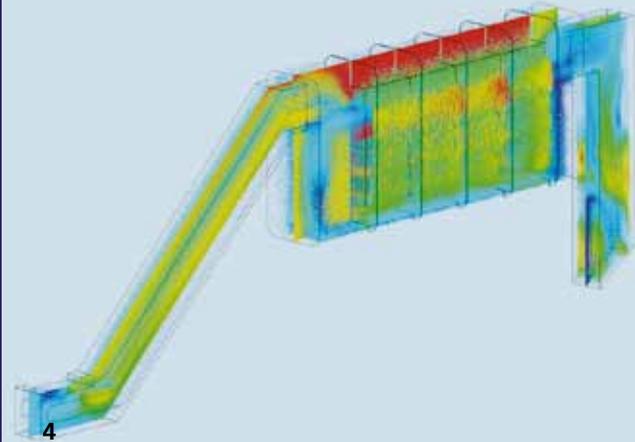
Das zu trocknende Gut wird einer Atmosphäre aus überhitztem Dampf ausgesetzt. Der Dampf überträgt die Wärme konvektiv an das Gut. Dieser Vorgang der Wärmeübertragung ist besonders effektiv, da Wasserdampf einerseits einen sehr

guten Wärmeübergangskoeffizienten besitzt, andererseits aufgrund seiner niedrigen Viskosität das Gut sehr rasch penetriert. Hierdurch wird das Verfahren insbesondere bei porösen Schüttgütern sehr effektiv und führt zu einer nur kurzen Verweildauer im Trocknungsprozess. Der Heißdampf nimmt die aus dem Gut verdampfte Feuchte auf und kühlt sich durch Abgabe der Verdampfungsenergie ab. Die aus dem Gut aufgenommene Feuchte wird zu überschüssigem Dampf, welcher aus dem Trocknungsraum abgeleitet wird. Die abgegebene Verdampfungswärme wird der Dampfatmosfera über eine Kreislaufführung wieder zugeführt. Hierdurch kann die Temperatur auf dem erforderlichen Niveau gehalten werden.

Die Dampfatmosfera grenzt sich selbst über den Dichteunterschied gegen die umgebende äußere Luftatmosfera ab. Unter Ausnutzung dieses Vorteils kann bei einer günstigen Führung des zu trocknenden Gutes die jeweils bestgeeignete Fördertechnik eingesetzt werden.

Kontinuierlich arbeitende Anlage

Zur Demonstration der Trocknungstechnik haben wir eine kontinuierliche Anlage zur Trocknung mit überhitztem Dampf bei Atmosphärendruck entwickelt (Bilder 3, 4) und im Technikum des Fraunhofer IGB aufgebaut (Bild 2). Diese hat eine Verdampfungsleistung von 50 kg/h bei einer Arbeitstemperatur von bis zu 250 °C und ist nach den Standards der Lebensmittelindustrie ausgeführt. Das System ist nach oben geschlossen, jedoch nach unten atmosphärisch offen. Überschüssiger Dampf kann aufgrund der höheren Dichte in den unteren Teil absinken, dadurch wird gleichzeitig das Nachströmen der Umgebungsluft verhindert. Durch eine gezielte Abscheidung



des überschüssigen Dampfes wird die Phasengrenzschicht zwischen überhitztem Dampf und Luft kontrolliert (Bild 1). Innerhalb dieser Anlage befinden sich vier Kammern, in welchen die Trocknungstemperatur und die Strömungsgeschwindigkeit einzeln eingestellt werden können.

Ergebnisse und Vorteile

Wir haben am Fraunhofer IGB bereits verschiedene Projekte zur Heißdampftrocknung bei Atmosphärendruck bearbeitet und unterschiedlichste Produkte wie mineralische Rohstoffe, Baumaterialien, Biomassen sowie Nahrungs- und Futtermittel erfolgreich getrocknet.

Die Heißdampftrocknung bei Atmosphärendruck bietet folgende Vorteile:

- Keine Schleusen und Absperrungen notwendig
- 50 Prozent geringerer Energiebedarf und bis zu 80 Prozent reduzierte Trocknungszeit im Vergleich zur Heißlufttrocknung
- 90 Prozent der zugeführten Energie rückgewinnbar
- Kompakte Anlage und geringere Investitionskosten

Für sensible Produkte wie Lebensmittel ist die Trocknung mit überhitztem Dampf trotz der hohen erforderlichen Temperatur gut anwendbar. Aufgrund der nur kurzen Trocknungsphase sind ein Abbau der Inhaltsstoffe oder die Bräunung durch enzymatische Reaktionen nur in geringem Maß zu beobachten. Gleichzeitig führt die Heißdampftrocknung bei Temperaturen über 120 °C zu einer Hygienisierung des Trocknungsgutes.

Ausblick

In den am Fraunhofer IGB aufgebauten Anlagen untersuchen wir den Trocknungsprozess für verschiedenste Materialien und charakterisieren den Prozess sowie die getrockneten Produkte. Die Umsetzung erfolgt durch einen industriellen Partner aus dem Maschinenbau.



Sukhanes Laopeamthong M. Sc.

Telefon +49 711 970-3538
sukhanes.laopeamthong@igb.fraunhofer.de



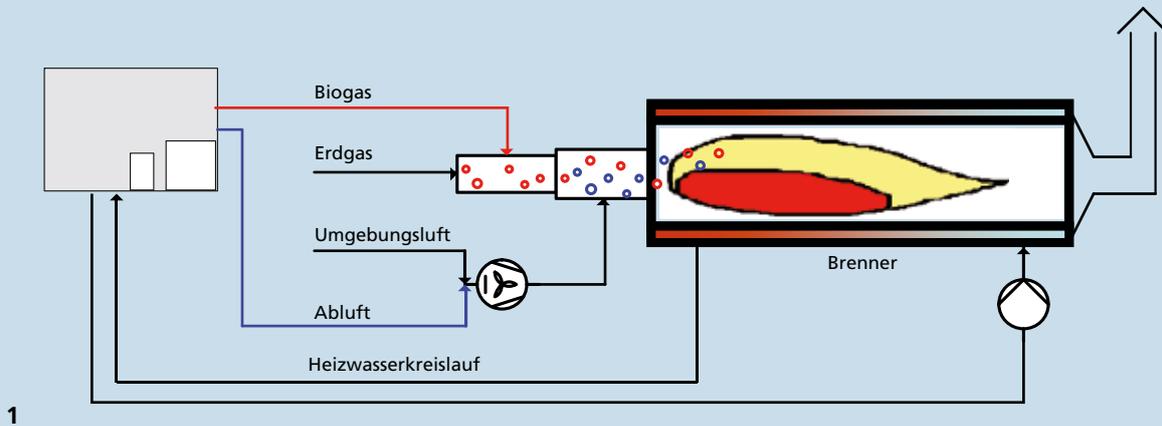
Dipl.-Ing. Siegfried Egner

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

Literatur

- [1] Strumillo, C.; Jones, P.; Zylla, R. (1995) Energy Aspects in Drying, Handbook of Industrial Drying, 2nd Ed.; Mujumdar, A.S., Ed.; Marcel Dekker: N.Y.
- [2] Mujumdar, A. S. (1990) Superheated Steam Drying – Principles, Practice and Potential for Use of Electricity. Canadian Electrical Association Report 817 U 671: Montreal

- 1 Schematische Darstellung des kontinuierlichen Bandtrockners.
- 2 Kontinuierlicher Bandtrockner am Fraunhofer IGB.
- 3 Dreidimensionales CAD-Modell.
- 4 Strömungssimulation des kontinuierlichen Bandtrockners.



SPEICHERFREIE VERWERTUNG VON BIOGAS

Dipl.-Ing. Marius Mohr, Dipl.-Ing. (FH) Stephan Scherle

Im Rahmen des durch das BMBF geförderten Projekts DEUS 21 betreibt das Fraunhofer IGB eine semi-zentrale Anlage zur anaeroben Abwasserreinigung mit integrierter Membranfiltration in Knittlingen. Die Anlage setzt die organischen Bestandteile des Abwassers und über ein Vakuumsystem zugegebene Küchenabfälle von derzeit etwa 170 Anwohnern zu Biogas um. Dabei werden Mengen von 8000 bis 10 000 Litern Biogas pro Tag erreicht. Wenn das Baugebiet komplett bebaut ist, kann mit der doppelten Menge gerechnet werden. Da dieses Biogas einen Methangehalt von 60–70 Prozent hat, stellt es eine wertvolle Energiequelle dar, durch deren Nutzung der Bedarf an fossilen Energieträgern reduziert werden kann.

In herkömmlichen Biogasanlagen wird Biogas in deutlich größeren Mengen produziert als in der Anlage in Knittlingen. Anlagen zur Nutzung relativ kleiner Mengen an Biogas sind daher bisher auf dem Markt nicht verfügbar. Entsprechend kleine Anlagen für die Nutzung von Erdgas sind wegen der anderen Zusammensetzung sowie fehlender Zulassung für Biogas nicht einsetzbar. Das Speichern des Biogases, das eine Verwertung mit einem größeren Aggregat zulassen würde, ist aus Explosionsschutzgründen und der Lage im Wohngebiet kritisch – zur Druckspeicherung müsste das Biogas aufbereitet werden. Daher haben wir am Fraunhofer IGB gemeinsam mit der Firma C-deg GmbH aus Kiel ein Aggregat entwickelt, welches die energetische Verwertung von geringeren Mengen ungereinigten Biogases ermöglicht.

Biogasverbrennung mit Wärmerückgewinnung

Da aufgrund der geringen Größe der Abwasseranlage sowie möglicher Füllstandsschwankungen in den Reaktoren nicht mit Sicherheit ständig Biogas zur Verfügung steht, wird die Verbrennung mit einer Stützflamme betrieben, die mit Erdgas gespeist wird (Schema Bild 1). Des Weiteren wird der Verbrennung ein Abluftstrom aus der Belüftung des Filtrats der Abwasserreinigungsanlage zugeführt. Dieser Luftstrom enthält auch 2–3 Prozent Methan, welches im Filtrat gelöst die Abwasserreinigungsanlage verlässt, jedoch wegen des hohen Treibhauspotenzials von Methan nicht in die Atmosphäre gelangen darf. Zugleich transportiert der Abluftstrom Sauerstoff zur Verbrennung sowie geruchsbelastende Stoffe wie Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Um einen bestmöglichen Umsatz dieser Schadstoffe zu erreichen, ist die Verbrennung geregelt. So wird je nach Sauerstoffbedarf, der abhängig ist von der Biogasbeigabe, der Zuluftstrom variiert. Das Abgas der Verbrennung wird schließlich über einen Wärmetauscher geleitet, in dem die Wärmeenergie des verbrannten Gases an den Heizkreislauf der Abwasserreinigungsanlage übergeben wird. Hiermit können die mesophile Faulung der Feststoffe sowie das Regenerat der Anlage zur Stickstoffrückgewinnung beheizt werden.



Vorteile

Ergebnis der Verbrennung des Biogases und der Prozessluft ist in erster Linie die Eliminierung des Treibhausgases Methan und die Verringerung von Schadstoffen wie Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Die Anlage zeigt aber auch, dass selbst eine geringe Menge Biogas noch sinnvoll zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden kann. Die Zugabe von Biogas kann drucklos erfolgen. Das Biogas wird in der Zeit und in der Menge umgesetzt, in der es entsteht. Druckerhöhungsaggregate, Gasaufbereitungsanlagen oder Gasspeicher sind daher nicht notwendig. Die Biogasanlage wird auch nicht durch Unterdruck belastet wie es ansonsten bei einer aktiven Absaugung des Biogases der Fall wäre. Diese Vorteile ermöglichen eine einfache und kostengünstige Anbindung an die verschiedensten Biogasanlagen.

Technische Daten

- Geregelt Verbrennung in Abhängigkeit der Biogazuspeisung, Grundleistung: 6 kW
- Wirkungsgrad Wärmetauscher: 60–70 Prozent
- Temperatur Brennkammer: 1000–1200 °C

Ausblick

Innerhalb des vorgestellten Projekts konnten wir einen betriebssicheren Prototyp entwickeln, der bei zukünftigen Umsetzungen weiter optimiert werden kann. Bei Bedarf erlaubt der technische Aufbau des Gerätes eine Modifikation des Wärmetauschers. Dadurch ist es möglich, Aggregate wie einen Stirlingmotor einzusetzen und somit zusätzlich Elektrizität zu gewinnen. Auch der Einsatz von Wärmetauschern mit einem erhöhten Wirkungsgrad ist möglich. Die Heizleistung des Brenners ist bei der Auslegung abhängig vom Bedarf wählbar. Bei Biogasanlagen, welche kontinuierlich Biogas in ausreichender Menge produzieren, kann ggf. auf eine Erdgas-trägerflamme verzichtet werden.



Dipl.-Ing. Marius Mohr

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



Prof. Dr. Walter Trösch

Telefon +49 711 970-4220
 walter.troesch@igb.fraunhofer.de

Förderung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts »Dezentrale Urbane Infrastruktursysteme DEUS 21«, Förderkennzeichen 02WD0850.

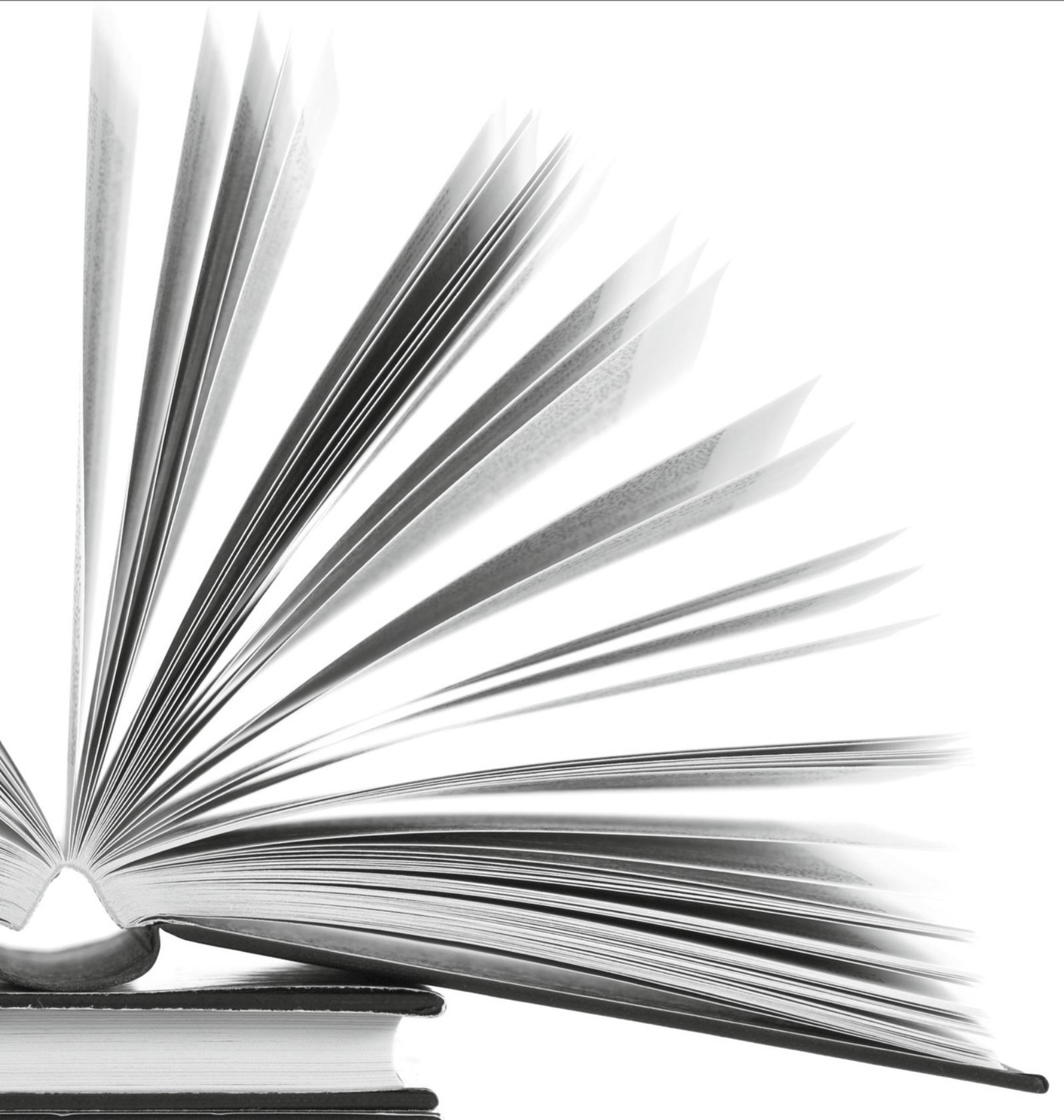
Projektpartner

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe
 Stadt Knittlingen
 Eisenmann Maschinenbau KG, Holzgerlingen
 EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Karlsruhe
 Kerafol GmbH, Eschenbach

Weitere Informationen

www.deus21.de

- 1 *Schema des Brenners zur Biogasnutzung.*
- 2 *Abbildung des Brenneraggregats.*
- 3 *Container, in dem der Brenner betrieben wird, neben dem Wasserhaus in Knittlingen.*



ANHANG

Patenterteilungen 2010

Im Jahr 2010 wurden sechs Schutzrechte erteilt, die wie folgt unseren Geschäftsfeldern zugeordnet sind:

MEDIZIN

Improved electrophoretic separation method for analyzing gene expression
AU 2005291445,
erteilt am 7. Oktober 2010

Isoliertes naturidentisches Kollagen
EP 2 029 186,
erteilt am 1. Dezember 2010

PHARMAZIE

Variants of human recombinant Interferon-Gamma with increased thermal stability
CA 2,232,264,
erteilt am 13. April 2010

Superpotent calcitonin analogs having greatly increased hypocalcemic action *in vivo*
CA 2,245,379,
erteilt am 27. April 2010

UMWELT

Anaerobe Reinigung von Abwasser
DE 10 2005 063 228,
erteilt am 7. Januar 2010

Wasseraufbereitungsanlage
BR PI0108021,
erteilt am 8. September 2010

Messen und Veranstaltungen 2010

Messen und Ausstellungskongresse

Analytica

22. Internationale Leitmesse für Instrumentelle Analytik, Labortechnik und Biotechnologie mit Analytica Conference
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand
23.-26. März 2010, München

GLOBE

24.-26. März 2010, Vancouver, Kanada

Hannover Messe Energy

Internationale Leitmesse der erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugung, Energieversorgung, -übertragung und -verteilung
Fraunhofer-Allianz Energie
19.-23. April 2010, Hannover

BIO International Convention

Fraunhofer-Verbund Life Sciences
3.-6. Mai 2010, Chicago, IL, USA

Nanotech

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie
21.-24. Juni 2010, Anaheim, CA, USA

IFAT Entsorga

Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft
Fraunhofer-Allianz SysWasser
13.-17. September 2010, München

12th International Conference on Plasma Surface Engineering PSE

13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen

BIOTECHNICA

Europas Branchentreff für Biotechnologie und Life Sciences
Fraunhofer-Verbund Life Sciences
5.-7. Oktober 2010, Hannover

parts2clean

8. Internationale Leitmesse für Reinigung in Produktion und Instandhaltung
Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik
12.-14. Oktober 2010, Stuttgart

Südback

Fachmesse für das Bäcker- und Konditorenhandwerk
16.-19. Oktober 2010, Stuttgart

K – Internationale Messe für Kunststoff und Kautschuk

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand
27. Oktober - 3. November 2010, Düsseldorf

Bayern Innovativ-Kooperationsforum

»Biopolymere – Perspektiven, Technologien, Märkte«
11. November 2010, Straubing

Veranstaltungen

Übergabe des Zuwendungsbescheids Projektgruppe BioCat, Straubing

2. Februar 2010, Wissenschaftszentrum Straubing

Informationsveranstaltung Automated Tissue Engineering on Demand

26. Februar 2010, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

Fraunhofer-Technologiezirkel Technologietrends – Perspektiven für die Märkte von Übermorgen

10.-11. März 2010, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

Fraunhofer Talent School Workshop »Wer bin ich oder die phantastische Reise ins Genom«

12.-14. März 2010, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

Girls' Day Mädchen-Zukunftstag

22. April 2010, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

Studententag

»Talente für das Land« im Rahmen der Robert Bosch Stiftung
8. Mai 2010, Stuttgart

Finissage DEUS 21

18. Mai 2010, Knittlingen

Grundlagenseminar Reinigungstechnik

»Reinigung in der Produktion«
Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik
16.-18. Juni 2010, Dresden

OTTI-Fachforum

»Produktgestaltung mit Funktionsschichten – Möglichkeiten und Perspektiven der Oberflächenbeschichtung«
21.-22. Juni 2010, Regensburg

Tag der Wissenschaft

»Entdecken – Forschen – Faszinieren«
26. Juni 2010, Universität Stuttgart

MiNe-MINT – Thementag Bioverfahrenstechnik für Schüler

»Wii leuchtet die Zelle?«
30. Juni 2010, Universität Stuttgart und Fraunhofer IGB

62. Jahreskonferenz der Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)

Gemeinschaftsstand »Research in Germany« von Baden-Württemberg International
25.-30. Juli 2010, Natal, Brasilien

Spatenstich Projektgruppe BioCat, Straubing

22. Juli 2010, Straubing

BioStar 2010, Science in Exchange 4th Congress on Regenerative Biology and Medicine

13.-15. Oktober 2010, Stuttgart

Fraunhofer-Senatssitzung in Stuttgart

19. Oktober 2010, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

Unitag

Studieren an der Uni Stuttgart
17.-18. November 2010, Universität Stuttgart

Checkpoint Zukunft

Tag für Studierende bei Fraunhofer
29. November 2010, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

OTTI-Fachforum

»Carbon Nanotubes – Auf dem Weg aus der Forschung in die Anwendung«
6.-7. Dezember 2010, Regensburg

Spatenstich Fraunhofer CBP, Leuna

8. Dezember 2010, Leuna

Vorschau 2011

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

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

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

**Fraunhofer Talent School
Workshop »CSI-Stuttgart –
Vom genetischen Fingerab-
druck zur Täteridentifizierung«**
1.-3. April 2011, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

**Hannover Messe Energy
Internationale Leitmesse der
erneuerbaren und konventio-
nellen Energieerzeugung,
Energieversorgung, -übertra-
gung und -verteilung**
Fraunhofer-Allianz Energie
4.-8. April 2011, Hannover

**15. Kolloquium zur kommu-
nalen Abwasser- und Abfall-
entsorgung
»Technologie mit Zukunft«**
13. April 2011, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

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

**Technologie-Akademie für
den Mittelstand
»Auf die Oberfläche kommt es
an – Oberflächen charakteri-
sieren und modifizieren«**
20. April 2011, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

**MiNe-MINT –
Forschungswoche Life Sciences**
28. April 2011, Fraunhofer IGB,
Stuttgart

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

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

MedTech & Pharma Partnering
8. Juni 2011, Garching

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

Tag der Wissenschaft
2. Juli 2011, Universität Stuttgart

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

**parts2clean
9. Internationale Leitmesse
für industrielle Teile- und
Oberflächenreinigung**
25.-27. Oktober 2011, Stuttgart

**Unitag
Studieren an der Uni Stuttgart**
November 2011, Universität
Stuttgart

**Checkpoint Zukunft
Tag für Studierende
bei Fraunhofer**
5. Dezember 2011, Fraunhofer-
Institutszentrum Stuttgart

**Ausstellungen im
Wissenschaftsjahr 2011
»Forschung für unsere
Gesundheit«**

**»Entdeckungen 2011: Gesund-
heit« Insel Mainau**
Mai bis September 2011

**MS Wissenschaft 2011
»Forschung für unsere
Gesundheit«**
Mai bis Oktober 2011

www.wissenschaft-im-dialog.de

**Änderungen vorbehalten.
Aktuelle Infos unter:
www.igb.fraunhofer.de**

Mitarbeit in Fachverbänden und Gremien

Anadere, I.

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

Barz, J.

Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), Mitglied

Borchers, K.

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

Bryniok, D.

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

Fraunhofer-Allianz SysWasser, Geschäftsführer

German Water Partnership, Länderforum Kroatien, Mitglied

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

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

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

Haupt, M.

Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), Mitglied

Hirth, T.

Bio^MWB, Beirat

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

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

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

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

Max-Planck-Institut für Metallforschung, Kuratorium, Mitglied

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

SusChem Deutschland, Koordinierungskreis

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

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

Kluger, P. J.

Deutsche Gesellschaft für Biomaterialien, Mitglied

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

VDI-Fachausschuss »Nanotechnologie für die Medizintechnik«, Mitglied

Krieg, S.

Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE), Mitglied

Müller, M.

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

Oehr, C.

BALTIC-NET, Mitglied

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

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

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

Fraunhofer-Allianz Polymere Oberflächen POLO, Stellvertretener Direktor

Gesellschaft für Verfahrenstechnik und Chemie-Ingenieurwesen (GVC), Ausschuss »Grenzflächen«

Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering PSE 2010, Editorial Board

International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), Elected Member of the Board of Directors

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

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

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

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

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

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

Pusch, J.

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

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

Rupp, S.

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

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

Europäische Union EU,
Gutachter im 7. Forschungsrahmenprogramm

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

Schenke-Layland, K.

Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG,
Fachgutachterin für Forschungsstipendien und Einzelantragsverfahren

American Association of Anatomists,
Gutachterin für
Young Investigator Awards

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

Research Council – Katholieke Universiteit Leuven,
Fachgutachterin für
Einzelantragsverfahren

Arthritis Research UK,
Fachgutachterin für
Einzelantragsverfahren

Schiestel, T.

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

Sieber, V.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF),
Fachgutachter

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

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh),
Mitglied

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

Sternad, W.

HACH LANGE GmbH,
Kundenbeirat, Mitglied

Tovar, G. E. M.

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

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

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

Kolloid-Gesellschaft,
Mitglied

Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie,
Zweiter Sprecher;
Lenkungsreis

Fraunhofer-Zukunftsthema Biofunktionale Oberflächen,
Koordinator

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh),
Mitglied

NanoMAT,
Mitglied

Strategiekreis »Nanowelten«,
Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft,
Mitglied

Trösch, W.

Rumänisch-deutsche Stiftung »Aquademica«,
Mitglied

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

European Network Architecture ENA,
Mitglied

Fachverband Biogas,
Mitglied

Fraunhofer-Allianz SysWasser,
Sprecher

German Water Partnership,
Vorstand

Vohrer, U.

Deutsche Bunsengesellschaft (DBG),
Mitglied

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh),
Mitglied

Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG),
Mitglied

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

Forschungs-Allianz Kulturerbe (FALKE),
Gründungsmitglied

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik,
Gründungsmitglied

Hauptkommission der Fraunhofer-Gesellschaft,
Mitglied

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

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

Mitarbeit in Fachverbänden und Gremien

Walles, H.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF),
Fachgutachterin

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

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

Deutscher Ethikrat,
Mitglied

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

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

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

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

Europäische Union EU,
Gutachterin im 7. Forschungsrahmenprogramm

Gesundheitsforschungsrat des BMBF,
Medizintechnischer Ausschuss,
Mitglied

VDI-Fachausschuss »Nanotechnologie für die Medizintechnik«,
Mitglied

Weber, A.

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

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

Lehrtätigkeiten

Universität Stuttgart

Hansmann, J.; Elter, T.; Gröber, F.; Ludwig, D.; Seibert, A.; Tovar, G. E. M.; Biehler, S.

»Arbeitstechniken und Projektarbeit (Übungen)«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik
SS 2010 und WS 2010/11, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Oehr, C.
»Grundlagen der Grenzflächenverfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach
WS 2010/11, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Grenzflächenverfahrenstechnik I – Chemie und Physik der Grenzflächen«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach
SS 2010, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Grenzflächenverfahrenstechnik II – Technische Prozesse«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach
WS 2010/11, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Theoretische Grundlagen der Verfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik,
Bachelor Technische Biologie
SS 2010, 2 SWS

Hirth, T.
»Nachhaltige Rohstoffversorgung – Von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie«
Fachübergreifende Schlüsselqualifikation,
Master Verfahrenstechnik
SS 2010, 2 SWS

Hirth, T.
»Nachhaltige Rohstoffversorgung und Produktionsprozesse«
Master Verfahrenstechnik
WS 2010/11, 2 SWS

Hirth, T.
»Sustainable Production Processes«
Master WASTE
WS 2010/11, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Medizinische Verfahrenstechnik I«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau),
Diplom und Master Verfahrenstechnik,
Diplom Maschinenbau
SS 2010, 2 SWS

Hirth, T.; Rupp, S.; Tovar, G. E. M.
»Medizinische Verfahrenstechnik II«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau),
Diplom und Master Verfahrenstechnik,
Diplom Maschinenbau
WS 2010/11, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Praktikum zur Medizinischen Verfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik und Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik (Maschinenbau),
Diplom und Master Verfahrenstechnik,
Diplom Maschinenbau
SS 2010, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
»Exkursion Grenzflächenverfahrenstechnik«
Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach
SS 2010 und WS 2010/11, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M
»Praktikum Grenzflächenver-
fahrenstechnik«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach
SS 2010, 2 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M
»Grenzflächenverfahrens-
technisches Kolloquium«
Fachübergreifende Veranstaltung
SS 2010 und WS 2010/11, 1 SWS

Hirth, T.; Tovar, G. E. M
»Anleitung zu wissenschaft-
lichem Arbeiten«
Fachrichtung Verfahrenstechnik,
Chemie, Technische Biologie
SS 2010 und WS 2010/11

Hirth, T.; Tovar, G. E. M
»Mitarbeiter-Seminar für
DoktorandInnen und Diplo-
mandInnen«
Fachrichtung Verfahrenstechnik,
Chemie, Technische Biologie
SS 2010 und WS 2010/11, 1 SWS

Oehr, C.
»Plasmaverfahren für die
Dünnschicht-Technik«
Fakultät Energie-, Verfahrens-
und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik
SS 2010 und WS 2010/11, 2 SWS

Rupp, S.
Beiträge zum »Biochemischen
Praktikum für Technische
Biologen«
Fakultät Chemie,
Fachrichtung Biochemie
WS 2010/11, 8 SWS

Rupp, S.
Beiträge zum »Biochemischen
Forschungspraktikum für
Diplom-Chemiker«
Fakultät Chemie,
Fachrichtung Biochemie
WS 2010/11, 8 SWS

Rupp, S.
Beiträge zur Vorlesung
»Moderne Methoden in der
Biochemie«
Fakultät Chemie,
Fachrichtung Biochemie
SS 2010, 1 SWS

Rupp, S.
»Ausgewählte Kapitel der
modernen Biochemie«
Fakultät Chemie,
Fachrichtung Biochemie
SS 2010, 1 SWS

Rupp, S.
»Medizinische und molekulare
Diagnostik«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Fachrichtung Biochemie
WS 2010/11, 1 SWS

Tovar, G. E. M; Hirth, T.
»Nanotechnologie I –
Chemie und Physik der Nano-
materialien«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach
SS 2010, 2 SWS

Tovar, G. E. M; Hirth, T.
»Nanotechnologie II – Techni-
sche Prozesse und Anwendun-
gen für Nanomaterialien«
Fakultät Energie-,
Verfahrens- und Biotechnik,
Master Verfahrenstechnik,
Vertiefungsfach
WS 2010/11, 2 SWS

Tovar, G. E. M
»Produktgestaltung mit Nano-,
Bio- und Hybridmaterialien«
Fakultät Chemie, Diplom Chemie
SS 2010, 3 SWS

Tovar, G. E. M
»Biofunktionale Oberflächen –
Chemie, Struktur und
Funktionen«
Fakultät Chemie, Diplom Chemie
WS 2010/11, 2 SWS

Hochschule Hamm-Lippstadt

Bryniok, D.
Vorlesung
»Technische Mechanik I«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung
WS 2010/11, 2 SWS

Bryniok, D.
Übungen zur Vorlesung
»Technische Mechanik I«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung
WS 2010/11, 3 SWS

Bryniok, D.
Vorlesung »Projektmanage-
ment«
Energietechnik und
Ressourcenoptimierung
WS 2010/11, 1 SWS

Technische Universität München

Sieber, V.
»Grundstoffe und Werkstoffe
aus der Natur«
Fachrichtung Nachwachsende
Rohstoffe
WS 2010/11, 2 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung
»Bioraffinerie und Natur-
stofftechnologien«
Fachrichtung Nachwachsende
Rohstoffe
WS 2010/11, 4 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung
»Biokunststoffe und ihre
Herstellung«
Fachrichtung Nachwachsende
Rohstoffe
WS 2010/11, 4 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung
»Grundlagen Chemie«
Fachrichtung
Nachwachsende Rohstoffe
WS 2010/11, 2 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung
»Spezielle Biotechnologie«
Fachrichtung
Nachwachsende Rohstoffe
WS 2010/11, 2 SWS

Sieber, V.
»Einführung in die
Weiße Biotechnologie«
Fachrichtung
Nachwachsende Rohstoffe
SS 2010, 2 SWS

Sieber, V.
Beiträge zur Vorlesung
»Technologie und Verwertung
sonstiger biogener Rohstoffe«
Fachrichtung Forstwirtschaft
SS 2010, 5 SWS

Angegeben sind die
gesamten Semester-
wochenstunden (SWS)
der jeweiligen Lehr-
veranstaltung.

Lehrtätigkeiten

Universität Heidelberg BZH

Sohn, K.
**Beiträge zum Seminar und
 Praktikum »Nervensystem:
 Biochemische Analyse neuro-
 naler Proteine und Lipide«**
 Medizinische Fakultät,
 Fachrichtung Biochemie
 SS 2010, Seminar: 2 SWS,
 Praktikum: 6 SWS

Sohn, K.
**Beiträge zum Seminar
 und Praktikum »Leber und
 Harnstoff«**
 Medizinische Fakultät,
 Fachrichtung Biochemie
 WS 2010/11, Seminar: 2 SWS,
 Praktikum: 6 SWS

Universität Hohenheim

Kluger, P. J.
**Vorlesung
 »Tissue Engineering«**
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Bachelor Ernährungswissenschaft,
 Bachelor Biologie, Bachelor
 Technologie der Life Science
 SS 2010, 2 SWS

Kluger, P. J.
**Praktikum
 »Tissue Engineering«**
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Bachelor Ernährungswissenschaft,
 Bachelor Biologie, Bachelor
 Technologie der Life Science
 SS 2010, 2 SWS

Trösch, W.
**Beiträge zur Vorlesung
 »Wasser-, Abwasser- und
 Abfallbehandlung«**
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissen-
 schaft und Biotechnologie
 WS 2010/2011, 2 SWS

Trösch, W.
**»Angewandte Bioverfahrens-
 technik: Energie – Grundlagen
 und technische Beispiele«**
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissen-
 schaft und Biotechnologie
 SS 2010, 1 SWS

Trösch, W.
**Beiträge zur Vorlesung »Allge-
 meine Biotechnologie«**
 Naturwissenschaftliche Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissen-
 schaft und Biotechnologie
 WS 2010/2011, 2 SWS

Trösch, W.
**Beiträge zur Vorlesung
 »Biochemie für Technologen«**
 Naturwissenschaftliche
 Fakultät,
 Fachrichtung Lebensmittelwissen-
 schaft und Biotechnologie
 WS 2010/2011, 2 SWS

Universität Tübingen

Walles, H.
**Ringvorlesung »Aspekte
 der Regenerationsbiologie
 und -medizin«**
 Fachrichtung Medizin

Universität Würzburg

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

Angegeben sind die
**gesamten Semester-
 wochenstunden (SWS)
 der jeweiligen Lehr-
 veranstaltung.**

Wissenschaftliche Kooperationen

Mit Hochschulen

Aristotle University of
 Thessaloniki, Griechenland

Charles University, Prag,
 Tschechien

Comenius University, Bratislava,
 Slowakei

Cranfield University, Cranfield,
 UK

Eberhard Karls Universität
 Tübingen

Ernst-Moritz-Arndt-Universität
 Greifswald

Escola de Engenharia de
 Piracicaba (EEP), Brasilien

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

Katholieke Universiteit Leuven,
 Belgien

Kyoto University, Japan

Gottfried Wilhelm Leibniz
 Universität Hannover

Hochschule Hamm-Lippstadt

Julius-Maximilians-Universität
 Würzburg

Linnéuniversitetet, Kalmar,
 Schweden

Ludwig-Maximilians-Universität
 München

Lunds Universitet, Lund,
 Schweden

McGill University, Montreal,
 Kanada

Medizinische Hochschule
 Hannover MHH

Ruhr-Universität Bochum

Stanford University, USA

Stockholms Universitet,
 Stockholm, Schweden

Technische Universität Darmstadt

Technische Universität Dortmund

Technische Universität
 Kaiserslautern

Technische Universität München

Technische Universiteit
 Eindhoven, Niederlande

Tierärztliche Hochschule
 Hannover

Trinity College Dublin, Irland

Universidad Complutense de
 Madrid, Spanien

Universidad de Sevilla, Spanien

Universidade Metodista de
 Piracicaba (UNIMEP), Brasilien

Universita degli Studi di Bari,
 Italien

Universita degli Studi di Milano,
 Italien

Universita degli Studi di
 Milano-Bicocca, Italien

Universität Bremen

Martin-Luther-Universität Halle-
 Wittenberg

Universität Hamburg

Universität Heidelberg

Universität Hohenheim

Universität Innsbruck, Österreich

Universität Stuttgart

Universität Wien, Österreich

Université Paul Sabatier Toulouse III, Toulouse, Frankreich

Universitetet i Bergen, Bergen, Norwegen

University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, USA

University of Southern California (USC), Los Angeles, USA

University of Manchester, UK

University of Novi Sad, Novi Sad, Serbien

University of West Hungary, Sopron, Ungarn

Univerza v Mariboru, Maribor, Slowenien

Uppsala Universitet, Uppsala, Schweden

Mit anderen Forschungseinrichtungen

AIT – Austrian Institute of Technology, Wien, Österreich

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Carnot institute CIRIMAT, Toulouse, Frankreich

Centre de Recerca i Investigació de Catalunya CRIC, Barcelona, Spanien

Centre for Process Innovation CPI, Wilton, Redcar, UK

Centro tecnológica CARTIF, Valladolid, Spanien

Chemical Process Engineering Research Institute (CPERI), Thessaloniki, Griechenland

Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Heidelberg

Deutsches Zentrum für Biomaterialien und Organersatz, Stuttgart-Tübingen

Dr. Margarete Fischer-Bosch-Institut für Klinische Pharmakologie (IPK), Stuttgart

European Molecular Biology Laboratory EMBL, Heidelberg

Flanders Institute for Biotechnology (VIB), Belgien

Institut für Textilchemie und Chemiefasern ITCF, Denkendorf

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik ITV, Denkendorf

Institut Pasteur, Paris, Frankreich

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Leibniz-Institut für Katalyse e. V. (LIKAT), Rostock

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

Ludwig Institute for Cancer Research, Stockholm, Schweden

Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart

Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Golm

Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart

Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz

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

Nor-Tek Teknologisenter, Oslo, Norwegen

Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research Nofima, Oslo, Norwegen

Research & Development centre Re/genT, Helmond, Niederlande

Robert-Koch-Institut, Berlin

Teknologisk Institutt (TI), Oslo, Norwegen

Mit Kliniken

Blutspendezentrale, Katharinenhospital, Stuttgart

Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen, Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum

Katharinenhospital, Stuttgart

Klinik Charlottenhaus, Stuttgart

Klinik Schillerhöhe, Gerlingen

Klinikum Ludwigsburg

Olgahospital, Stuttgart

Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart

University Hospital Lausanne, Schweiz

Haukeland University Hospital, Norwegen

Universitätsklinikum Innsbruck, Österreich

Universitätsklinikum der RWTH Aachen

Universitätsklinikum Lübeck

Universitätsklinikum Tübingen

Universitätsklinikum Würzburg

Mit Museen

Bayerisches Hauptstaatsarchiv, München

Deutsches Bergbaumuseum, Bochum

Deutsches Museum, München

Deutsches Schifffahrtsmuseum, Bremerhaven

Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg

Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Rathgen-Forschungslabor, Berlin

Zentrum für Bucherhaltung, Leipzig

Hochschularbeiten

Doktorarbeiten

Barz, J. P.

Particle dynamics simulation and diagnostics of the PECVD processes in fluorocarbon rf discharges

Universität Stuttgart

Verlag Dr. Hut,

ISBN: 978-3-86853-467-2

Hansmann, J.

Induktion von Angiogenese *in vitro* durch modellbasierte Bioreaktortechnologie,

Universität Stuttgart

Fraunhofer Verlag,

ISBN: 978-3-8396-0113-6

Koch, S.

Evaluierung der Raman Spektroskopie für die marker- und zerstörungsfreie Qualitätskontrolle im Tissue Engineering,

Universität Stuttgart

Fraunhofer Verlag,

ISBN: 978-3-8396-0112-9

Röhm, M.

Charakterisierung einer Familie von Pry-Proteinen in *Candida albicans*,

Universität Stuttgart

Fraunhofer Verlag,

ISBN: 978-3-8396-0216-4

Roelofs, K. S.

Sulfonated poly(ether ether ketone) based membranes for direct ethanol fuel cells,

Universität Stuttgart

Fraunhofer Verlag,

ISBN: 978-3-8396-0122-8

Zavrel, M.

Characterization of *Candida albicans* genes involved in cell wall biogenesis and infection,

Universität Stuttgart

Zschoerper, P. N.

Oberflächenmodifizierung von Carbon Nanotubes mittels technischer Niederdruckplasmen

Universität Stuttgart

Verlag Dr. Hut,

ISBN: 978-3-86853-685-0

Staatsexamensarbeit für Lehramt an Gymnasien

Alle, M.

Parametrisierung mikroskopischer Niederschlag-Abflussmodelle mit hochauflösenden Fernerkundungsdaten,

Universität Tübingen

Diplomarbeiten

Falkner, V.

Amino- und Carboxyfunktionalisierung von Membranen mittels Niederdruckplasma und Einfluss der Oberflächenfunktionalisierung auf die Kultivierung primärer Keratinozyten und Fibroblasten,

Hochschule Mannheim

Fink, M.

Titel geschützt

Fachhochschule Stralsund

Göhler, S.

Charakterisierung und Evaluierung eines 3D Darmgewebemodells für die Anwendung von Resorptionsstudien an der intestinalen Barriere,

Fachhochschule

Gießen-Friedberg

Holzäpfel, T.

Extrazelluläre Metabolitanalyse und Untersuchungen zur RNA-Stabilisierung für die Expressionsanalyse von *Candida albicans* während der Wirt-Pathogen-Interaktion,

Universität Hohenheim

Kuhnt, A.

Entwicklung molekular geprägter Polymerpartikel gegen Substanzen mit endokriner Wirkung – am Beispiel von Bisphenol A,

Hochschule Aalen

Leitz, D.

Nährstoffrückgewinnung aus Abwasser – Betrieb und Parametrisierung eines kontinuierlichen Kristallisationsreaktors zur Gewinnung von Struvit als Düngemittel,

Naturwissenschaftlich-Technische Akademie Prof. Dr. Grübler

gemeinnützige GmbH, Isny

Mehne, F. M. P.

Klonierung AP1- und IRF-induzierbarer Reportergenplasmide und deren Analyse in einem zellbasierten PAMP-Testsystem,

Hochschule Darmstadt

Möller, Y.

Etablierung eines zellbasierten Reportergenassays zum Nachweis von Mikroorganismen,

Universität Stuttgart

Müller, L.

Elektrophoretische Abscheidung und Spin-Coating von Hydroxylapatit auf Gold- und Titan-Quarzmikrowaagen (QCM)-Sensoren

Universität Stuttgart

Neumüller, N.

Anaerobe biologische Behandlung von Reststoffen aus der Olivenölproduktion in einem Gaslift-Schlaufenreaktor

Hochschule Mannheim

Ranghieri, J.

Bestimmung von Einflussgrößen auf Magnesium- und Phosphatkonzentration bei kontinuierlicher Kristallisation von Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP),

Universität Stuttgart

Schobess, M.

Titel geschützt

Technische Universität Clausthal

Staudenmeyer, V. M.

Wassergewinnung aus Luftfeuchtigkeit – Planung, Aufbau und Inbetriebnahme einer Versuchsanlage,

Universität Stuttgart

Szczański, D.

Wirtsabwehrmechanismen während *Candida*-Infektionen,

Hochschule Darmstadt

Uhl, W.

Aufbau und Inbetriebnahme eines Versuchsaufbaus zu Wärmetransport und Speicherung mittels Zeolithen,

Hochschule Augsburg

Volkwein, W.

Titel geschützt

Naturwissenschaftlich-Technische Akademie Prof. Dr. Grübler

gemeinnützige GmbH, Isny

Vörös, C.

Herstellung synthetischer Hydrogele zum Aufbau dreidimensionaler Gewebeschichten,

Naturwissenschaftlich-Technische Akademie Prof. Dr. Grübler

gemeinnützige GmbH, Isny

Weihmüller, J.

Entwicklung eines Bioreaktors zur automatisierten Zellkultur,

Universität Stuttgart

Wurster, S.
Einfluss von Oberflächen-
chemie und Topographie auf
primäre humane mikrovas-
kuläre Endothelzellen,
Hochschule Mannheim

Wutzke, R.
Bestimmung von physikalischen
Parametern zur Kryokonser-
vierung von dreidimensionalen
humanen Hautäquivalenten,
Universität Stuttgart

Masterarbeiten

Haitz, F.
Prozessentwicklung zur Pro-
duktion von C5- und C6-Zu-
ckern als biobasierte Plattform-
chemikalien aus Lignocellulose,
Hochschule Offenburg

Haitz, T.
Anaerobe Behandlung von
Reststoffen aus der Olivenöl-
produktion in einem Gaslift-
Schlaufenreaktor
Hochschule Offenburg

Hinderer, S.
Standardisierung und Cha-
rakterisierung eines Systems
zur Untersuchung von Angio-
genese,
Universität Reutlingen

Kranzioch, I.
Titel geschützt
Hochschule Offenburg

Kußmaul, E.
Polyglycidolbasierte, syntheti-
sche Polymere zum Aufbau von
biokompatiblen Hydrogelen,
Hochschule Reutlingen

Miao, Y.
Titel geschützt
Technische Universität
Hamburg-Harburg

Ong, Y. Y.
Evaluation of process param-
eters for anodic oxidation of
a selected model substance in
water treatment,
Universität Stuttgart

Parajuly, K.
UV and UV/H₂O₂ treatment
of aqueous solution of organic
model compounds for the
evaluation of wastewater
treatment options,
Universität Stuttgart

Riegger, P.
Titel geschützt
Hochschule für Wirtschaft und
Umwelt Nürtingen-Geislingen

Schönhaar, V.
Untersuchung der Thiol-
En-Reaktion PEG-basierter
Polymere zum Aufbau bio-
kompatibler Hydrogele,
Hochschule Reutlingen

Bachelorarbeiten

Briem, M.
Derivatisierung von Heparin
zur Biofunktionalisierung von
Implantatoberflächen,
Hochschule Aalen

Franz, M.
Influence of ingredients on
baking performance and
colour stability of preserva-
tive-free choux pastry during
cool storage,
Hochschule Fulda

Giraldo, J. A.
Feasibility design and analysis
of a process for recovering oil
fractions in the exhaust vapors
from a microwave-assisted ex-
traction unit of drill cuttings,
Hochschule Bremerhaven

Gretzinger, S.
Herstellung Chitosan-
basierter partikulärer Pro-
teinformulierungen mittels
Sprühtrocknung,
Hochschule Biberach

Ilieva, V.
Abwasserbehandlung mit
elektrolytisch erzeugtem
Ozon,
Hochschule Furtwangen

Kempf, A.
Entwicklung eines Leber-
tumor-Modells in einer dyna-
mischen Bioreaktor-Kultur
unter Verwendung der Me-
lanomzelllinie MEL270 des
Aderhautmelanoms,
Hochschule Ulm

Kimyonsen, D.
Titel geschützt
Fachhochschule Südwestfalen,
Iserlohn

Kohlhammer, J.-D.
Anaerobe biologische Be-
handlung von Abwässern aus
der Olivenölproduktion
Hochschule Furtwangen

Lorenz, S.
Plattform für differentielle
NGS-Transkriptomanalysen
Universität Tübingen

Malsch, S.
Herstellung von Proteinschich-
ten auf planaren titanbe-
schichteten COP Folien und
Übertragung durch die Laser-
drucktechnik des Laser-Indu-
ced Forward Transfer,
Hochschule Mannheim

Reinhardt, U.
Fertigstellung und Inbetrieb-
nahme einer Pilotanlage zur
thermischen Aufkonzentrie-
rung von Prozessabwässern,
Hochschule Ansbach

Schneider, E.
Funktionelle Charakterisie-
rung von APSES-Proteinen
während der Morphogenese
und im Stickstoffmetabolismus
von *Candida sp.*,
Hochschule Furtwangen

Schwarz, J.
Aufbau und Erprobung
einer sandwich-type Kom-
posit-Membran mit molekular
geprägten Nanopartikeln
als Selektoren,
Universität Stuttgart

Stevens, P.
Experimentelle Annotation
der Transkriptionslandschaf-
ten von *Candida albicans* und
Candida dubliniensis
Universität Tübingen

Westermann, P.
Enzymatische Aufarbeitung
von Lignin und Ligninabbau-
produkten zur stofflichen Ver-
wertung von Lignocellulose,
Hochschule Furtwangen

Hochschularbeiten

Studienarbeiten

Behr, C.
Herstellung molekular geprägter Nanopartikel am Beispiel von Bisphenol A und Penicillin G als Zielmoleküle,
Fachhochschule Mannheim

Klechowitz, N.
Das Ablösen von Zellen mittels hochfrequentem Ultraschall,
Hochschule Niederrhein, Krefeld

Siegert, J.
Enzymatische Hydrolyse von Lignocellulose mit Hilfe kommerzieller Enzympräparate,
Technische Universität Bergakademie Freiberg

Praktikumsberichte

Brachvogel, H.-P.
Charakterisierung von Isolaten der Spezies *Lactobacillus brevis* bezüglich ihrer Eignung zur Produktion von Acetat,
Universität Konstanz

Bülow, K.
Screening und Charakterisierung von epoxidierenden Enzymen,
Universität Hohenheim

Heim, E. K.
Charakterisierung neuer antimykotischer Wirkstoffe in komplexen *in vitro* 3D-Epithelmodellen,
Universität Hohenheim

Lauschke, K.
Etablierung eines Vektorsystems, basierend auf dem linearen Phagen N15,
Hochschule Esslingen

Marschalleck, M.
Kopplung der Enzyme Laccase, Glucoseoxidase und Katalase auf Surfmernanopartikeln,
Hochschule Mannheim

Selbach, T.
Nachweis von Dicarbonsäuren bei Wildtyp Hefestämmen durch Inhibition der β -Oxidation,
Hochschule Esslingen

Veröffentlichungen

Beiträge in Büchern und Sammelwerken

Barz, J.; Müller, M.; Elkin, B.; Oehr, C.
Parylenbeschichtung polymerer Werkstoffe,
In: Eugen G. Leuze Verlag, 2010: Jahrbuch Oberflächentechnik, Band 66: S. 89-99
ISBN 978-3-87480-259-8

Bilbao, J.; Stoll, M. S.; Bryniok, D.; Egner, S.; Trösch, W.; Hirth, T.
Characterization and anaerobic digestion of olive-mill solid wastes,
In: Grafima publications, 2010: Proceedings of the 7th International Conference ORBIT 2010, S. 724-731
ISBN: 978-960-6865-28-2

Genov, S.; Thurow, I.; Riester, D.; Borchers, K.; Hirth, T.; Weber, A.; Tovar, G.
Dry native protein assays on 3D and 2D substrates by non-contact laser-induced-forward transfer LIFT process,
In: Nanotech 2010 Vol. 1, Nanotechnology 2010: Advanced Materials, CNTs, Particles, Films and Composites: S. 643-646
ISBN 978-1-4398-3401-5

Gose, T.; Weber, A.; Tovar, G.; Hirth, T.
Einsatz von LabVIEW zur Prozesssteuerung und Online-Prozessanalyse in der Nanopartikeltechnologie,
In: VDE Verlag, 2010: Virtuelle Instrumente in der Praxis 2010, Begleitband zum 15. VIP-Kongress: S. 17-20
ISBN 978-3-8007-3235-7

Güttler, S.; Refle, O.; Fulga, S.; Grzesiak, A.; Seifarth, C.; Stadler, V.; Speyerer, C.; Weber, A.
Electro photography ("laser printing") an efficient technology for biofabrication,
In: Digital Fabrication 2010. NIP 26, 26th International Conference on Digital Printing Technologies. Technical programs and proceedings: S. 567-570
ISBN: 978-0-89208-292-6

Oehr, C.
Plasmaverfahren zur Oberflächenbehandlung medizinischer Güter,
In: VDI Verlag GmbH, 2010: VDI-Tagungsband zur Fachtagung „Kunststoffe in der Medizintechnik 2010“, Bandnummer 4309: S. 161-170
ISBN 978-3-18-234309-7

Schreiber, T.; Niedergall, K.; Wojciukiewicz, D.; Gose, T.; Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Hirth, T.; Tovar, G.
NANOCYTES-Technology – Biomimetic nanoparticles for molecular recognition by molecular imprinting,
In: Nanotech 2010 Vol. 3, Nanotechnology 2010: Bio Sensors, Instruments, Medical, Environment and Energy: S. 242-245
ISBN 978-1-4398-3415-2

Stoll, M. S.; Campos, A.; Lao-peamthong, S.; Egner, S.; Hirth, T.
Manure treatment with superheated steam as part of integrated resource management,
In: Grafima publications, 2010: Proceedings of the 7th International Conference ORBIT 2010, S. 740-747
ISBN: 978-960-6865-28-2

**Beiträge in
Fachzeitschriften**

Appelt, A.; Jany, C.;
Heymer, A. (2010)
**Cell isolation from lung
tumour tissue,**
Euro Biotech News 9: 2-4

Bilbao, J.; Stoll, M. S.;
Egner, S. (2010)
Closing the nutrients cycle,
Water & Wastewater Treatment
53 (12): 20

Burger-Kentischer, A.; Abele, I. S.;
Finkelmeier, D.; Wiesmüller, K.-H.;
Rupp, S. (2010)
**A new cell-based innate im-
mune receptor assay for the
examination of receptor activ-
ity, ligand specificity, signal-
ling pathways and the detec-
tion of pyrogens,**
Journal of Immunological
Methods 358 (1-2): 10

Calderon, J.; Zavrel, M.; Ragni, E.;
Fonzi, W. A.; Rupp, S.; Popolo, L.
(2010)
**PHR1, a pH-regulated gene of
Candida albicans encoding a
glucan-remodelling enzyme, is
required for adhesion and in-
vasion,**
Microbiology 156 (Pt 8):
2484-2494

Czuprat, O.; Arnold, M.;
Schirrmeyer, S.; Schiestel, T.;
Caro, J. (2010)
**Influence of CO₂ on the
oxygen permeation perfor-
mance of perovskite-type
BaCo_xFe_yZr_zO_{3- δ} hollow
fiber membranes,**
Journal of Membrane Science
364 (1-2): 132-137

Czuprat, O.; Schiestel, T.;
Voss, H.; Caro, J. (2010)
**Oxidative coupling of meth-
ane in a BCFZ perovskite hol-
low fiber membrane reactor,**
Industrial & Engineering
Chemistry Research 49 (21):
10230-10236

Czuprat, O.; Werth, S.; Caro, J.;
Schiestel, T. (2010)
**Oxidative dehydrogenation
of propane in a perovskite
membrane reactor with multi-
step oxygen insertion,**
AIChE Journal 56 (9): 2390-2396

Deng, Z.; Nicolas, C. H.; Daramo-
la, M. O.; Sublet, J.; Schiestel, T.;
Burger, A. J.; Guo, Y.; Giroir-
Fendler, A.; Pera-Titus, M. (2010)
**Nanocomposite MFI-alumina
hollow fibre membranes pre-
pared via pore-plugging syn-
thesis: Influence of the porous
structure of hollow fibres on
the gas/vapour separation
performance,**
Journal of Membrane Science
364 (1-2): 1-8

Evseenko, D.; Zhu, Y.; Schenke-
Layland, K.; Kuo, J.; Latour, B.;
Ge, S.; Scholes, J.; Dravid, G.;
MacLellan, W. R.; Crooks, G. M.
(2010)
**Mapping the first stages of
mesoderm commitment dur-
ing differentiation of human
embryonic stem cells,**
Proceedings of the National
Academy of Sciences USA 107
(31): 13742-13747

Fritze, O.; Schleicher, M.; König,
K.; Schenke-Layland, K.; Stock,
U. A.; Harasztosi, C. (2010)
**Facilitated non-invasive visual-
ization of collagen and elastin
in blood vessels,**
Tissue Engineering Part C Meth-
ods 16 (4): 705-710

Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.;
Zibek, S. (2010)
**Mikroorganismen zur stoff-
lichen Nutzung von Stroh-
Hydrolysat,**
GIT Labor-Fachzeitschrift 54 (11):
852-854

Günther, M.; Zibek, S.; Hirth, T.;
Rupp, S. (2010)
**Mikrobielle Synthese von
Biotensiden**
BIOforum 2: 25-26

Günther, M.; Zibek, S.; Hirth, T.;
Rupp, S. (2010)
**Synthese und Optimierung
von Cellobioselipiden und
Mannosylerythrolipiden,**
Chemie Ingenieur Technik 82 (8):
1215-1221

Hartmann, S. C.; Kumar, Y.; Le-
muth, K.; Rohde, B.; Knabbe, C.;
Weile, J.; Bauser, C.; Hauser, N.
C.; Schöck, U.; Rupp, S. (2010)
**Schnelle molekulare Sepsis-
Diagnostik – Ein Biochip für
die schnelle Pathogenidentifi-
zierung und Resistenzcharak-
terisierung,**
GIT Labor-Fachzeitschrift 54 (11):
824-825

Jiang, H.; Cao, Z.; Schirrmeyer,
S.; Schiestel, T.; Caro, J. (2010)
**Gekoppelte Herstellung von
Wasserstoff und Ethylen in
einem Membranreaktor,**
Angewandte Chemie 122 (33):
5790-5794

Jiang, H.; Liang, F.; Czuprat, O.;
Efimov, K.; Feldhoff, A.; Schir-
rmeyer, S.; Schiestel, T.; Wang,
H.; Caro, J. (2010)
**Hydrogen production by water
dissociation in surface-modified
BaCo_xFe_yZr_{1-x-y}O_{3- δ} hollow-fiber
membrane reactor with impro-
ved oxygen permeation,**
Chemistry – A European Journal
16 (26): 7898-7903

Jiang, H.; Wang, H.; Liang, F.;
Werth, S.; Schirrmeyer, S.;
Schiestel, T.; Caro, J. (2010)
**Improved water dissociation
and nitrous oxide decomposi-
tion by *in situ* oxygen removal
in perovskite catalytic mem-
brane reactor,**
Catalysis Today 156 (3-4): 187-190

Kallenbach, K.; Sorrentino, S.;
Mertsching, H.; Kostin, S.; Pethig,
K.; Haverich, A.; Cebotari, S.
(2010)
**A novel small animal model
for accelerated investigation
of tissue-engineered aortic
valved conduits,**
Tissue Engineering Part C Meth-
ods 16 (1): 41-50

Kaufmann, M.; Walles, H. (2010)
Organe aus dem Automaten,
BIOforum 1: 18-19

Kluger, P.; Pretzsch, F. (2010)
**Mehr Strukturen für die
Zellkultur,**
GIT Labor-Fachzeitschrift 54 (11):
849-850

Kluger, P. J.; Wyrwa, R.;
Weisser, J.; Maierle, J.; Rode, C.;
Schnabelrauch, M.; Walles, H.;
Schenke-Layland, K. (2010)
**Electrospun poly(D/L-lactide-
co-L-lactide) hybrid matrix:
a novel scaffold material for
soft tissue engineering,**
Journal of Materials Science:
Materials in Medicine 21 (9):
2665-2671

Li, X.; Wu, K.; Edman, M.;
Schenke-Layland, K.; MacVeigh-
Aloni, M.; Janga, S. R.; Schulz, B.;
Hamm-Alvarez, S. (2010)
**Increased expression of ca-
thepsins and obesity-induced
pro-inflammatory cytokines in
lacrimal glands of male NOD
mouse,**
Investigative Ophthalmology &
Visual Science 51 (10):
5019-5029

Veröffentlichungen | Beiträge in Fachzeitschriften

- Liang, F.; Jiang, H.; Schiestel, T.; Caro, J. (2010)
High-purity oxygen production from air using perovskite hollow fiber membranes,
Industrial & Engineering Chemistry Research 49 (19): 9377-9384
- Lindemann, E.; Rohde, B.; Rupp, S.; Regenbogen, J.; Sohn, K. (2010)
A multidimensional electrophoretic system of separation for the analysis of gene expression (MESSAGE),
Electrophoresis 31 (8): 1330-1343
- Linke, B.; Blicher, M. (2010)
Niederdruckverdampfung von Industrieabwässern,
GIT Labor-Fachzeitschrift 54 (9): 668-670
- Lisy, M.; Pennecke, J.; Brockbank, K. G. M.; Fritze, O.; Schleicher, M.; Schenke-Layland, K.; Kaulitz, R.; Riemann, I.; Weber, C. N.; Braun, J.; Mueller, K. E.; Fend, F.; Scheunert, T.; Gruber, A. D.; Albes, J. M.; Huber, A. J.; Stock, U. A. (2010)
The performance of ice-free cryopreserved heart valve allografts in an orthotopic pulmonary sheep model,
Biomaterials 31 (20): 5306-5311
- Ludwig, D.; Amann, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2010)
Laccase-katalysierte Detoxifizierung von löslichen Lignin-abbauprodukten in vorbehandelten Lignocellulose-Hydrolysaten,
Chemie Ingenieur Technik 82 (8): 1183-1189
- Ludwig, D.; Amann, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2010)
Stoffliche Nutzung von Lignocellulose – Detoxifikation von Aufschlusslösungen mit immobilisierter Laccase,
GIT Labor-Fachzeitschrift 54 (10): 765-767
- Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. (2010)
Weizenstroh – Eine potentielle Rohstoffquelle für die chemische Industrie,
Chemie Ingenieur Technik 82 (9): 1597
- Nicolas, C. H.; Alshebani, A.; Pera-Titus, M.; Roumegoux, J. P.; Schiestel, T.; Miachon, S.; Dalmon, J. A. (2010)
On a membrane-based process for CO₂ capture from internal combustion vehicles,
Preprints of Symposia – American Chemical Society, Division of Fuel Chemistry 55 (1): 411-414
- Oehr, C. (2010)
Ressourcen- und Kosteneffizienz von Niederdruckplasmaprozessen,
Vakuum in Forschung und Praxis 22 (1): 6-13
- Pudlas, M.; Koch, S.; Bolwien, C.; Walles, H. (2010)
Raman spectroscopy as a tool for quality and sterility analysis for tissue engineering applications like cartilage transplants,
International Journal of Artificial Organs 33 (4): 228-237
- Pufky-Heinrich, D.; Weber, A. (2010)
Nanopartikel-Enzym-Konjugate für die Entwicklung von Biosensoren,
LaborPraxis 34 (April 2010): 22-24
- Roelofs, K. S.; Hirth, T.; Schiestel, T. (2010)
Sulfonated poly(ether ether ketone)-based silica nanocomposite membranes for direct ethanol fuel cells,
Journal of Membrane Science 346 (1): 215-226
- Roelofs, K. S.; Schiestel, T. (2010)
sPEEK based composite membranes for direct ethanol fuel cell applications,
Desalination 250 (3): 1051-1052
- Rupp, F.; Haupt, M.; Klostermann, H.; Kim, H.-S.; Eichler, M.; Peetsch, A.; Schneideler, L.; Doering, C.; Oehr, C.; Wendel, H. P.; Sinn, S.; Decker, E.; von Ohle, C.; Geis-Gerstorfer, J. (2010)
Multifunctional nature of UV-irradiated nanocrystalline anatase thin films for biomedical applications,
Acta Biomaterialica 6 (12): 4566-4577
- Rupp, S. (2010)
An approach to characterize the membrane proteome of *Candida albicans*,
Future Microbiology 5 (2): 147-151
- Schenke-Layland, K.; Xie, J.; Magnusson, M.; Angelis, E.; Li, X.; Wu, K.; Reinhardt, D. P.; MacLellan, W. R.; Hamm-Alvarez, S. F. (2010)
Lymphocytic infiltration leads to degradation of lacrimal gland extracellular matrix structures in NOD mice resembling Sjögren's syndrome-like exocrinopathy,
Experimental Eye Research 90 (2): 223-237
- Schleicher, M.; Sammler, G.; Schmauder, M.; Fritze, O.; Huber, A. J.; Schenke-Layland, K.; Ditze, G.; Stock, U. A. (2010)
Simplified pulse reactor for real-time long-term *in vitro* testing of biological heart valves,
Annals of Biomedical Engineering 38 (5): 1919-1927
- Stoll, S.; Bilbao, J.; Egner, S. (2010)
Nährstoff-Recycling als Schritt zur vollständigen Nutzung von Kulturpflanzen,
Umweltschutztechnik 8: 2
- Vohrer, U.; Oehr, C. (2010)
Ausrüstung von Textilien durch Niederdruck-Plasma-behandlung,
melliand Textilberichte – online Newsletter Dezember 2010: 1-10
- Votteler, M.; Kluger, P. J.; Walles, H.; Schenke-Layland, K. (2010)
Stem cell microenvironments – unveiling the secret of how stem cell fate is defined,
Macromolecular Bioscience 10 (11): 1302-1315
- Zhou, J.; Fritze, O.; Schleicher, M.; Wendel, H.-P.; Schenke-Layland, K.; Harasztosi, C.; Hu, S.; Stock, U. A. (2010)
Impact of heart valve decellularization on 3-D ultrastructure, immunogenicity and thrombogenicity,
Biomaterials 31 (9): 2549-2554

Poster

Alle, M.; Hochschild, V.; Trick, I.; Haller, B.
Analyse des urbanen Regenwasserertrags mit hochauflösenden Fernerkundungsdaten,
 22. AGIT Symposium: Symposium für Angewandte Geoinformatik, 7.-9. Juli 2010, Salzburg, Austria

Barz, J.; Baier, M.; Schmidt, M.; Haupt, M.; Oehr, C.
Coatings for permeation barriers and improved drain-off: from 2D to 3D substrates,
 PSE 2010: Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering, 13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen, Germany

Barz, J.; Lunk, A.; Oehr, C.
Plasma diagnostics and modeling of fluorocarbon discharges: gas phase and wall processes,
 Gordon Research Conference: Plasma Processing Science, 11.-16. Juli 2010, New London, USA

Borchers, K.; Plankalayil, J.; Weber, A.
Ink-jet printing of proteins and functional nanoparticles for automated biofunctionalization of surfaces,
 MSE 2010, 24.-26. August 2010, Darmstadt, Germany

Christel, J.; Hirth, T.; Schiestel, T.
Supported ionic liquid ceramic membranes for gas separation,
 3rd EuCheMS Chemistry Congress, 29. August - 2. September 2010, Nürnberg, Germany

Dally, I.
In vitro development of a vascularised tracheal patch to restore airway defects after resection,
 4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany

Genov, S.; Riestler, D.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Dry native proteins printed on 3D and 2D substrates by non-contact laser-induced-forward transfer (LIFT),
 12th Status Seminar Chip Technologies, Sequencing and Functional Genomics, 4.-5. Februar 2010, Frankfurt am Main, Germany

Genov, S.; Thurow, I.; Riestler, D.; Borchers, K.; Tovar, G.; Hirth, T.; Weber, A.
Dry native protein assays on nitrocellulose coated glass substrates by non-contact laser-induced-forward transfer process,
 Biosensors 2010: 20th Anniversary World Congress on Biosensors, 26.-28. Mai 2010, Glasgow, UK

Göhler, S.
Development of a dynamic intestinal tissue equivalent that enables the analysis of new drug candidates in vitro,
 4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany

Groeber, F. K.; Hansmann, J.; Kaufmann, M.; Walles, H.
Development of a vascularised skin equivalent,
 4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany

Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Screening for microorganisms for the synthesis of acetic acid and lactic acid out of wheat straw hydrolysate at low pH,
 In: Tagungsband, S. 104; ProcessNet-Symposium: Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Chemie, Biotechnologie, Verfahrenstechnik, 20.-21. Januar 2010, Frankfurt am Main, Germany

Gronen, A.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Identification of qualified microorganisms for the usage of wheat straw hydrolysate for the synthesis of acetic acid and lactic acid,
 In: Book of abstracts, S. 84; RRB6: 6th International Conference on Renewable Resources and Biorefineries, 7.-9. Juni 2010, Düsseldorf, Germany

Guenther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Selective synthesis and tailoring of glycolipid biosurfactants,
 In: Tagungsband, S. 79; ProcessNet-Symposium: Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Chemie, Biotechnologie, Verfahrenstechnik, 20.-21. Januar 2010, Frankfurt am Main, Germany

Guenther, M.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Production and optimization of cellobiose lipids and mannosylerythritol lipids,
 In: Book of abstracts, S. 132; RRB6: 6th International Conference on Renewable Resources and Biorefineries, 7.-9. Juni 2010, Düsseldorf, Germany

Haller, B.; Trick, I.; Trösch, W.; Hirth, T.
Flächenhafte Verteilung von aufbereitetem Abwasser: Eignungsbewertung mittels multikriterieller Entscheidungsanalyse,
 22. AGIT Symposium: Symposium für Angewandte Geoinformatik, 7.-9. Juli 2010, Salzburg, Austria

Haller, B.; Trick, I.; Trösch, W.; Hirth, T.
Spatial decision support for water reuse on a regional scale contributing to a sustainable water and wastewater management,
 IWRM: Integrated Water Resources Management 2010, 24.-25. November 2010, Karlsruhe, Germany

Haupt, M.; Bergrath, B.; Bachmann, R.; Wemhöner, J.; Hilgers, H.; Rullich, M.; Weiss, V.
Plasma functionalization of ceramic surfaces to enhance tribological properties of ball and roller bearings,
 PSE 2010: Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering, 13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen, Germany

Haupt, M.; Jung, S.; Weiss, V.; Rullich, M.; Koehler, C.; Frauenheim, T.; Barz, J.
Plasma functionalization of multi-scale structured surfaces to control the formation of ice crystals,
 PSE 2010: Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering 2010, 13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen, Germany

Veröffentlichungen | Poster

- Haupt, M.; Kindle-Hasse, B.; Barz, J.; Oehr, C.; Beß, M.; Knes, R.; Hilgers, H.; Siefert, W. **Plasma functionalization of foils and technical textiles with specific tunable wetting behavior**, PSE 2010: Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering, 13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen, Germany
- Heymer, A.; Maierle, J.; Kluger, P.; Walles, H. **Impact of plasma-functionalized substrates on the behaviour of musculoskeletal cells**, In: *BIOmaterialien 11 (S1)*, S. 41; *Biomaterials 2010: 12th International and Interdisciplinary NRW Symposium*, 16.-18. März 2010, Essen, Germany
- Hiller, E.; Dörflinger, M.; Stevens, R.; Marcet-Houben, M.; Gabaldon, T.; Schwarzmüller, T.; Kuchler, K.; Rupp, S. **Comprehensive gene deletion study to identify cell wall organisation and structure in *Candida glabrata***, The Joint Annual Seminar on the Projects of the 1st and 2nd calls of the ERA-NET PathoGenoMics, 18.-19. Januar 2010, Teneriffa, Spain
- Hiller, E.; Dörflinger, M.; Stevens, R.; Marcet-Houben, M.; Gabaldon, T.; Schwarzmüller, T.; Kuchler, K.; Rupp, S. **Comprehensive gene deletion study to identify cell wall organisation and structure in *Candida glabrata***, IFO-SFI: Interdisciplinary Forum on Superficial Fungal Infections, 11.-13. Oktober 2010, Jena, Germany
- Hinderer, S.; Novosel, E.; Hansmann, J.; Kluger, P.; Walles, H. **Angiogenetic structures in a 3-dimensional dynamic cultivation system**, 4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Hoch, E.; Engelhardt, S.; Pufky-Heinrich, D.; Kluger, P.; Hirth, T.; Tovar, G.; Borchers, K. **Evaluation of gelatin-based cell substrates and 3D microstructuring by multiphoton polymerization**, 23rd European Conference on Biomaterials ESB2010, 11.-15. September 2010, Tampere, Finland
- Hoch, E.; Engelhardt, S.; Schuh, C. A.; Pufky-Heinrich, D.; Kluger, P. J.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.; Borchers, K. **Photocrosslinking and 3D microstructuring of gelatin for the generation of substrates for artificial cartilage**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 18.-20. November 2010, Heilbad Heiligenstadt, Germany
- Huf, S.; Wagner, W.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S. **Production of α,ω -dicarboxylic acids via biotransformation of fatty acids by the use of *Candida tropicalis***, In: Tagungsband, S. 106; *ProcessNet-Symposium: Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Chemie, Biotechnologie, Verfahrenstechnik*, 20.-21. Januar 2010, Frankfurt am Main, Germany
- Huf, S.; Wagner, W.; Hirth, T.; Zibek, S.; Rupp, S. **Identification of yeast strains for the synthesis of α,ω -dicarboxylic acids**, In: *Book of Abstracts*, S. 186; *ISBP 2010: International Symposium on Biopolymers*, 3.-7. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Keller, P.; Burger-Kentscher, A.; Finkemeier, D.; Kleymann, G.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Rupp, S. **Identification of novel antifungal compounds using a HTS activity-selectivity assay**, In: *Abstractband*, S. 85; 3. gemeinsame Jahrestagung von DGHM und VAAM, 28.-31. März 2010, Hannover, Germany
- Keller, P.; Burger-Kentscher, A.; Finkemeier, D.; Kleymann, G.; Wiesmüller, K.-H.; Lemuth, K.; Hiller, E.; Rupp, S. **Identification of novel antifungal compounds using a HTS activity-selectivity assay**, *EMBO Conference Series: Chemical Biology 2010*, 22.-25. September 2010, Heidelberg, Germany
- Kleinhans, C.; Kluger, P.; Müller, M.; Walles, H.; Hirth, T. **Einfluss plasmafunktionalisierter Biomaterialien auf das Adhäsions- und Proliferationsverhalten mesenchymaler Stammzellen**, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 18.-20. November 2010, Heilbad Heiligenstadt, Germany
- Kleinhans, C.; Kluger, P.; Wuster, S.; Müller, M.; Walles, H.; Hirth, T. **Impact of new functionalized biomaterials on the adhesion and proliferation of human mesenchymal stem cells**, 4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Krügenger, S.; Hirth, T.; Zibek, S.; Rupp, S. **Expression of codon optimized *Bacillus cereus* Phospholipase C in *Kluyveromyces lactis***, In: *Book of Abstracts*, S. 55; *Biotrends 2010: New biotrends in green chemistry*, 1.-2. Dezember 2010, Dortmund, Germany
- Lemuth, K.; Mai, M.; Keller, P.; Zelt, G.; Knabbe, C.; Weile, J.; Rupp, S. **High-level azole-resistance in a clinical *Candida albicans* isolate**, 10th ASM Conference on *Candida* and *Candidiasis*, 22.-26. März 2010, Miami, Florida, USA
- Linke, K. **GMP conform manufacturing process of an autologous melanocyte graft**, 4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany

Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Biotechnological process development for the production of C5 and C6 sugars as bio-based building blocks from lignocellulose,
In: Tagungsband, S. 74;
ProcessNet-Symposium:
Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Chemie, Biotechnologie, Verfahrenstechnik, 20.-21. Januar 2010, Frankfurt am Main, Germany

Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Wheat straw – making a natural carbon source accessible for industry,
In: Book of abstracts, S. 131;
RRB6: 6th International Conference on Renewable Resources and Biorefineries, 7.-9. Juni 2010, Düsseldorf, Germany

Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Wheat straw – making a natural carbon source accessible for industry,
In: Proceedings, S. 285;
European workshop on lignocellulosics and pulp, 16.-19. August 2010, Hamburg, Germany

Ludwig, D.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Wheat straw – a potential substrate for lignocellulose biorefineries,
ProcessNet-Jahrestagung 2010 und 28. Jahrestagung der Biotechnologen, 21.-23. September 2010, Aachen, Germany

Mai, M. K.; Gfell, M.; Hartmann, S. C.; Lemuth, K.; Hauser, N. C.; Rupp, S.
Application of on-chip minisequencing for the identification of resistance-associated mutations,
12th Status Seminar Chip Technologies, Sequencing and Functional Genomics, 4.-5. Februar 2010, Frankfurt am Main, Germany

Moß, K.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
New chitinolytic organisms for the degradation of chitin to N-acetylglucosamine,
In: Book of abstracts, S. 109;
RRB6: 6th International Conference on Renewable Resources and Biorefineries, 7.-9. Juni 2010, Düsseldorf, Germany

Niedergall, K.; Kuhnt, A.; Tovar, G. E. M.; Hirth, T.
Molecularly imprinted nanospheres by miniemulsion polymerization for the recognition of endocrine disrupting compounds,
MIP 2010: The 6th International Conference on Molecular Imprinting, 9.-12. August 2010, New Orleans, USA

Niedergall, K.; Kuhnt, A.; Tovar, G. E. M.; Hirth, T.
Molecularly imprinted nanospheres by miniemulsion polymerization for the recognition of endocrine disrupting compounds,
Nano4water cluster workshop: Nanotechnology Meets Water Treatment, 26. Oktober 2010, Aachen, Germany

Novosel, E. C.; Klechowicz, N.; Meyer, W.; Wegener, M.; Krüger, H.; Borchers, K.; Tovar, G. E. M.; Kluger, P.; Walles, H.; Hirth, T.
Covalent heparin immobilization on new developed 3D-printable biomaterials,
4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany

Novosel, E. C.; Klechowicz, N.; Meyer, W.; Wegener, M.; Krüger, H.; Borchers, K.; Tovar, G.; Kluger, P.; Walles, H.; Hirth, T.
Charakterisierung des Zellverhaltens primärer humaner Endothelzellen auf neu entwickelten 3D-verdrückbaren Biopolymeren,
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 18.-20. November 2010, Heilbad Heiligenstadt, Germany

Novosel, E. C.; Meyer, W.; Wegener, M.; Krüger, H.; Borchers, K.; Tovar, G.; Kluger, P.; Walles, H.; Hirth, T.
Evaluation of primary endothelial cells cultured on newly developed 3D-printable polymer surfaces,
23rd European Conference on Biomaterials ESB2010, 11.-15. September 2010, Tampere, Finland

Novosel, E. C.; Meyer, W.; Wegener, M.; Krüger, H.; Borchers, K.; Tovar, G.; Kluger, P.; Walles, H.; Hirth, T.
Characterization of endothelial cell-biomaterial interaction on newly developed 3D-printable polymer surfaces for vascular grafts,
4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany

Nsair, A.; Schenke-Layland, K.; van Handel, B.; Mikkola, H. K.; MacLellan, W. R.
Novel cell surface markers to identify and isolate endogenous or induced pluripotent stem cell-derived human cardiovascular progenitor cells,
American Heart Association Scientific Sessions 2010, 13.-17. November 2010, Chicago, USA

Olsson, G. D.; Karlsson, B. C. G.; Niedergall, K.; Kuhnt, A.; Hirth, T.; Tovar, G.; Nicholls, I. A.
Molecular dynamics simulations of a miniemulsion MIP prepolymerization system: novel insights into the basis for polymer-template/ligand interaction,
MIP 2010: The 6th International Conference on Molecular Imprinting, 9.-12. August 2010, New Orleans, USA

Olsson, G. D.; Karlsson, B. C. G.; Niedergall, K.; Kuhnt, A.; Hirth, T.; Tovar, G.; Nicholls, I. A.
Molecular dynamics simulations of a miniemulsion MIP prepolymerization system: novel insights into the basis for polymer-template/ligand interaction,
Nano4water cluster workshop: Nanotechnology Meets Water Treatment, 26. Oktober 2010, Aachen, Germany

Pudlas, M.; Koch, S.; Bolwien, C.; Walles, H.; Schenke-Layland, K.
Raman spectroscopy – a non-invasive technology for the characterization of human skin cells,
5th Workshop on Advanced Multiphoton and Fluorescence Lifetime Imaging Techniques FLIM 2010, 14.-16. Juni 2010, Saarbrücken, Germany

Veröffentlichungen | Poster

- Pudlas, M.; Schrobback, K.; Rintoul, L.; Hutmacher, D.; Hirth, T.; Walles, H.; Klein, T.
Zonal characteristics of articular cartilage and chondrocytes by Raman microspectroscopy,
Australian Health and Medical Research Congress (AHMRC), 14.-18. November 2010, Melbourne, Australia
- Purschke, F.; Burger-Kentscher, A.; Rupp, S.; Trick, I.; Hirth, T.
Communication in biofilms between different species: *Candida albicans* and *Pseudomonas aeruginosa*,
In: Abstractband, S. 63;
3. gemeinsame Jahrestagung von DGHM und VAAM, 28.-31. März 2010, Hannover, Germany
- Purschke, F.; Burger-Kentscher, A.; Trick, I.; Rupp, S.; Hirth, T.
Development of fluorescent reporter strains to analyse biofilms,
Biofilms4 International Conference, 1.-3. September 2010, Winchester, UK
- Pusch, J.
GMP konforme Herstellung eines Melanozytentransplantates,
126. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e.V., 18.-21. September 2010, Dresden, Germany
- Pusch, J.
GMP conform manufacturing process of an autologous melanocyte graft,
Fraunhofer Life Sciences Symposium, 29.-30. Oktober 2010, Leipzig, Germany
- Roelofs, K. S.; Hänel, C.; Walitza, E.; Hirth, T.; Schiestel, T.
Generating power utilizing PRO-membranes with a hierarchical structure,
13. Aachener Membran Kolloquium, 27.-28. Oktober 2010, Aachen, Germany
- Roelofs, K. S.; Samdani, S.; Bochert, C.; Hirth, T.; Schiestel, T.
Hydrophobic membranes for biofuel processing,
13. Aachener Membran Kolloquium, 27.-28. Oktober 2010, Aachen, Germany
- Schenke-Layland, K.
Niche microenvironments as blueprint for tissue engineering applications,
5th Cardiovascular Healing Symposium, 10. Juli 2010, Würzburg, Germany
- Schenke-Layland, K.; Nsair, A.; van Handel, B.; Mikkola, H. K.; MacLellan, W. R.
Niche microenvironment as blueprint for tissue engineering applications,
Weinstein Cardiovascular Development Conference 2010, 20.-22. Mai 2010, Amsterdam, Netherlands
- Schreiber, T.; Riegler, J.; Gruber-Traub, C.; Hirth, T.; Tovar, G.
Geprägte Polymernanopartikel zur molekularen Wiedererkennung von Wirkstoffen,
Makromolekulares Kolloquium, 25.-27. Februar 2010, Freiburg, Germany
- Schuh, C.; Pufky-Heinrich, D.; Schönhaar, V.; Dettling, M.; Kaufmann, M.; Walles, H.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
PEG-based hydrogels as matrix for synthetic tissue: swelling and behavior during degradation,
3rd EuCheMS Chemistry Congress, 30. August - 2. September 2010, Nürnberg, Germany
- Seibert, A.; Kimyonsen, D.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.; Trösch, W.
Process development for the production of omega-3-eicosapentaenoic acid (EPA) as dietary supplement from microalgae,
8th European Workshop Biotechnology of Microalgae, 7.-10. Juni 2010 Nuthetal, Germany
- Seibert, A.; Kimyonsen, D.; Unkelbach, G.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.; Trösch, W.
Enzymatic production of EPA-ethylesters from microalgae with supercritical fluids,
28. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, 21.-23. September 2010, Aachen, Germany
- Seibert, A.; Mathias, J.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.; Trösch, W.
Process development for the production of omega-3-eicosapentaenoic acid (EPA) as dietary supplement from microalgae,
ProcessNet-Symposium: Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Chemie, Biotechnologie, Verfahrenstechnik, 20.-21. Januar 2010, Frankfurt am Main, Germany
- Seibert, A.; Unkelbach, G.; Schmid-Staiger, U.; Hirth, T.; Trösch, W.
Enzymatic production of eicosapentaenoic acid (EPA) ethyl esters from microalgae with supercritical fluids,
Green Solvents for Synthesis Conference, 10.-13. Oktober 2010, Berchtesgaden, Germany
- Southan, A.; Pufky-Heinrich, D.; Schuh, C.; Dettling, M.; Schönhaar, V.; Schumacher, A.; Thude, S.; Kaufmann, M.; Walles, H.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
PEG based polymers for the development of synthetic tissue matrices,
23rd European Conference on Biomaterials ESB2010, 11.-15. September 2010, Tampere, Finland
- Southan, A.; Schuh, C.; Pufky-Heinrich, D.; Dettling, M.; Schönhaar, V.; Schumacher, A.; Thude, S.; Kaufmann, M.; Walles, H.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Synthetic tissue matrices formed by PEG-based polymers under physiological conditions,
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 18.-20. November 2010, Heilbad Heiligenstadt, Germany
- Tordy, D. M.
In vitro culture of native jejunal segments for use as 3D intestinal testing system,
4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany

Veröffentlichungen | Poster und Vorträge

Tovar, G.

Design and production of biofunctional surfaces based on hierarchically structured nanomaterials and printing processes,

In: Abstract-Guide, Session: Bio Material Interfaces, PP11.20, 2010 MRS Fall Meeting, 29. November - 3. Dezember 2010, Boston, USA

Weber, C. G.; Burger-Kentischer, A.; Müller, M.; Trick, I.; Hirth, T.
Immobilization of N-acylhomoserine lactone lactonase AiiA and its influence on *Escherichia coli* biofilm formation,
Biofilms4 International Conference, 1.-3. September 2010, Winchester, UK

Weishaupt, S. U.; Martinez, R.; Hoheisel, J. D.; Thorns, C.; Merz, H.; Lemuth, K.; Rupp, S.; Hauser, N. C.
Improved sub-classification of aggressive B-cell lymphoma by integrated genomic profiling based on a universal array platform,
12th Status Seminar Chip Technologies, Sequencing and Functional Genomics, 4.-5. Februar 2010, Frankfurt am Main, Germany

Wojciukiewicz, D.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Synthetic nanoscaled receptors for specific recognition of peptides,
Workshop Engineering of Functional Interfaces, 15.-16. Juli 2010, Marburg, Germany

Wojciukiewicz, D.; Riegler, J.; Hirth, T.; Tovar, G.
Nanoscaled molecularly imprinted polymers (NanoMIPs) for specific recognition of amino acids via inverse miniemulsion polymerisation,
10th European Symposium on Polymer Blends, 7.-10. März 2010, Dresden, Germany

Zavrel, M.
Cell wall structure of *Candida albicans* is dependent on Efg1,
IFO-SFI: Interdisciplinary Forum on Superficial Fungal Infections, 11.-13. Oktober 2010, Jena, Germany

Vorträge

Alle, M.; Haller, B.; Trick, I.; Hochschild, V.
Parametrisierung mikroskaliger Niederschlag-Abflussmodelle mit hochauflösenden Fernerkundungsdaten,
Jahrestagung des Arbeitskreises Fernerkundung, 7.-8. Oktober 2010, Heidelberg, Germany

Barz, J.; Lunk, A.; Oehr, C.
Radical kinetics in low-pressure fluorocarbon plasmas: experiments and modeling,
PSE 2010: Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering, 13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen, Germany

Bilbao, J.; Stoll, M. S.; Bryniok, D.; Egner, S.; Trösch, W.; Hirth, T.
Characterization and anaerobic digestion of olive-mill solid wastes,
ORBIT 2010: Organic Resources in the Carbon Economy, 29. Juni - 3. Juli 2010, Heraklion Kreta, Greece

Blicker, M.
Sorptive water production from air humidity – decentralised water production in arid regions,
Forum der Fraunhofer-Allianz SysWasser: Forschung für die Wassernutzung von morgen, IFAT Entsorgung 2010, 13.-17. September 2010, München, Germany

Bolwien, C.; Erhardt, C.; Sulz, G.; Thielecke, H.; Johann, R.; Pudlas, M.; Walles, H.; Koch, S.
A system for the rapid detection of bacterial contamination in cell-based therapeutics,
BIOS 2010, part of SPIE Photonics West, 23.-28. Januar 2010, San Francisco, USA

Borchers, K.
Regio-selektive Biofunktionalisierung von Oberflächen: Ink-jet Drucktechnik, LIFT (laser-induced forward transfer), Niederdruck-Plasmaverfahren,
EFDS-Workshop: Funktionelle Oberflächen in der Bio- und Medizintechnik, 12. Oktober 2010, Dresden, Germany

Borchers, K.; Hoch, E.; Kluger, P. J.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Galactose-functionalized surfaces for selective cultivation of primary human keratinocytes,
23rd European Conference on Biomaterials ESB2010, 11.-15. September 2010, Tampere, Finland

Czuprat, O.; Werth, S.; Schirrmeister, S.; Schiestel, T.; Caro, J.
Olefin production by a multi-step oxidative dehydrogenation in a novel perovskite hollow fiber membrane reactor,
43. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, 10.-12. März 2010, Weimar, Germany

Groeber, F. K.; Hansmann, J.; Kaufmann, M.; Walles, H.
Development of a vascularised skin equivalent for adsorption testing,
DECHEMA-Tagung: Skin *in Vitro* 2010, 8. Juni 2010, Frankfurt am Main, Germany

Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Hirth, T.; Tovar, G. E. M.
Biomimetic particles: concept, design and applications in biotechnology and biomedicine,
Particles 2010, 22.-25. Mai 2010, Orlando, USA

Veröffentlichungen | Vorträge

- Güttler, S.; Refle, O.; Fulga, S.; Grzesiak, A.; Seifarth, C.; Stadler, V.; Speyerer, C.; Weber, A. **Electro photography ("laser printing") an efficient technology for biofabrication**, NIP26: International Conference on Digital Printing Technologies and Digital Fabrication 2010, 24.-28. September 2010, Austin, USA
- Hartmann, S. C. **Rapid molecular sepsis diagnostics via DNA-microarrays**, Intensive Workshop: Joint Research Center of Pusan National University (Korea) and Fraunhofer IGB, 10. Juni 2010, Busan, South Korea
- Haupt, M. **Plasmatechnik in der Kunststoff-Oberflächenbeschichtung und -modifizierung**, OTTI-Fachforum: Vorbehandeln und Beschichten von Kunststoffoberflächen, 6.-7. September 2010, Regensburg, Germany
- Hiller, E.; Dörflinger, M.; Stevens, R.; Marcet-Houben, M.; Gabaldon, T.; Schwarzmüller, T.; Kuchler, K.; Rupp, S. **Comprehensive gene deletion study to identify cell wall organisation and structure in *Candida glabrata***, The Joint Annual Seminar on the Projects of the 1st and 2nd calls of the ERA-NET PathoGenoMics, 18.-19. Januar 2010, Teneriffa, Spain
- Hiller, E.; Dörflinger, M.; Stevens, R.; Marcet-Houben, M.; Gabaldon, T.; Schwarzmüller, T.; Kuchler, K.; Rupp, S. **Comprehensive gene deletion study to identify cell wall organisation and structure in *Candida glabrata***, 10th ASM Conference on *Candida* and *Candidiasis*, 22.-26. März 2010, Miami, USA
- Hirth, T. **Mit regenerativen Rohstoffen dem Wandel begegnen?**, Kolloquium der IHK Frankfurt am Main, GDCh, DECHEMA, DGMK und des VCI: Rohstoffbasis im Wandel, 11. Januar 2010, Frankfurt am Main, Germany
- Hirth, T. **Integration of biotechnological and chemical processes for the synthesis of bio-based products**, Bio^M WB-Workshop: Lighthouses of Sustainability – European Concepts for Competitive Bio-based Chemicals, 3. Februar 2010, Brüssel, Belgium
- Hirth, T. **Die Natur als chemische Fabrik**, Symposium: Industrie trifft Schule, 17. März 2010, Esslingen, Germany
- Hirth, T. **Mit regenerativen Rohstoffen dem Wandel begegnen?**, 3. Arena für Nachhaltigkeit, 16. April 2010, Zeulenroda, Germany
- Hirth, T. **Mit regenerativen Rohstoffen dem Wandel begegnen?**, Frühjahresveranstaltung der DGMK Bezirksgruppe Oberrhein, BASF, 29. April 2010, Ludwigshafen, Germany
- Hirth, T. **Rohstoffwandel – Von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie**, Uhde FuE-Tagung: Fossile und nachwachsende Rohstoffe – Verbündete im Megatrend, 5. Mai 2010, Dortmund, Germany
- Hirth, T. **Mit regenerativen Rohstoffen dem Wandel begegnen – Von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie?**, Leibniz-Zentrum für Agrarlandwirtschaftsforschung (ZALF) e. V., 9. Juni 2010, Müncheberg, Germany
- Hirth, T. **Mit nachwachsenden Rohstoffen dem Wandel begegnen – Von der Erdölraffinerie zur Bioraffinerie**, Forum Biotechnologie 2010: Innovation und Bioökonomie, 23. September 2010, Stuttgart, Germany
- Hirth, T. **Polymers based on renewable materials – resource, processes and products**, ISBP 2010: International Symposium on Biopolymers, 5. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Hirth, T. **Bioökonomie – Der Beitrag der Biotechnologie zu Innovation und Klimaschutz**, Technologiepolitischer Dialog: Biotechnologie – Innovation und Nachhaltigkeit für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe, 1. November 2010, Potsdam, Germany
- Hirth, T. **Nachwachsende Rohstoffe**, Regionaler Lehrerkongress 2010: Dialog Schule – Chemie, 10. November 2010, Filderstadt, Germany
- Hirth, T. **Vom Rohstoff zum Biopolymer durch Integration von Biotechnologie und Chemie**, 2. Kooperationsforum Biopolymere, 11. November 2010, Straubing, Germany
- Hirth, T. **Bioökonomie – der Beitrag der industriellen Biotechnologie zu Innovation, Rohstoffwandel und Klimaschutz aus Sicht der Wissenschaft**, Industrielle Biotechnologie in Deutschland – Impulsgeber für die nachhaltige Bioökonomie, 24. November 2010, Berlin, Germany
- Hirth, T. **Mit nachwachsenden Rohstoffen dem Rohstoffwandel begegnen**, BMELV-Projekttag: Stoffliche Biomassennutzung, 15. Dezember 2010, Berlin, Germany
- Hirth, T.; Andrees, I. **Die Bedeutung europäischer Projekte in der Strategie eines Fraunhofer-Instituts**, Erfahrungsaustausch zum 7. EU-Forschungsrahmenprogramm, 4. Februar 2010, Bonn, Germany
- Hirth, T.; Wolperdinger, M. **Chemisch-biotechnologische Prozesse für die Herstellung von biobasierten Produkten – Vom Labor bis zur industriellen Umsetzung**, ProcessNet-Jahrestagung 2010, 22. September 2010, Aachen, Germany

- Hirth, T.; Wolperdinger, M.; Patzsch, K.
Entwicklung und Perspektiven des Chemisch-Biotechnologischen Prozesszentrums Leuna (CBP),
Standortmesse Leuna-Dialog, 6. Mai 2010, Leuna, Germany
- Huf, S.; Carrillo Riveros, P. A.; Wagner, W.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Biotechnological production of long chain α,ω -dicarboxylic acids and epoxy derivatives from plant oil,
Frontiers In Biorefining: Biobased Products from Renewable Carbon, 19.-22. Oktober 2010, Georgia, USA
- Huf, S.; Wagner, W.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Optimization of 1,18-octadecenedioic acid synthesis via biotransformation by the use of *Candida tropicalis*,
3rd Workshop on Fats and Oils as Renewable Feedstock for the Chemical Industry, 14.-16. März 2010, Emden, Germany
- Huf, S.; Wagner, W.; Hirth, T.; Rupp, S.; Zibek, S.
Production of alpha-, omega-dicarboxylic acids via biotransformation of fatty acids by the use of *Candida tropicalis*,
In: Tagungsband, S. 64, RRB6: 6th International Conference on Renewable Resources and Biorefinerie, 7.-9. Juni 2010, Düsseldorf, Germany
- Kluger, P.; Pretzsch, F.; Büth, H.; Novosel, E.; Maierle, J.; Wenzel, C.; Walles, H.
Development of high volume producible nano- and microstructured surfaces,
4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Kluger, P. J.; Pretzsch, F.; Maierle, J.; Wuster, S.; Büth, H.; Wenzel, C.; Brecher, C.; Walles, H.
New high volume manufacturing of nano- and microstructured screening substrates,
23rd European Conference on Biomaterials ESB2010, 11.-15. September 2010, Tampere, Finland
- Kluger, P.; Wuster, S.; Assmann, C.; Novosel, E.; Borchers, K.; Müller, M.; Hirth, T.; Walles, H.
Oberflächenchemie und Topografie von Biomaterialien für das Gefäß-Tissue Engineering,
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, 18.-20. November 2010, Heilbad Heiligenstadt, Germany
- Koch, S.; Gutekunst, M.; Pudlas, M.; Bolwien, C.; Walles, H.
Analysis of cell viability and identification of primary cells by Raman spectroscopy,
6th International Conference SPEC 2010: Shedding Light on Disease: Diagnostic Applications for the New Millennium, 26. Juni - 1. Juli 2010, Manchester, UK
- Koch, S.; Gutekunst, M.; Pudlas, M.; Bolwien, C.; Walles, H.
Detection and discrimination of cells and cell viability in tissue engineering by Raman micro-spectroscopy,
4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Krieg, S.
The promise of algae as a source of transport fuel and the bumps-in-the-road of research consortia and commercialization of end-results,
2nd UTEN (University Technology Enterprise Network) Workshop 2010 – Marine and Bio-Science, Research Collaboration & Network Building for Commercialization, 27.-28. September 2010, University of Algarve, Faro, Portugal
- Lemuth, K.; Hardiman, T.; Winter, S.; Pfeiffer, D.; Keller, M. A.; Lange, S.; Reuss, M.; Schmid, R. D.; Siemann-Herzberg, M.
Global transcription and metabolic flux analysis of *Escherichia coli* in glucose-limited fed-batch cultivations,
FORSYS/JCB International Workshop Systems Biology for Industry: Dynamics and Regulation of the Metabolic Balance in *Escherichia coli*, 7.-8. Oktober 2010, Jena, Germany
- Oehr, C.
Plasma processes for surface treatment – efficiency and environment aspects,
i-Sup2010: 2nd International Conference on Innovation for Sustainable Production, 18.-21. April 2010, Brügge, Belgium
- Oehr, C.
Plasmaverfahren zur Oberflächenbehandlung medizinischer Güter,
VDI-Fachtagung: Kunststoffe in der Medizintechnik 2010, 28.-29. April 2010, Friedrichshafen, Germany
- Oehr, C.
Plasma treatment for blood cleaning and cell adhesion,
European Science Foundation Exploratory Workshop: Manipulation of biomaterials surface by plasma process, 26.-30. Mai 2010, Iasi, Romania
- Oehr, C.
Polymer and glass-like surfaces for biomedical application – preparation and analytical aspect,
International Commission on Glass (ICG) Roadmap Workshop, 26.-27. August 2010, Paris, France
- Oehr, C.
Plasma treatment of polymers and plasma polymerization,
PSE 2010: Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering, 13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen, Germany
- Oehr, C.
Biomedical applications of plasma treated surfaces,
11th European Vacuum conference, 20.-24. September 2010, Salamanca, Spain
- Oehr, C.
New surface for medical devices,
Symposium: Functional Polymeric Surfaces, Messe K, 26. Oktober - 3. November 2010, Düsseldorf, Germany
- Panowitz, S.; Barz, J.; Müller, M.; Franzke, J.; Oehr, C.
Diagnostics of low pressure microplasmas for surface modification,
PSE 2010: Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering, 13.-17. September 2010, Garmisch-Partenkirchen, Germany

Veröffentlichungen | Vorträge

- Pudlas, M.; Koch, S.; Bolwien, C.; Walles, H.
Characterization of human skin cells for tissue engineering applications by Raman spectroscopy,
BiOS 2010, part of SPIE Photonics West, 23.-28. Januar 2010, San Francisco, USA
- Pudlas, M.; Schrobback, K.; Rintoul, L.; Hutmacher, D.; Hirth, T.; Walles, H.; Klein, T.
Identification of different articular cartilage zones by Raman microspectroscopy,
IHBI Inspires Postgraduate Conference, 25.-26. November 2010, Carrara, Gold Coast, Australia
- Pusch, J.
Establishment of a 3D intestinal tissue equivalent *in-vitro*,
i-Sup2010: 2nd International Conference on Innovation for Sustainable Production, 18.-21. April 2010, Brügge, Belgium
- Rupp, S.
Lignozellulose und Lignin-verwertung,
Deutsche Biotechnologie-Tage, 21. April 2010, Berlin, Germany
- Rupp, S.
Zentrum für die chemisch-biotechnologische Prozessentwicklung in Mitteldeutschland,
Deutsche Biotechnologie-Tage, 22. April 2010, Berlin, Germany
- Rupp, S.
Introduction: PNU-IGB Joint Research Centre Workshop,
Intensive Workshop: Joint Research Center of Pusan National University (Korea) and Fraunhofer IGB, 10. Juni 2010, Busan, South Korea
- Rupp, S.
BMBF-Initiative MedSys – Dr. Jekyll and Mr. Hyde: A systems approach to determine the mechanisms resulting in commensalism or pathogenicity of the opportunistic pathogen *Candida albicans*,
CSB Symposium: Center Systems Biology Forschungsaktivitäten, 13. Juli 2010, Stuttgart, Germany
- Rupp, S.
Grundlagen zur Immunabwehr von Mykosen,
44. Wissenschaftliche Tagung der DMykG, 9. September 2010, Wien, Austria
- Rupp, S.
Host-pathogen interaction models to analyze *C. albicans* virulence mechanisms,
Seminarreihe der Universität Marburg, 4. Oktober 2010, Marburg, Germany
- Rupp, S.
Immundiagnostische Kits zur Verbesserung von Latex-Produkten,
BMBF-Projektforum Biotechnologie, Biotechnica 2010, 5. Oktober 2010, Hannover, Germany
- Rupp, S.
Host-pathogen interaction models to analyze *C. albicans* virulence mechanisms,
Final Meeting SPP 1160, 1. Dezember 2010, Bad Staffelstein, Germany
- Rupp, S.
Proteomics, genomics and cell-based assays to study infections,
Intensive Workshop: Joint Research Centre PNU (Korea) and Fraunhofer IGB, 6. Dezember 2010, Stuttgart, Germany
- Schenke-Layland, K.
Niche microenvironment as blueprint for tissue engineering applications,
CIRM-BMBF Networking Workshop, 6. März 2010, San Francisco, USA
- Schenke-Layland, K.
Impact of extracellular matrix in biomedical research,
Network of Excellence for Functional Biomaterials Seminar, 14. April 2010, Galway, Ireland
- Schenke-Layland, K.
Multiphoton imaging – A powerful tool for tissue-state diagnosis in regenerative medicine,
AAA Annual Meeting at EB 2010, 24.-28. April 2010, Anaheim, USA
- Schenke-Layland, K.
Impact of extracellular matrix in biomedical research,
Rebirth Kolloquium der Leibniz Forschungslaboratorien für Biotechnologie und künstliche Organe, 27. Mai 2010, Hannover, Germany
- Schenke-Layland, K.
Use of multiphoton imaging to establish a guidance for removal of fetal bovine serum from cryopreserved heart valve processing,
5th Workshop on Advanced Multiphoton and Fluorescence Lifetime Imaging Techniques FLIM 2010, 14.-16. Juni 2010, Saarbrücken, Germany
- Schenke-Layland, K.
***In vitro* engineering of the human cardiovascular progenitor cell niche – microenvironments for regenerative medicine approaches,**
China Heart Congress, International Heart Forum Beijing 2010, 12.-15. August 2010, Beijing, China
- Schenke-Layland, K.
Impact of extracellular matrix on regenerative medicine,
4th Congress on Regenerative Biology and Medicine – BioStar 2010, 13.-15. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Schenke-Layland, K.; Nsair, A.; van Handel, B.; Gluck, J.; Mikkola, H. K.; MacLellan, W. R.
***In vitro*-Recreation of the cardiovascular stem cell niche,**
14th Annual Hilton Head Workshop, 10.-14. März 2010, Hilton Head, USA
- Schiestel, T.
Neue Membranen durch innovative Materialien – Perowskite – Nanokomposite – Ionische Liquide,
GDCh-Vortragsreihe an der Hochschule Aalen, 26. Oktober 2010, Aalen, Germany
- Schmid-Staiger, U.
Use of microalgae for the production of energy carriers,
Leopoldina Workshop: Biofuels and Bioconversion, 14.-16. Oktober 2010, Greifswald, Germany
- Speyerer, C.; Weber, A.
Biofunktionalisierte Tonerpartikel für den 3D-Laserdruck,
Stuttgarter Biomaterial-Kolloquium 2010, 16. Juli 2010, Stuttgart, Germany

- Sternad, W.; Waelkens, B.
Tratamento de Águas Residuárias,
Reunião IPT CETAC/IPT CE-TAE/Fraunhofer IGB,
23. Februar 2010, São Paulo, Brazil
- Sternad, W.
Utilização eficiente da energia dos lodos produzidos na ETE Carioba,
DAE Americana, 1. März 2010, Americana, Brazil
- Sternad, W.
Utilização eficiente da energia dos lodos produzidos na ETE Carioba,
Prefeitura Municipal de Americana, Secretaria de Meio Ambiente, 9. März 2010, Americana, Brazil
- Sternad, W.
Utilização eficiente da energia dos lodos produzidos na ETE Carioba em Americana, SP,
Agência Brasileira de Cooperação, Ministério das Relações Exteriores, 22. April 2010, Brasília, Brazil
- Sternad, W.
Aproveitamento Sustentável de Biogás,
Simpósio na „Casa Alemã“: De energias renováveis a eficiência energética. Cenários atuais e visões, 23. April 2010, São Paulo, SP, Brazil
- Sternad, W.
Aproveitamento Sustentável de Biogás,
2º Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente, 29. April 2010, Bento Gonçalves, Brazil
- Stoll, M. S.; Campos, A.; Laoeamthong, S.; Egner, S.; Hirth, T.
Manure treatment with superheated steam as part of integrated resource management,
ORBIT 2010: Organic Resources in the Carbon Economy, 29. Juni - 3. Juli 2010, Heraklion, Kreta, Greece
- Tovar, G.
Nanotechnologies chez Fraunhofer NANOTECH,
Petit déjeuner débat, 9. Februar 2010, Paris, France
- Tovar, G.
The Fraunhofer frontline theme biofunctional surfaces,
Nanotech 2010, 21.-24. Juni 2010, Anaheim, USA
- Tovar, G.; Genov, S.; Thurow, I.; Riestler, D.; Borchers, K.; Hirth, T.; Weber, A.
Dry native protein assays on substrates by non-contact laser-induced-forward transfer LIFT process,
Nanotech 2010, 21.-24. Juni 2010, Anaheim, USA
- Tovar, G.; Schreiber, T.; Niedergall, K.; Wojciukiewicz, D.; Gose, T.; Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Hirth, T.
NANOCYTES-technology – biomimetic nanoparticles for molecular recognition by molecular imprinting,
Nanotech 2010, 21.-24. Juni 2010, Anaheim, USA
- Tovar, G.
Design and production of biofunctional surfaces for applications ranging from medical technology and diagnostics to environmental technology,
Nanofair 2010, 6.-7. Juli 2010, Dresden, Germany
- Tovar, G.; Niedergall, K.; Wojciukiewicz, D.; Schreiber, T.; Gruber-Traub, C.; Weber, A.; Hirth, T.
Biomimetic nanostructured particles for molecular recognition by molecular imprinting,
In: Abstract-Guide, Session: Nanomaterials Formulation, Targeting, and Interactions for Biomedical Applications, QQ10.11; 2010 MRS Fall Meeting, 29. November - 3. Dezember 2010, Boston, USA
- Tovar, G.
Biofunctional surfaces,
Physikalisch-Chemisches Kolloquium der Universität Stuttgart, 7. Dezember 2010, Stuttgart, Germany
- Trösch, W.
Urbanes Wassermanagement und Abwasserreinigung mit anaeroben Membranbioreaktoren – Ergebnisse aus dem Projekt – DEUS 21,
BMU/BMZ-Sektorgespräch Semizentrales und dezentrales Abwassermanagement, 10. März 2010, Bonn, Germany
- Trösch, W.
Anaerobe Abwasserreinigung in Membranbioreaktoren unter Verwendung des Rotations-scheibenfilters,
11. Hannoversche Industrieabwasser-Tagung (HIT), 10.-11. März 2010, Hannover, Germany
- Trösch, W.
Industrial production of microalgae biomass with flat-panel airlift photobioreactors,
8th European Workshop Biotechnology of Microalgae, 7.-10. Juni 2010, Nuthetal, Germany
- Trösch, W.
Fraunhofer Water Systems Alliance – research and development for a sustainable water resource management,
German Water Partnership Forum, IFAT Entsorga 2010, 14. September 2010, München, Germany
- Trösch, W.
Bio-Abfall in der Stadt,
Fraunhofer-Energietage, 23.-24. September 2010, Berlin, Germany
- Trösch, W.
Urbanes Wassermanagement der Zukunft,
Klima 2010: Der Klimawandel und das nachhaltige Management von Wasserressourcen, 1.-7. November 2010, Hamburg, Germany
- Unkelbach, G.; Kowollik, K.; Fehrenbacher, U.; Schweppe, R.; Zibek, S.; Kraft, A.; Kabasci, S.; Friebel, S.
Biomass to chemicals – research activities of the Fraunhofer-Gesellschaft,
Indonesia International Chemical Summit and Exhibition, 17.-19. Juni 2010, Jakarta, Indonesia
- Vohrer, U.
Schichtanalytik – Oberflächencharakterisierung,
OTTI-Fachforum: Schichten auf Glas, 3.-4. Mai 2010, Regensburg, Germany

Veröffentlichungen | Vorträge

- Vohrer, U.
Analytik I – Prozess- und Schadensanalytik, Oberflächenanalytische Methoden zur Sauberkeitskontrolle,
2. Grundlagenseminar
Reinigungstechnik: Reinigung in der Produktion,
16.-18. Juni 2010, Dresden, Germany
- Vohrer, U.
Analytik zur Optimierung und Kontrolle des Reinigungsprozesses,
Fachforum zur Fachmesse parts2clean,
12.-14. Oktober 2010, Stuttgart, Germany
- Vohrer, U.
Carbon Nanotubes (CNT) – Einführung,
OTTI-Fachforum: Carbon Nanotubes – auf dem Weg aus der Forschung in die Praxis,
6.-7. Dezember 2010, Regensburg, Germany
- Vohrer, U.
Carbon Nanotubes (CNT) – Ein Material mit außergewöhnlichen Eigenschaften,
OTTI-Fachforum: Carbon Nanotubes – auf dem Weg aus der Forschung in die Praxis,
6.-7. Dezember 2010, Regensburg, Germany
- Vohrer, U.
Charakterisierung von Carbon Nanotubes,
OTTI-Fachforum: Carbon Nanotubes – auf dem Weg aus der Forschung in die Praxis,
6.-7. Dezember 2010, Regensburg, Germany
- Vohrer, U.
Carbon Nanotubes (CNT) – Plasmafunktionalisierung von CNTs und Bucky Paper,
OTTI-Fachforum: Carbon Nanotubes – auf dem Weg aus der Forschung in die Praxis,
6.-7. Dezember 2010, Regensburg, Germany
- Waelkens, B.; Sternad, W.
Utilizacao dos Gases Gerados por uma Digestao Anaerobica em uma ETE Municipal para Transporte,
XXXII Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental AIDIS, 7.-11. November 2010, Punta Cana, Dominican Republic
- Weber, A.
Nanopartikel für jetbasierte Beschichtungsanwendungen im Bereich der Lebenswissenschaften,
Fraunhofer IPA Workshop: Digitale Drucktechnik und Dispensen zur Herstellung funktionaler Oberflächen,
15. November 2010, Stuttgart, Germany
- Weber, A.; Borchers, K.; Plankalayil, J.; Hirth, T.; Tovar, G.
Ink formulation for the inkjet printing of functional core-shell nanoparticles for automated preparation of multi feature biofunctional surfaces,
Formula VI & NanoFormulation 2010, 7.-10. Juni 2010, Stockholm, Sweden
- Wojciukiewicz, D.; Laib, S.; Riegler, J.; Hirth, T.; Heubach, D.; Tovar, G.
Biomimetisches Insulin-Adsorbermaterial auf der Basis evolutiv entwickelter molekular geprägter Nanopartikel (nanoMIPs),
Symposium der Landesstiftung Baden-Württemberg: Neue Materialien aus der Bionik,
3. Mai 2010, Stuttgart, Germany
- Zech, T.
Anaerobic wastewater treatment for Romania,
German Day EXPO APA 2010,
15. Juni 2010, Bukarest, Romania
- Zipperle, M.; Betker, T.; Sabjan, M.; Caro, J.; Schirrmeyer, S.; Rüssel, C.; Schiestel, T.
Development of BCFZ capillary membranes and modules for oxygen separation,
Sino-German Symposium on Novel Inorganic Membranes with Nano Design,
21.-26. März 2010, Guangzhou, China

INFORMATIONSSERVICE

**Wünschen Sie weitere Informationen?
Wir informieren Sie gern!**

Bitte markieren Sie auf diesem Blatt die entsprechenden Felder und senden Sie es per Fax oder Post an:

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

Telefon +49 711 970-3601
Fax +49 711 970-4200
info@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de

Periodika

- Jahresbericht
2010/2011
- CD Jahresbericht/Annual Report
2010/2011

Broschüren zu den Geschäftsfeldern

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

Produktblätter zu den Geschäftsfeldern

- Medizin
- Pharmazie
- Chemie
- Umwelt
- Energie

Absender/in

Name, Vorname, Titel

Firma

Abteilung

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Fax

E-Mail

IMPRESSUM

REDAKTION

Dipl.-Kom.-Des. Joanna Amor (Bild),
Ina Andrees-Ostovan M. A.,
Dipl.-Kfm. Michael Bangert,
Dr. Tobias Gärtner,
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Antje Hetebrüg,
Dipl.-Agr.-Biol. Sabine Krieg,
Dr. Moritz Leschinsky,
Dipl.-Ing. Marius Mohr,
Dr.-Ing. Katja Patzsch,
Katja Rösslein M. A.,
Dr. Katja Schenke-Layland,
Dipl.-Kfm. Brigitte Steinmetz,
Dr. Claudia Vorbeck
und die jeweils als Ansprechpartner oder
Autoren genannten Wissenschaftler.

GESTALTUNG UND PRODUKTION

Dipl.-Kom.-Des. Joanna Amor

ÜBERSETZUNGEN, KORREKTURLESEN

Dr. Stuart Amor, Stuttgart
Dorothy Gordon, Ottobrunn
Paterson Languages, Osnabrück
Shannon Layland, Stuttgart
Textwork Translations, Manchester, UK

DRUCK

Fraunhofer Verlag, Mediendienstleistungen, Stuttgart

ANSCHRIFT DER REDAKTION

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

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer IGB, Stuttgart 2011

BILDQUELLEN

Matthias Heyde, Berlin:
Seite 8

Fotolia:
Seiten 12, 13, 18, 23, 31, 49, 90, 93, 106, 120

Jan Kerckhoff, München
Seite 56

Frank Kleinbach, Stuttgart:
Seiten 16, 17, 36

Rafael Kroetz, Stuttgart:
Seiten 16, 17, 37, 43, 45, 46, 72, 73, 84

MEV:
Seiten 21, 94

Bernd Müller, Augsburg:
Seiten 39, 44, 45, 47, 54, 70, 108

Stefan Müller-Naumann, München:
Seite 48

Egbert Schmidt:
Seite 29

Dr. Roland Spohn, Engen:
Seite 90

Volker Steger, München:
Seiten 38, 43

Alle anderen Abbildungen
© Fraunhofer IGB/Fraunhofer-Gesellschaft

NANOCYTES® ist eine eingetragene Marke
der Fraunhofer-Gesellschaft.

Haut aus der Fabrik:

Das Titelbild zeigt Modul D der Tissue Fabrik (Seite 72). Hier werden dermale und epidermale Zellen zu einem zweischichtigen Modell zusammengefügt und den Zellen, die die flexible untere Schicht – die Dermis – bilden sollen, Kollagen beigemischt.

Fotograf: Rafael Kroetz

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

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

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