

Forschungsbericht

Themenheft: Life Sciences

2011

KOMPETENZ IN BLEI – VERANTWORTUNG FÜR DIE UMWELT

Die **BERZELIUS Stolberg GmbH** ist eine der zehn größten Bleihütten der Welt. Als erste in der Branche setzte die über 150 Jahre alte Bleihütte auf das **QSL-Verfahren***. Durch dessen systematische Optimierung ist sie bis heute führend in der Technologie der Bleierzeugung und der Umwelterorientierung in der Fertigung. Pro Jahr erzeugt die BERZELIUS Bleihütte in Stolberg aus 250.000 Tonnen Einsatzmaterialien 150.000 Tonnen Primärblei, 100.000 Tonnen Schwefelsäure sowie 300 Tonnen Silber und ist damit ein international bewährter Lieferant für zahlreiche Schlüsselindustrien.

Zugleich trägt BBH mit modernster Technik und vollständig umbauten Produktions- und Lagerbereichen nachhaltig Verantwortung für Umwelt-, Gesundheits- und Arbeitsschutz. Dies wird durch ein zertifiziertes Managementsystem dokumentiert.

Weltweit ist das wegen seiner hohen Güte börsennotierte Blei aus Stolberg ein viel gefragter Werkstoff. Spitzenqualität und flexibler Just-in-time-Service der BERZELIUS Stolberg GmbH sind Garantien für langfristige Kundenzufriedenheit: Ob im Bau von Akkumulatoren oder als Stromspeicher in Solaranlagen, im Strahlenschutz, im chemischen Anlagenbau, in der Kommunikationstechnik, bei der Fertigung optischer Linsen und Gläser, in der Bauindustrie oder zur Kabelisolierung.



Kurzinformation

Gründungsjahr: 1848

Mitarbeiter: 190

Produkte: Blei, Bleilegerungen, Silber, Schwefelsäure

Zertifizierungen:

DIN EN ISO 9001:2000,

DIN EN ISO 14001:2004,

ISO TS 16949,

OHSAS 18001 Entsorgungsfachbetrieb

Die BERZELIUS Stolberg GmbH ist ein Unternehmen der **BERZELIUS Metall-Gruppe**. Der Verbund aus Primärblei- und Sekundärblei-Produzenten und Logistikern stellt als einzige Firmengruppe in Europa einen geschlossenen Batterie-Recycling-Kreislauf dar.

*QSL-Verfahren:

Das QSL-Verfahren ermöglicht die Gewinnung von Blei aus Bleierzen und sekundären Rohstoffen in einem einzigen, geschlossenen Aggregat bei – verglichen mit herkömmlichen Anlagen – deutlich geringerem spezifischem Energieverbrauch.

BERZELIUS Stolberg GmbH

Binsfeldhammer 14
52224 Stolberg

Telefon: +49 2402 1206-0

Telefax: +49 2402 1206-66

E-Mail: bbh@berzelius.de

www.berzelius.de



Grußwort	4	
Highlightprojekte	6	
Nano- und Biotechnologien Medizintechnik, Bioengineering		
Institut für Nano- und Biotechnologien		
Multifunktionaler Bio-Sensorchip	11	
Intelligente Logik-Gatter	12	
EMSiG	13	
Bio-LAPS	14	
Cellsens	15	
Feldeffekt-Biosensoren	16	
Multimodale Sensoren für die Umweltanalytik	17	
Gassensorik	18	
Therapeutische Impfstoffe gegen Krebs	19	
Institut für Bioengineering		
Personalisierte Medizin (CardiaKytos)	22	
Biokompatibilität	23	
Zusammenschluss von Molekularer Biophysik und Mikrobiologie	24	
Virtuelle Realität	25	
Optimierung chirurgischer Klammernahtgeräte	26	
CARA	27	
Kompetenzplattform Bioengineering		
IceMole	31	
Nahinfrarotspektroskopie	33	
Schlingensysteme	34	
Weitere Forschungsaktivitäten		
Telemedizin/Produktstudien	36	
Angewandte Polymerchemie, Nuklearchemie, Umweltbiotechnologie		
Institut für angewandte Polymerchemie		
Intelligente Hydrogele	40	
Das Labor für Nuklearchemie		43
Institut NOWUM -Energy		
EnergieEffizienz-Netzwerk	46	
MiProBa	48	
Weitere Forschungsaktivitäten		
IMMOTHERM	49	
Systematische Untersuchung des Biogas-Prozesses	50	
Der pflanzliche Aromatenstoffwechsel	51	
Impressum	54	



Liebe Leserinnen und Leser,

„Forschung und Entwicklung an der FH Aachen – interdisziplinär, praxisorientiert, vielfältig und international“ – so sehen wir unsere Leistungen auf den unterschiedlichsten Gebieten.

Neue Formen der partnerschaftlichen Zusammenarbeit der FH Aachen mit Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen sowie die intensive Vernetzung innerhalb der Euregio Maas-Rhein haben in der jüngsten Vergangenheit an Bedeutung gewonnen. Unser Ziel ist die Stärkung des Wissens- und Technologietransfers von der Wissenschaft in die Wirtschaft und die Verankerung der Forschung bei der Durchführung von Bachelor- und Masterstudiengängen. Den Masterabsolventen unserer und anderer Hochschulen bieten wir die Möglichkeit der kooperativen Promotion. Unser internes Doktorandennetzwerk ist mittlerweile ein fester Bestandteil der Forschungslandschaft unserer Hochschule und zeigt deutlich die hohe Qualität unserer anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungstätigkeit.

Die FH Aachen folgt aus tiefer Überzeugung dem Prinzip, dass neben exzellenter Lehre eine umfassende und gute akademische Ausbildung nur in Kombination mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben auf hohem Niveau geleistet werden kann. Bei der Forschungsförderung aus öffentlichen Mitteln der Europäischen

Union, des Bundes und des Landes ist die Vernetzung mit Partnern aus der Hochschule und der Wirtschaft ein wesentliches Kriterium bei der Mittelvergabe. Mit unserer Arbeit möchten wir all diesen Aspekten Rechnung tragen. Strukturierte Kommunikation der Forschungsaktivitäten nach innen und außen ist für uns hierbei ein wichtiges Instrument.

Mit dem vorliegenden Forschungsbericht 2011 „Life Sciences“ führt die FH Aachen den im letzten Jahr begonnenen Weg der jährlichen Publikation ihrer Forschungstätigkeit zu unterschiedlichen Schwerpunkten fort. Jährlich erscheinende Themenhefte sollen die Forschungsschwerpunkte, die in den Bereichen Energie, Mobilität und Life Sciences liegen, wie auch die gesamte Bandbreite der Forschung an der FH Aachen abbilden.

Hiermit wollen wir Ihnen, verehrte Leserinnen und Leser, einen tieferen Einblick in unsere Arbeit erlauben. Besonders danken möchte ich allen Kolleginnen und Kollegen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die in den vergangenen Jahren dafür gearbeitet haben, dass Forschung an unserer Hochschule seit vielen Jahren auf einem hohen Niveau betrieben und immer weiter ausgebaut wird. Die in diesem Bericht veröffentlichten Ergebnisse sind beispielhaft dafür. Vielen Dank auch all denen, die redaktionell und organisatorisch an der Publikation dieses Forschungsberichtes mitgewirkt haben.

Seien Sie also gespannt auf das, was Sie im vorliegenden Heft erwartet.

Viel Freude beim Lesen und Entdecken!

A handwritten signature in blue ink, reading "C. Vaeßen".

Prof. Dr. rer. nat. Christiane Vaeßen
Prorektorin für Forschung, Entwicklung und
Technologietransfer

Über **50.000** Fans genießen
Spitzentechnologie bei jedem Spiel.
Und die Basis für alles ist Elektrizität.



Was für Sie entscheidend ist,
ist auch für uns entscheidend.

Eaton sorgt dafür, dass alles funktioniert.

Donbass Arena, Ukraine

Wir feiern
100 JAHRE
Werte, die bleiben

EATON

Powering Business Worldwide

6.000 Netzwerkanschlüsse, 600 TV-Monitore, 2 LED-Bildschirme, jeder mit 100 m², 1.200 km Kabel, 150 WiFi-Hotspots, 450 CCTV-Kameras. Und was sorgt dafür, dass alles im technologisch fortschrittlichsten Stadion in Osteuropa funktioniert? Lösungen von Eaton. So sorgen unsere USV Anlagen für eine unterbrechungsfreie Stromversorgung bei allen Spielen.

Von der Energieverteilung bis zur Stromqualität und -Steuerung können wir die komplette elektrische Infrastruktur liefern und sorgen für zuverlässige, effiziente, sichere und nachhaltige Lösungen. Was auch immer für Sie entscheidend ist, ist auch entscheidend für uns: Wo elektrische Energie sicher und zuverlässig bereitgestellt und gesteuert wird, an Land oder auf See, finden Sie die Menschen, das Wissen, die Kompetenz und die Erfahrung. Vereint in **Ein** Eaton.

Erfahren Sie mehr unter www.eaton.com

Highlightprojekte

ec2go-urbanes eCarSharing

Projektkoordinator:
Meta Motoren- und
Energie-Technik GmbH

Förderung:
ElektroMobil.NRW

Projektpartner: AixControl
GmbH, cambio Aachen
StadtteilAuto CarSharing
GmbH, FH Aachen, gift-
GRÜN GmbH, Imperia Ge-
sellschaft für angewandte
Fahrzeugentwicklung
mbH, Meta Motoren- und
Energie-Technik GmbH,
Solar-Institut Jülich, Zen-
Tec automotive GmbH

ec2go, interdisziplinäres Projekt diverser Forschungs-
kompetenzen der FH Aachen (Fachbereich Elektro-
technik und Informationstechnik, Luft- und Raumfahrt-
technik, Energietechnik, Labor für Automobiltechnik,
Solar Institut Jülich).

Das Projekt ec2go (electric car 2 go) befasst sich mit
der Entwicklung eines Elektro-CarSharing-Konzeptes
für urbane Regionen. In einem ganzheitlichen Ansatz
wird ein Mobilitätskonzept entwickelt, welches die
Bereiche User, Infrastruktur, CarSharing-Betreiber bis
hin zu einem weltweit ersten, ausschließlich für Car-
Sharing konzipierten E-Fahrzeug berücksichtigt und
mittels Informations- und Kommunikationstechnologie
(IKT) miteinander vernetzt. Mit dem ec2go entsteht
dabei eine komplett neue Fahrzeugklasse, die



sogenannten „PPVs“ (Personal Public Vehicles).
www.ec2go.de

Caelum, FB Gestaltung und Solar-Institut Jülich (SIJ)



die aktuellen Daten in abstrakte
grafische Elemente übersetzt,
deren animierte Optik an den
Blick durch ein Kaleidoskop
erinnert. Die Projektion zeigt
aktuelle Werte in Echtzeit oder
verschiedene Wetterlagen rück-
blickend im Zeitraffer. Interagie-
rend mit der iPad-Steuerung
lernt der Betrachter schnell,
das bewegte Bild zu lesen, und
wählt aus, welcher Tag interpre-
tiert werden soll.

Link: <http://menschen.design.fh-aachen.de/vitting/caelum.html>



Projektleitung:
Prof. Dipl.-Des. Eva Vitting

Förderung:
Interne
Forschungsförderung

Das Projekt zeigt, wie komplexe Information grafisch
codiert werden kann, um die Wechselwirkung von
Messwerten attraktiv und intuitiv erfassbar darzu-
stellen. Caelum greift auf die Wetterdaten des Solar-
Instituts Jülich zu und visualisiert das Zusammen-
wirken der wetterbildenden Faktoren: Temperatur,
Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und
Windgeschwindigkeit. Über visuelle Variablen werden

Speicher-Optimierung für das Solarturmkraftwerk Jülich: SpOpt-STJ, FB Medizintechnik und Technomathematik, SIJ

Solarthermische Kraftwerke sind eine kostengünstige
Option, um großtechnisch Strom aus direkter Solar-
strahlung zu gewinnen. Dabei kann durch Einsatz
großer thermischer Speicher die Anlagenverfügbar-
keit von 3000 Stunden oder weniger im rein solaren
Betrieb auf bis zu 8000 Stunden jährlich gesteigert
werden.

Schwerpunkt des Projekts SpOpt ist es, die Flexi-
bilität und Wirtschaftlichkeit des Speichersystems zu
erhöhen. Hierfür werden neuartige Speichersystem-
konzepte erarbeitet und entsprechende Simulations-
modelle unter Berücksichtigung des Luftsystems des
Solarturmkraftwerks Jülich erstellt und implementiert.
Diese systemintegrierten Simulationsmodelle sollen
Aussagen über Machbarkeit, Limitierungen und Kosten
der neuen Speichersysteme liefern.



Projektleitung:
Prof. Dr. rer. nat.
Martin Reißel

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung

Entwicklung eines didaktischen Vortragsmoduls für den Aachener Dom, FB Architektur und FB Gestaltung

Ein interdisziplinäres Team der Fachbereiche Architektur und Gestaltung unter Federführung von Prof. Anke Naujokat, Prof. Ulrich Hahn und Prof. Ilka Helmig hat für die neue Dominformation ein didaktisches Vortragsmodul entwickelt, das die Architektur und Geschichte des Aachener Doms anhand eines schrittweise aufbauenden virtuellen Dommodells über den Zeitraum von der Errichtung der Pfalzkapelle Karls des Großen bis heute visualisiert. Dargestellt wird, was der

Besucher im Dom selbst nicht sehen kann: die Veränderung der baulichen Struktur des Kirchenbaus durch die Jahrhunderte von der karolingischen Pfalzkapelle bis zu dem Konglomerat von Bauten, die den heutigen Dom bilden. Darüber hinaus wurde im Rahmen des Projektes ein umfassendes Gestaltungskonzept für den Bereich Information und Didaktik am Aachener Dom entwickelt und in Form eines visuellen Leitsystems in der neuen Dominformation bereits umgesetzt.



Ansprechpartner:
Prof. Dr.-Ing.
Anke Naujokat

Förderung:
interne Forschungsförderung, Mittel des Aachener Domkapitals

Forschungsflugzeug Stemme S 10- VTX, FB Luft- und Raumfahrttechnik



Bei dem neuen Forschungsflugzeug der FH Aachen vom Typ Stemme S 10 VTX handelt es sich um einen Motorsegler, dessen Motor bei Bedarf zugeschaltet werden kann – auch während des Fluges. Dadurch ergibt sich eine ideale Kombination aus hoher Alltagstauglichkeit und einer vielseitigen Verwendbarkeit für Forschungszwecke. Eingesetzt werden soll er vor allem im Bereich Flugsystemtechnik, Aerodynamik, Aeroelastik, Mensch-Maschine-Systeme, Atmosphärenmessungen und Fluglärmuntersuchungen. Er ist 8,42 Meter lang und hat eine Spannweite von 23 Metern. Der 115-PS-Motor sorgt für Reisegeschwindigkeiten von bis zu 210 Kilometern pro Stunde. Die Stemme verfügt über eine ausgezeichnete Gleitzahl von 1:50, das heißt, aus 1000 Metern Höhe kann man 50 Kilometer im Gleitflug zurücklegen.

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing.
Peter Dahmann

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (Großgeräteprogramm), Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

SUN – Sustainable Urban Neighbourhoods, Interreg-VIA-Projekt unter Beteiligung des Fachbereichs Architektur

Das Interreg-Projekt SUN ist ein fachübergreifendes, multidimensionales Forschungs- und Handlungsvorhaben unter Beteiligung von Städten, Bildungswelt und Bürgern und unter der Leitung des LEMA-Instituts der Universität Lüttich. Ziel ist es, in 7 benachteiligten Stadtquartieren der Euregio Maas-Rhein die nachhaltige Entwicklung in den Bereichen lokale Wirtschaft, Wohnumfeldverbesserung, energetische Sanierung sowie sozialer Zusammenhalt zu fördern. Aufgabe der FH Aachen ist, zusammen mit den weiteren akademischen Partnern u.a. die Evaluierung des Prozesses in seinen verschiedenen Dimensionen sowie die Förderung des grenzüberschreitenden Erfahrungsaustauschs zu gewährleisten. Weitere Infos unter www.sun-euregio.eu.



serung, energetische Sanierung sowie sozialer Zusammenhalt zu fördern. Aufgabe der FH Aachen ist, zusammen mit den weiteren akademischen Partnern u.a. die Evaluierung des Prozesses in seinen verschiedenen Dimensionen sowie die Förderung des grenzüberschreitenden Erfahrungsaustauschs zu gewährleisten. Weitere Infos unter www.sun-euregio.eu.

Projektleitung
Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Castro

Projektpartner
Universität Liège (LEMA), Universität Hasselt, Universität Maastricht (ICIS), die Städte Eupen, Heerlen, Genk, Verviers, Lüttich, Eschweiler und Aachen sowie DuBo Limburg, COS Limburg, Eco'Hom und VHS Aachen

Förderung
Land NRW, Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (INTERREG IVa)



I.F.I. An-Institut der FH Aachen – Forschungsaktivitäten

Das I.F.I., Institut für Industrieaerodynamik GmbH, An-Institut an der FH Aachen, führt derzeit zwei Forschungsprojekte durch, die der Gebäudesicherheit im Brandfall dienen:

Real-Brand-Versuche erlauben es ohne Schäden in Bauwerken, Brandereignisse nachzustellen und die Funktion der Sicherheitseinrichtungen zu testen. Dies wird inzwischen vermehrt von den Behörden zur Abnahme gefordert. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden mit dem Kooperationspartner GEFA-FLUG aus Aachen neue Versuchseinrichtungen entwickelt, z. B. für den Kleinbrand eines Computers oder die wirtschaftliche Simulation von Großbränden.

Die Sicherheit in Hochhäusern wird wesentlich durch die Rauchfreihaltung der Treppenhäuser mit **Überdruckbelüftungsanlagen** bestimmt. Die europäische Normung (EN 12101-6) und ihre kommende Neufassung sieht die Prüfung und CE-Zertifizierung dieser Systeme vor, was spezielle Prüfstände und Prüfverfahren erfordert. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes arbeitet I.F.I. zusammen mit der Alfred Eichelberger GmbH & Co. KG aus Berlin an der Entwicklung und dem Bau eines solchen Prüfstandes.

I.F.I. Institut
für Industrieaerodynamik
GmbH
Institut an der
Fachhochschule Aachen
Welkenrath Straße 120
52074 Aachen

Geschäftsführende
Gesellschafter:
Dr.-Ing. Rolf-Dieter
Lieb, Dipl.-Ing.
Bernd Konrath
T +49. 241. 879708-0
info@ifi-aachen.de



Zu prüfende Regelklappe (links) und Ventilator mit Einlaufdüse (rechts) der IFI-Differenzdruck-Prüfanlage



Einsatz des IFI-Wannensystems bei einem Realbrandversuch in einem Hörsaal

An-Institut der FH Aachen "3win® - Institut für innovativen Maschinenbau" (IfiM)



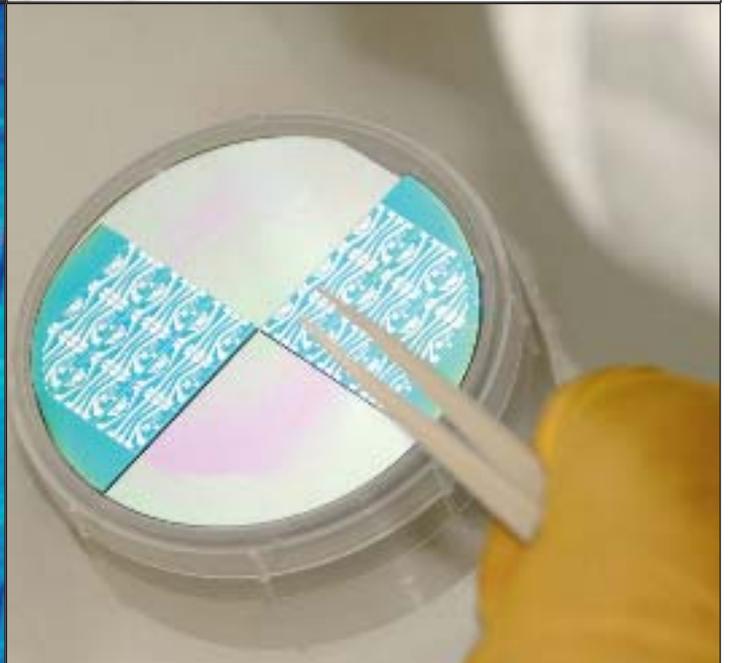
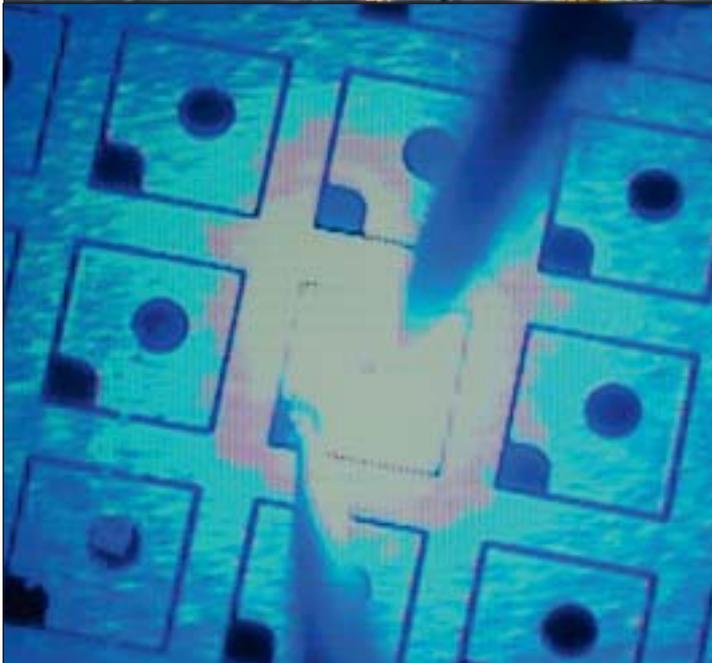
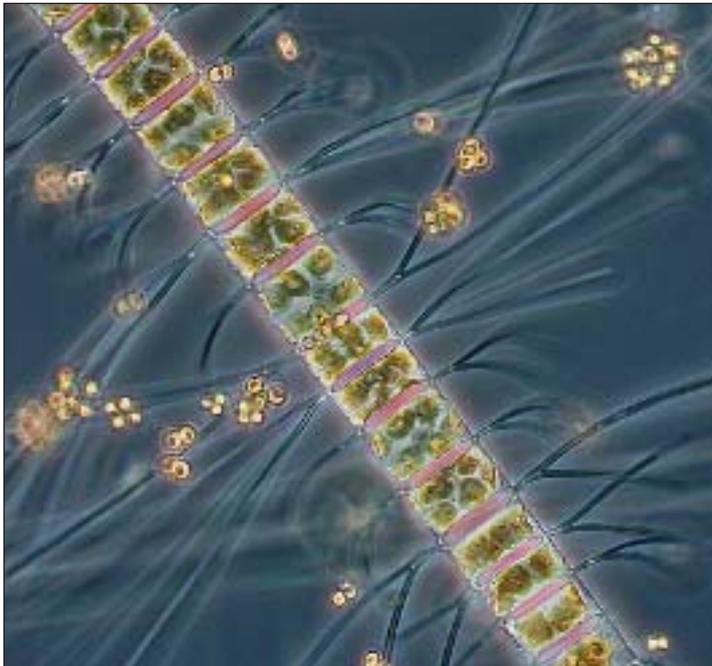
3win-IfiM – Institut für
innovativen Maschinenbau
An-Institut der FH Aachen
An der Schurzelter Brücke
11
52074 Aachen

Geschäftsführende Gesell-
schafterin:
Dagmar Wirtz
T +49. 241. 9432330
dw@3win.de

Seit Anfang September 2011 ist das Institut „3win-Institut für innovativen Maschinenbau (IfiM) ein An-Institut der FH Aachen. Die Kooperation zwischen 3win® und der FH Aachen soll den gegenseitigen

Wissens- und Erfahrungsaustausch vertiefen und erweitern. Das langjährige Know-how der 3win®-Gruppe im Sondermaschinen- und Anlagenbau in innovativen Hightechindustrien bringt in der Verknüpfung mit dem Lehrbereich Maschinenbau und Mechatronik starke Synergien hervor. Bereits bestehende Forschungsprojekte in der Lasertechnik, im Rapid Prototyping und in der integrierten Konstruktion und Fertigung von Produkten werden in Zusammenarbeit mit dem neuen An-Institut weiter vorangetrieben. Auch der Fachbereich Chemie und Biotechnologie, insbesondere der Bereich Prozesstechnik, soll einbezogen werden. Das frisch anerkannte „3win® IfiM“ wird seinen Sitz auf dem neuen Campusgelände der RWTH Aachen haben und ab 2013 in den Cluster Integrative Produktionstechnik eingebunden sein.

NANO- UND BIOTECHNOLOGIEN MEDIZINTECHNIK BIOENGINEERING



Institut für Nano- und Biotechnologien (INB)

Institut für Nano- und Biotechnologien (INB) der FH Aachen, Campus Jülich, Heinrich-Mußmann-Str. 1, 52428 Jülich

Geschäftsführender Institutsleiter:



Prof. Dr.-Ing.
Michael J. Schöning
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53215



Prof. Dr. rer.nat.
Arno Förster



Prof. Dr. rer.nat.
Thomas Mang



Prof. Dr. Arshak Poghosian

„Biologie trifft Mikroelektronik“, das Motto des Instituts für Nano- und Biotechnologien (INB) an der FH Aachen, unterstreicht die zunehmende Bedeutung interdisziplinär geprägter Forschungsaktivitäten. Der thematische Zusammenschluss grundständiger Disziplinen, wie die Physik, Elektrotechnik, Chemie, Biologie sowie die Materialwissenschaften, lässt neue Forschungsgebiete entstehen, ein herausragendes Beispiel hierfür ist die Nanotechnologie: Hier werden neue Werkstoffe und Materialien entwickelt, einzelne Atome oder Moleküle und deren Wechselwirkung untersucht oder Schichtstrukturen im Nanometerbereich aufgebaut, die neue und vorher nicht bekannte Eigenschaften hervorbringen.

Vor diesem Hintergrund bündelt das im Jahre 2006 gegründete INB die an der FH Aachen vorhandenen Kompetenzen von derzeit insgesamt sieben Laboratorien auf den Gebieten der Halbleitertechnik und Nanoelektronik (Prof. Dr. A. Förster), Nanostrukturen und DNA-Sensorik (Prof. Dr. A. Poghosian), der Chemo- und Biosensorik (Prof. Dr. M. J. Schöning), der Enzymtechnologie (Prof. Dr. T. Selmer), der Mikrobiologie und Pflanzenbiotechnologie (Prof. Dr. M. Baumann), der Zellkulturtechnik (Prof. Dr. M. Biselli), sowie der Roten Biotechnologie (Prof. Dr. P. Öhlschläger) synergetisch. In der Nano- und Biotechnologie steckt außergewöhnliches Potenzial! Nicht zuletzt deshalb stellen sich die Forscher der Herausforderung, in diesem Bereich ge-

meinsam zu forschen und Schnittstellen zu nutzen, um so bei der Gestaltung neuartiger Ideen und Produkte mitzuwirken, die zukünftig unser alltägliches Leben verändern werden.

Neben einem breiten Methodenspektrum und einer weit gefächerten Infrastruktur aus verschiedenen Forschungs- und Entwicklungslaboratorien, besteht innerhalb des INB Expertise durch mehr als 40 langjährige wissenschaftliche Kooperationen mit nationalen und internationalen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Partnern aus der Industrie. Bei den durchgeführten Forschungsprojekten liegt dabei ein besonderer Fokus auf der Einbindung von etwa einem Dutzend Doktorandinnen und Doktoranden in die weltweit vernetzten Forschungsaktivitäten. Ein gemeinsames, kooperatives „Brückenlabor“ mit dem Peter-Grünberg-Institut – des Forschungszentrums Jülichs eröffnet darüber hinaus die Möglichkeit, auch neueste Dünnschicht- und Siliziumtechnologien sowie Oberflächen- und Schichtcharakterisierungsverfahren zielgerichtet einzusetzen.

Partner des INB profitieren dabei von der Zusammenarbeit mit einem eingespielten, interdisziplinären und fachbereichsübergreifenden Team als kompetentem Ansprechpartner: Nano- und Biotechnologien – Forschen für die Herausforderung von morgen.



Prof. Dr. rer. nat.
Thorsten Selmer



Prof. Dr. rer. nat.
Marcus Baumann



Prof. Dr. rer. nat.
Manfred Biselli



Prof. Dr. rer. nat.
Peter Öhlschläger

Multifunktionaler Bio-Sensorchip für biodegradierbare Biopolymere

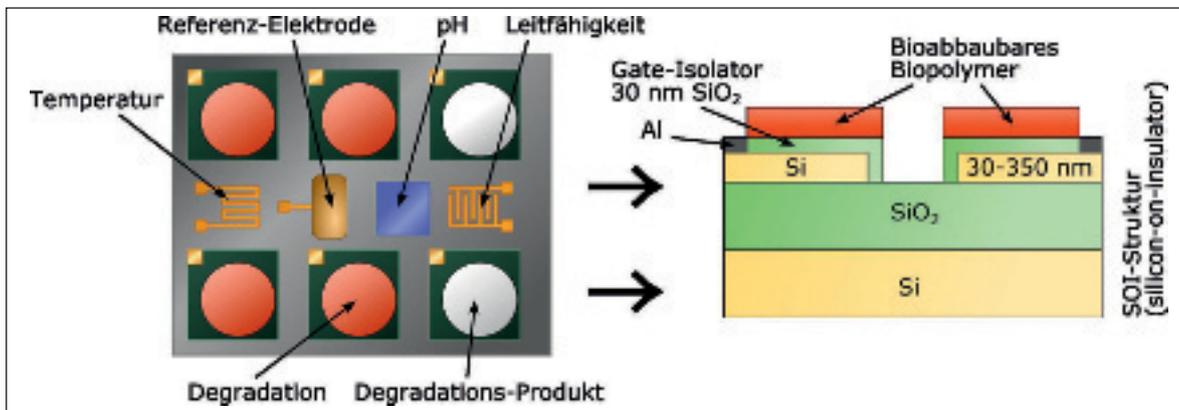


Abb. Schematischer Aufbau des Bio-Sensorchips.

Projektleitung:
 Prof. Dr.-Ing.
 Michael J. Schöning,
 schoening@fh-aachen.de
 T +49. 241.6009 53215

Prof. Dr.
 Arshak Poghossian
 poghossian@fh-aachen.de

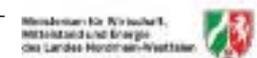
Förderung:
 Europäische Union,
 Land NRW

Das Institut für Nano- und Biotechnologien (INB) entwickelt im Rahmen des europäischen Förderprogramms Interreg IV A einen multifunktionalen Bio-Sensorchip, der wertvolle Aufschlüsse über die Funktion von biodegradierbaren Biopolymeren liefern soll.

In dem Projekt haben sich acht Forschungsgruppen aus der Euregio Maas-Rhein (Aachen, Lüttich, Hasselt, Maastricht) zusammengeschlossen, um „intelligente“ Biomaterialien für den klinischen Einsatz zu entwickeln. Diese Materialien bauen sich von selbst im menschlichen Körper ab; mögliche Anwendungsbereiche sind die Wundversorgung, die gezielte Freisetzung von Wirkstoffen im Körper oder die Behandlung von

Narbenbrüchen. Um der Gefahr von Fremdkörperreaktionen – beispielsweise Entzündungen – vorzubeugen, verfolgen die Forscher bei der Entwicklung der neuen Biopolymere einen biomimetischen Ansatz: In die Kunststoffe werden Proteine oder DNA-Bestandteile eingebaut, die ohnehin im menschlichen Körper vorkommen und somit eine hohe Gewebeverträglichkeit sichern sollen.

Die Aufgabe des Teams um Prof. Dr. Michael J. Schöning, Leiter des INB, und Prof. Dr. Arshak Poghossian ist es, einen multifunktionalen Biosensorchip zu entwickeln, der die Daten des Degradationsprozesses in Echtzeit erfasst und somit Rückschlüsse auf die Verträglichkeit von Biopolymeren mit dem Gewebe zulässt.



Intelligente Logik-Gatter mit stimuli-responsiven Hydrogelen

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing.
Michael J. Schöning,
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241.6009 53215

Prof. Dr. rer.nat.
Arno Förster,
foerster@fh-aachen.de

Prof. Dr. rer.nat.
Thomas Mang,
mang@fh-aachen.de

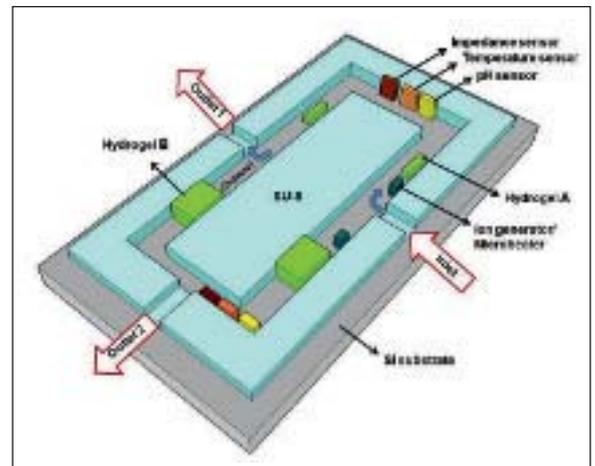
Prof. Dr. Arshak Poghosian
poghossian@fh-aachen.de

Förderung: Interne
Forschungsförderung

Die Fortschritte im Bereich der Mikro- und Nanotechnologien zur Realisierung von Siliziumchips – z. B. als Speicherbausteine oder Prozessoren in Computern – ermöglichen seit einigen Jahren auch eine Ausweitung solcher Fertigungsprozesse für den Bereich der „miniaturisierten“ bio-/chemischen Analyse: Man spricht in diesem Zusammenhang häufig von „Lab-on-a-chip (LOC)“-Systemen. Hier werden sowohl sensorische, aktuatorische als auch elektronische Funktionalitäten auf kleinstem Raum vereint. Mögliche Einsatzgebiete solcher Systeme liegen vor allem im Bereich der Vorort-Analytik und der medizinischen „Point-of-care“-Diagnostik.

Gerade die Realisierung der Aktuatorfunktionalitäten auf dem Sensorchip, d.h. die Bereitstellung entsprechender mikrofluidischer Komponenten (Mikro- oder Nanokanäle, Pumpen, Mischer, Mikroventile) stellt allerdings immer noch eine technologische Herausforderung dar, die mit hohen Kosten verbunden ist. Deshalb werden in der Praxis häufig externe mikrofluidische Komponenten eingesetzt, die an den Sensorchip angekoppelt werden müssen; die Komplexität eines solchen Mikrosystems mit ausgewählten Funktionalitäten steigt.

Auf der anderen Seite stellen stimuli-responsive („smarte“) Hydrogele einen neuen Lösungsansatz dar, um mikrofluidische Komponenten innerhalb eines LOCs zu integrieren. Smarte Hydrogele lassen sich – abhängig von Aufbau und Zusammensetzung – gezielt durch externe Stimuli wie Temperatur-, Ionenstärke- oder pH-Wertänderung in einer Art und Weise schalten, dass sie unterschiedliche Volumenzustände einnehmen: Sie können schrumpfen oder quellen. Da Hydrogele bei einer Expansion bzw. Kontraktion erhebliche Kräfte entwickeln (vergleichbar mit Kräften von menschlichen Muskeln bzw. etwa das Zehnfache eines Elektromagneten), sind sie in der Lage, mechanische Arbeit zu verrichten, und können so als Mikro-



Schematische Darstellung eines „Lab-on-a-chip“-Systems mit intelligentem Logik-Gatter aus stimuli-responsiven Hydrogelen.

pumpen fungieren. Die Volumenänderung, kombiniert mit dafür ausgelegten Mikrokanälen, ermöglicht darüber hinaus die gezielte Steuerung und Freisetzung beispielsweise von Wirkstoffen: die Hydrogele wirken als „Container“. Generell verfügen stimuli-responsive Hydrogele über ein hohes Innovationspotenzial im Bereich der integrierten Sensor-Aktuator-Funktionen und sind aufgrund des einfachen Aufbaus und der Miniaturisierbarkeit vielfältig einsetzbar.

Im Rahmen des Projektes soll die Umschaltbarkeit von Hydrogelen (quellen/schrumpfen) durch logische Schaltoperationen innerhalb eines Mikrosystems abgebildet werden. Bio-/chemisch induzierte Logik-Gatter („AND“, „OR“, „NOT“, etc.) könnten dazu dienen, bestimmte mikrofluidische Komponenten im LOC zu adressieren und zu aktivieren, d.h. die Hydrogele würden als Aktuatoren, programmiert über einen intelligenten Algorithmus, gezielt Kanäle öffnen („On“) oder schließen („Off“), um somit Lösungen oder Wirkstoffe zu injizieren (s. auch Abb.).

Entwicklung eines Multi-sensorsystems in Silizium-technik zur Beurteilung der Gärbiologie eines Anaerobfermenters in der Flüssigphase (EMSiG)

In der aktuellen Diskussion über erneuerbare Energien hat die Gewinnung von Biogas in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung erlangt und stellt mittlerweile für zahlreiche viehhaltende Betriebe eine sinnvolle Verwertung landwirtschaftlicher Produktionsabfälle dar (s. auch Abb.).

Die Bildung von Biogas aus organischem Material wird durch ein komplexes synergistisches Zusammenspiel verschiedener Mikroorganismen bewerkstelligt, deren Stoffwechsellösungen ähnlich einem Zahnradgetriebe ineinandergreifen. Durch Änderungen der äußeren Bedingungen kann es dabei leicht zu Schädigungen einzelner Glieder des Gefüges kommen, die teilweise langwierige Produktionsausfälle und für den Betreiber erhebliche wirtschaftliche Kosten verursachen. Von besonderer Bedeutung für den reibungslosen Ablauf der Biogasproduktion ist die Bildung von Wasserstoff, der im letzten Schritt von methanogenen Archäen zur Produktion von Biogas verwendet wird.

Eine kontinuierliche Überwachung von Biogasanlagen beschränkt sich derzeit auf chemisch/physikalische Parameter, die jedoch nur indirekt und zeitverzögert auf Prozessinstabilitäten schließen lassen. Eine „on line“-Überwachung der Konzentration des gelösten Wasserstoffs im Biogasprozess könnte daher eine zeitnahe Kontrollmethode für Störungen ermöglichen,

die ein frühzeitiges Interventionsgestalten in den Fermentationsprozess gestatten, und damit von hohem ökonomischem und ökologischem Interesse sind.

Das Institut für Nano- und Biotechnologien bündelt gemeinsam mit der Firma MT Energie GmbH & Co. KG (Rockstedt), dem Institut für Materialwissenschaften der Universität Hasselt, der School of Life Sciences der Napier Universität (Edinburgh) und der Forschungszentrum Jülich GmbH im Forschungsprojekt „EMSiG“ die Kompetenzen auf den Gebieten der Biogasforschung und der Sensorentwicklung für die Realisierung eines hybrid ausgelegten Multisensorsystems. Dieses, bestehend aus zwei modular ausgelegten Chip-einheiten – einem kapazitiven Feldeffekt-Biosensor und einer H₂-Messsonde –, soll mittels Siliziumtechnologie hergestellt werden. Beide Sensoren basieren auf einem elektrochemischen Transducerprinzip, sind modular aufgebaut und als Hybridanordnung ausgelegt, mit der Möglichkeit einer zusätzlichen Kontrolle der Temperatur und des pH-Werts. An das fertige Multisensorsystem werden dabei gewichtige Ansprüche gestellt: Es soll unter strikt anaeroben Bedingungen eine Überwachung der metabolischen Aktivität der Mikroorganismen, des Gelöstwasserstoffgehalts, der Temperatur und des pH-Werts erlauben und damit ein direktes Eingreifen des Betreibers im Falle von Prozessinstabilitäten ermöglichen.

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing.
Michael J. Schöning,
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241.6009 53215

Prof. Dr. rer. nat.
Thorsten Selmer,
selmer@fh-aachen.de

Prof. Dr. rer. nat.
Marcus Baumann
baumann@fh-aachen.de

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung

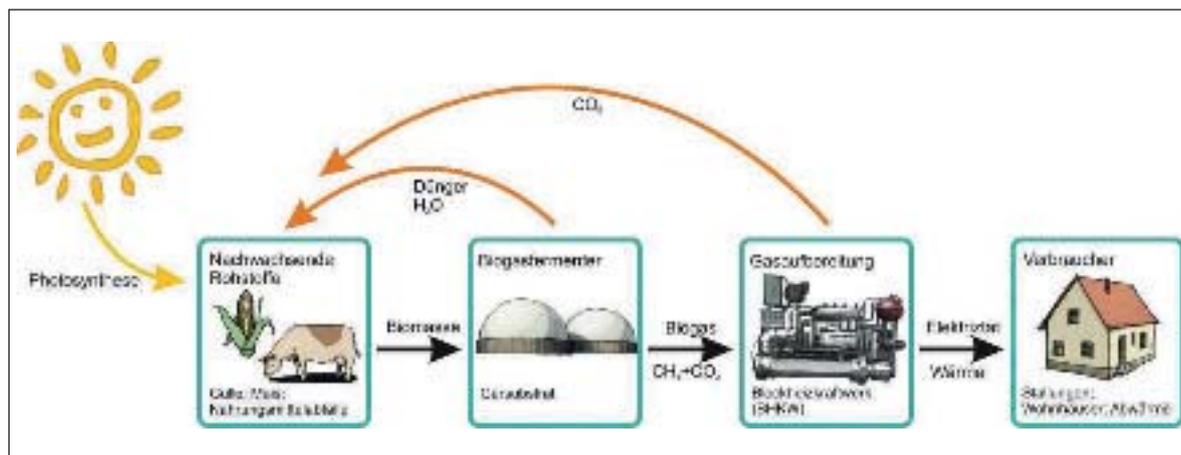


Abb. Schematische Darstellung der Biogasproduktion.

Optimierung des Betriebs eines Biogasfermenters mit Hilfe eines Feldeffekt-Biosensors auf der Basis eines lichtadressierbaren potenziometrischen Sensors (Bio-LAPS)

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing.
Michael J. Schöning,
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241.6009 53215

Prof. Dr. rer. nat.
Thorsten Selmer,
selmer@fh-aachen.de

Prof. Dr. rer. nat.
Marcus Baumann
baumann@fh-aachen.de

Förderung:
Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

Der Ausbau des Energieträgers Biomasse – im Falle von Biogas durch deren Vergärung – erfordert eine weitergehende Optimierung der Biogasgewinnung unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte. Hierzu müssen unter anderem neue Mess- und Analyseverfahren etabliert werden, die beispielsweise eine „on line“-Bestimmung der wichtigsten Kenngrößen und Parameter in Biogasanlagen ermöglichen. Um Störungen des Prozesses frühzeitig zu erkennen, ist es nötig, die Anforderungen der beteiligten Mikroben an ihren Lebensraum zu kennen. Für die Überwachung von Biogasanlagen werden nach derzeitiger Praxis in bestimmten Intervallen Proben an externe Analyselabors geschickt und verschiedene physikalisch-chemische Parameter der Proben bestimmt. Dies ist sehr aufwendig und kostenintensiv. Die Ergebnisse liegen nicht zeitnah vor, sodass erst mit einer erheblichen Verzögerung – und damit häufig zu spät – auf Fehlentwicklungen im Prozess reagiert werden kann. Die Auswirkungen von Veränderungen dieser Parameter auf die beteiligten Mikroorganismen und deren Identität sind zudem nur ungenügend bekannt.

Andererseits kann das „Wohlbefinden“ der beteiligten Mikroben selbst ein Signal erzeugen, welches bei entsprechender Überwachung direkt Auskunft über den Zustand des Prozesses liefert. Die metabolische Aktivität der beteiligten Mikroorganismen lässt sich über eine daraus resultierende pH-Wertänderung in deren unmittelbarer Umgebung bestimmen. Eine Messung der lokalen Ansäuerungsrate auf der Oberfläche eines Sensorchips, der mit prozessrelevanten Organismen bewachsen ist, würde eine kontinuierliche Überwachung der für den Fermentationsprozess wichtigen Bakterien ermöglichen. Hierfür müssen allerdings eine geeignete Sensorik etabliert und die beteiligten Mikroorganismen identifiziert werden.

Im Rahmen des am Institut für Nano- und Biotechnologien durchgeführten Projektes „Bio-LAPS“ soll

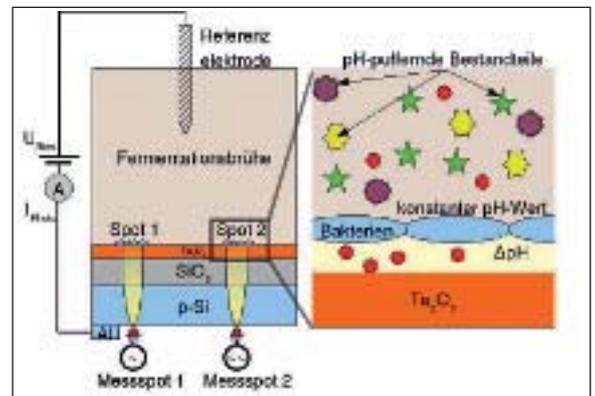


Abb. Schematische Darstellung des Funktionsprinzips des lichtadressierbaren potenziometrischen Sensors (LAPS) mit immobilisiertem Bakterienrasen.

deshalb ein neuartiger Biosensor, ein sog. lichtadressierbarer potenziometrischer Sensor (LAPS), entwickelt werden. Dafür sollen prozessrelevante Mikroorganismen auf eine definierte Sensoroberfläche aufgebracht und kultiviert werden. Die unmittelbare Ansäuerung zwischen Bakterien und Sensoroberfläche soll direkt aufgezeichnet werden (s. Abb.). Für die Auswahl geeigneter Mikroorganismen wurden dazu Methoden zur schnellen Identifizierung prozessrelevanter Mikroben und deren quantitativer Überwachung mittels Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) und Real-Time-PCR entwickelt. Zusätzlich wurde eine Parallelfementieranlage aufgebaut, um verschiedene Szenarien, welche die Beeinträchtigung dieser Mikroorganismen zur Folge haben können, im Labor zu simulieren und deren Auswirkungen auf die mikrobielle Lebensgemeinschaft zu verfolgen. Damit werden für die geplanten Untersuchungen im Rahmen der Funktionstests eines Bio-LAPS wesentliche Daten zur Artenzusammensetzung und damit zur Beurteilung der Gärbiologie zur Verfügung gestellt.

Modulares Sensorsystem für die Zellkultur-Prozessentwicklung (Cellsens)

Bei der Entwicklung neuer Medikamente nehmen biopharmazeutische Wirkstoffe rasant an Bedeutung zu. Solche Biopharmazeutika werden aus Zellen gewonnen, die hierzu unter optimalen Bedingungen kultiviert werden müssen. Die Einhaltung definierter Kulturparameter ist dabei von besonderer Bedeutung. Bei nicht optimalen Kulturparametern wird nicht nur die Produktivität der Zellen gesenkt, sondern auch die chemische Struktur des sekretierten Proteins verändert, was erheblichen Einfluss auf die pharmakologische Wirkung hat.

Zur Überwachung biotechnologischer Prozesse ist deshalb eine schnelle „in line“-Analytik im Bioreaktor (z. B. von Temperatur, pH-Wert, optischer Dichte, Leitfähigkeit) notwendig, um diese Prozesse zu optimieren und so die bestmögliche Ausbeute zu erzielen. Mithilfe eines „Echtzeit-Prozess-Monitorings“ können Zustände von Bioprocessen direkt beobachtet werden und somit unmittelbar bei Vorhandensein eines Problems während des Prozesses Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

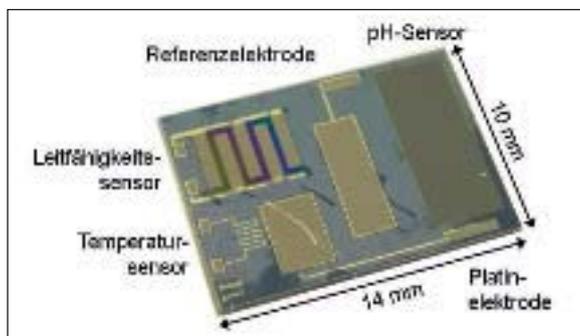


Foto des entwickelten Multisensorchips zur simultanen Messung von Elektrolytleitfähigkeit, Temperatur und pH-Wert.

Im Gegensatz zur „in line“-Analytik ist die „on line“-Messung und -regelung der Parameter Temperatur, Sauerstoffgehalt und pH-Wert mittels konventioneller Sensoren bereits Stand der Technik für großtechnische Anlagen. Eine besondere Herausforderung stellt jedoch die Erfassung der Konzentration der Nährstoffe Glukose und Glutamin als hauptsächlicher Kohlenstoff- und Energiequellen dar.

In dem am Institut für Nano- und Biotechnologien durchgeführten Projekt „Cellsens“ wird diese Problemstellung aufgegriffen. Ziel ist die Entwicklung eines festkörperbasierten Sensorsystems zur Überwachung von Zellkulturfermentationen. Hierzu werden drei unterschiedliche Sensormodi (Feldeffekt, Amperometrie, Konduktometrie) zum Nachweis von fünf relevanten Messgrößen (pH-Wert, Glukose, Glutamin, Temperatur, Elektrolytleitfähigkeit; s. auch Abb.) verwendet und unter Laborbedingungen und in realen Kulturmedien innerhalb eines Bioprocesses untersucht. Charakteristische Kenngrößen sind die Sensitivität, die Drift und Hysterese des jeweiligen Sensorsignals, das Ansprechverhalten, der Messbereich inklusive unterer und oberer Nachweisgrenze sowie die Lebensdauer. Entscheidender Vorteil der Verwendung der Siliziumtechnologie bei der Sensorherstellung ist die mögliche Miniaturisierung der Sensorchips. Dies ermöglicht eine „down scaling“-Variante, um neben „konventionellen“ Fermentationsprozessen auch Fermentationen im Millilitermaßstab mittels „in line“-Monitoring durchführen zu können.

Partner innerhalb des Projektes sind die Firma HiTec Zang GmbH (Herzogenrath), die Universität Hasselt (Belgien), die Philipps-Universität Marburg, das Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie und die Forschungszentrum Jülich GmbH.

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing.
Michael J. Schöning,
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241.6009 53215

Prof. Dr. rer. nat.
Manfred Biselli
biselli@fh-aachen.de

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung

„Nano-inspirierte“ Oberflächen für die Entwicklung spezifischer Feldeffekt-Biosensoren

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing.
Michael J. Schöning,
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241.6009 53215

Prof. Dr.
Arshak Poghosian
poghossian@fh-aachen.de

Förderung:
Deutscher Akademischer
Austauschdienst,
Alexander von Humboldt
Stiftung

Siliziumbasierte Feldeffektsensoren fungieren als Transducer-Struktur für eine neue Generation bio-chemischer Mikrosensoren: Rezeptorschicht und Si-gnalverarbeitung befinden sich in unmittelbarer Nähe, man spricht in diesem Zusammenhang auch von sog. bioelektronischen Bauelementen. Die daraus resultierenden Vorteile liegen auf der Hand, nämlich Miniaturisierbarkeit, schnelles Ansprechverhalten, Kombination der Einzelsensoren in Form von Sensorarrays, robuster Aufbau und niedrige Herstellungskosten im Falle einer Massenproduktion. Dementsprechend reicht das mögliche Anwendungsspektrum von den Lebenswissenschaften und der Medizin über die Umweltanalytik und Lebensmitteltechnologie bis hin zu Anwendungen im Bereich der Sicherheitstechnik.

Um insbesondere die Nachweisempfindlichkeit und Selektivität solcher bioelektronischer Sensoren weiter zu steigern, werden derzeit am Institut für Nano- und Biotechnologien gemeinsam mit internationalen Kooperationspartnern verschiedene Forschungsansätze im Bereich der Grundlagenforschung verfolgt:

- > Gemeinsam mit der Universität Hasselt (Prof. Dr. P. Wagner) werden nanokristalline Diamantschichten in Dünnschichttechnik (Schichtdicke ≤ 100 nm) mit Plasma-unterstützter Gasphasenabscheidung auf Feldeffektstrukturen deponiert. Neben den herausragenden elektrochemischen Eigenschaften sowie der für die Medizintechnik erforderlichen Biokompatibilität werden diese Schichten bzgl. ihrer Sensor- und Transducereigenschaften optimiert (s. Abb., unten).
- > Funktionalisierte Gold-Nanopartikel (Kooperation: Hebrew University Jerusalem, Dr. Gun) und Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Kooperation: University São Paulo, Prof. Dr. Siqueira) definieren exzellente Ausgangsmaterialien zur Ankopplung von Biomolekülen, die als Rezeptormaterialien zur Analyterkennung eingesetzt werden können (s. Abb., oben). Es hat sich in Schlüsselexperimenten gezeigt, dass hiermit sowohl die Empfindlichkeit als auch der lineare Messbereich solcher Biosensoren maßgeblich verbessert

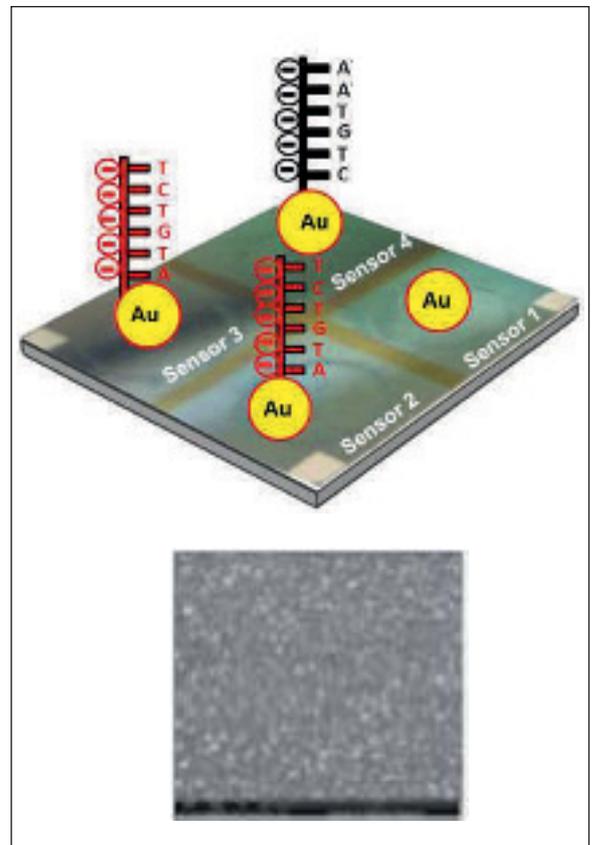


Abb. Bioelektronischer Sensorchip mit an Au-Nanopartikeln immobilisierter DNA (oben) und nanokristalline Diamantoberfläche als Funktionsschicht eines Feldeffektsensors (unten).

- > werden kann. Hiermit lassen sich beispielsweise markierungsfreie DNA-Sonden entwickeln.
- > In Kooperation mit der Clarkson University (Prof. Dr. E. Katz) werden auf der Basis von Enzym- und Goldnanopartikel-modifizierten Feldeffektsensoren logische Gates – wie sie aus der Halbleiterelektronik bekannt sind – entwickelt. Solche Gates könnten langfristig als „biocomputing“-Netzwerke ausgelesen werden; der Vorteil läge in der „einzigartigen“ Kodierung, definiert über die hohe Spezifität und Selektivität der verwendeten Rezeptormaterialien.

Multimodale Sensoren für die Umweltanalytik in flüssigen Medien im industriellen Umfeld

In einer Vielzahl von industriellen Prozessen kommen umweltgefährdende und teilweise giftige Substanzen bei der Herstellung zum Einsatz, wie beispielsweise in Kabeln, Farben, Legierungen, Batterien, etc. Dabei handelt es sich häufig um anorganische Stoffe wie Schwermetalle (z.B. Blei, Cadmium, Kupfer), die je nach Konzentration bei Wechselwirkung mit dem Menschen akute und chronische Vergiftungen hervorrufen können. Aus diesem Grund ist es von großer Wichtigkeit, eine zeitnahe und kontinuierliche Vor-Ort-Überwachung solcher industriellen Abwässer sicherzustellen, um einer Kontamination des Brauchwassers vorzubeugen. Herkömmlich genutzte Verfahren für die Wasseranalyse wie die Atomabsorptionsspektrometrie oder die Flüssigchromatografie bieten zwar eine hervorragende untere Nachweisgrenze, sind jedoch kostenintensiv und nur von geschultem Personal in einem Labor zu betreiben.

Potentiometrische Sensoren repräsentieren eine kostengünstige Alternative für die Vor-Ort-Überwachung solcher Schadstoffe; die Sensoren sind vielseitig und variabel einsetzbar. Die Grundstruktur dieser Sensoren (Transducerstruktur) wird mittels konventioneller Halbleitertechnologie prozessiert. Die sensitiven Mem-

branen werden im Anschluss auf die vorstrukturierten Elektrodenoberfläche abgeschieden. Diese Membranen sind so modifiziert, dass bei bestimmten Ionen in dem zu untersuchenden Analyten ein Sensorsignal generiert wird. Somit ist es möglich, verschiedene Ionen zu detektieren, wobei jeweils dieselbe Basisstruktur verwendet werden kann. Ein großer Vorteil von potentiometrischen Halbleitersensoren ist, dass sie miniaturisiert werden können. Dies impliziert, dass mehrere Sensoren zur zeitgleichen Detektion verschiedener Ionen auf einem einzigen Sensorchip realisiert werden können; es lässt sich auf diese Art und Weise ein Sensorarray aufbauen.

In dem am Institut für Nano- und Biotechnologien durchgeführten Vorhaben „Multimodale Sensoren für die Umweltanalytik in flüssigen Medien im industriellen Umfeld“ werden gemeinsam mit den russischen Industriepartnern Sensor Systems und Lumex, sowie dem Centre for Water Research and Quality Control (St. Petersburg) Sensoren zur Detektion verschiedener Kontaminationen, wie sie im industriellen Umfeld auftreten, entwickelt. Die Sensormembranen bestehen einerseits aus Chalkogenidgläsern, die mittels Laser-

deposition abgeschieden werden, und andererseits aus neu entwickelten Polymermembranen auf der Basis von Kationenaustauschern und chelatkomplexbildenden Substanzen. Abschließendes Ziel ist deren Kombination als Sensorarray in Form einer intelligenten „elektronischen Zunge“.

Projektleitung:
Prof. Dr.
Michael J. Schöning,
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241.6009 53215

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung



Abb. Sensorchip mit vier Chalkogenidglaelektroden (links) und verkapseltes und kontaktiertes Sensorarray auf einem Leiterplattensubstrat (rechts).

Gassensorik für den qualitativen und quantitativen Nachweis von H_2O_2 für aseptische Verpackungen im Bereich der Lebensmitteltechnologie

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing.
Michael J. Schöning,
schoening@fh-aachen.de
T +49. 241.6009 53215

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung /
Elopack / SIG Combibloc

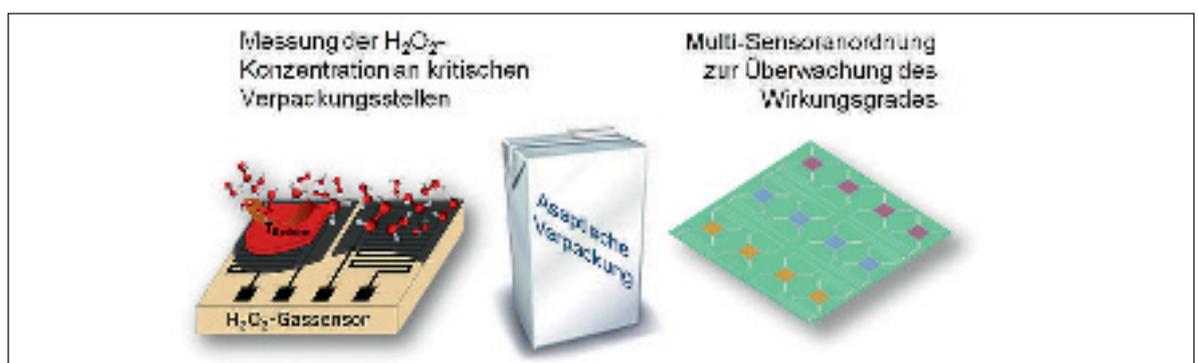
Aseptische Verpackungen werden vor der Befüllung mit dem jeweiligen Produkt (z. B. Fruchtsäfte, Milch) sterilisiert, um Lebensmittelverderber und pathogene Mikroorganismen zu inaktivieren. In der aseptischen Lebensmittelindustrie wird dabei vornehmlich Wasserstoffperoxyddampf (H_2O_2 -Dampf) für Verbundverpackungen eingesetzt.

Um eine keimfreie Verpackung zu erzielen, ist eine bestimmte Dosis H_2O_2 bei erhöhten Temperaturen während des Sterilisationsvorgangs notwendig. Dabei muss die Verpackungsoberfläche vollständig und gleichmäßig mit H_2O_2 -Dampf in Berührung kommen, um eine homogene Sterilisationswirkung zu erzielen. Damit die hohen Anforderungen der aseptischen Verpackungstechnik erfüllt werden können, müssen geeignete messtechnische Methoden zur Erfassung der H_2O_2 -Konzentrationen spezifiziert werden.

In dem vom BMBF unterstützten Verbundprojekt „Intellipack“ wurde als innovativer Lösungsansatz ein miniaturisiertes Sensorsystem realisiert, das implementiert in einer Testverpackung die Sterilisation von Lebensmittelverpackungen in der Prozesskette überwacht. Hierfür wurde ein kalorimetrischer Gassensor auf Chipebene zur Detektion von H_2O_2 -Dampf ausgelegt und gleichzeitig eine passive RFID-Elektronik zur berührungslosen Signalübertragung zwischen dem

Sensor und einer externen Sende-/Empfangeinheit entwickelt. Beide Komponenten, Sensor und RFID-Elektronik, werden derzeit zu einem Hybridsystem in einer Lebensmittelverpackung integriert. Mit dieser „intelligenten“ Lebensmittelverpackung („Intellipack“) kann der Sterilisationsprozess „in line“ in aseptischen Abfüllanlagen überwacht werden.

Im Rahmen eines zweiten Forschungsprojekts in Zusammenarbeit mit dem Linnicher Unternehmen SIG Combibloc Systems GmbH forscht das Institut für Nano- und Biotechnologien an der Entwicklung eines Multisensorsystems zur Erfassung des Wirkungsgrades von aseptischen Sterilisationsprozessen mittels H_2O_2 -Dampf. Hierzu wird zunächst die Sterilisationswirkung mithilfe von mikrobiologischen Tests bestimmt. Zeitgleich werden Messungen mit verschiedenen Gassensoren durchgeführt. Über ein multivariablen Verfahren werden die Ergebnisse der mikrobiologischen Tests zusammen mit den erzeugten Sensorsignalen analysiert. Hierbei soll ein Zusammenhang zwischen der Sterilisationswirkung und den Sensorsignalen hergestellt werden. Ist das Sensorsystem ausreichend trainiert, lässt sich die Sterilisationswirkung künftig anhand der Sensorsignale ohne die Durchführung mikrobiologischer Tests bestimmen. Das Sensorsystem stellt somit eine zeit- und kostensparende Alternative zu den mikrobiologischen Tests dar.



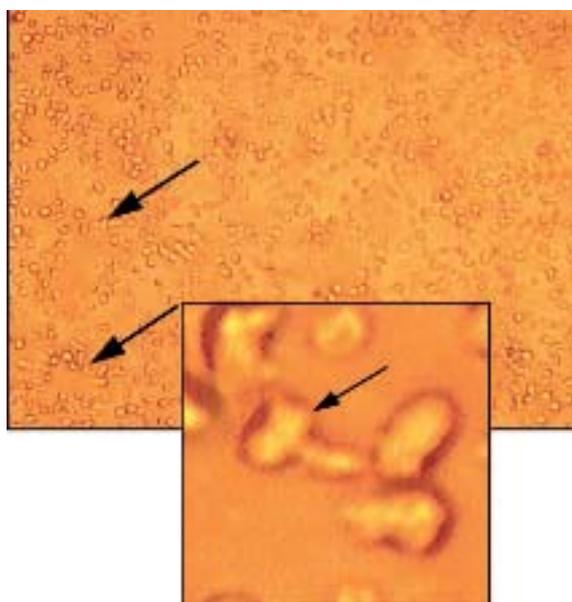
Bioelektronischer Sensorchip mit an Au-Nanopartikeln immobilisierter DNA (links) und nanokristalline Diamantoberfläche als Funktionsschicht eines Feldeffektsensors (rechts).

„Entwicklung von therapeutischen Impfstoffen gegen Krebs“

In diesem Projekt geht es um die Entwicklung von therapeutischen Impfstoffen gegen Gebärmutter- und Prostatakrebs. Da die bisherigen konventionellen Therapien (chirurgische Maßnahmen, Radio- und Chemotherapien) häufig unbefriedigend sind, ist es dringend notwendig, neue therapeutische Ansätze zu entwickeln. Eine Möglichkeit besteht darin, das körpereigene Immunsystem (v.a. zytotoxische T-Lymphozyten) mittels einer Impfung gegen die Krebszellen zu mobilisieren. Dabei werden dem Immunsystem bestimmte Erkennungsstrukturen der Krebszellen präsentiert und als Folge lernen die Immunzellen, diese Strukturen auf den Krebszellen zu erkennen. Interessant ist gerade auch bei metastasierenden Verlaufsformen, dass die aktivierten Immunzellen selbst einzelne Krebszellen sicher aufspüren können.

Dabei liegt ein Fokus auf der Entwicklung von Impfstoffen, welche aus DNA bestehen. Diese DNA wird im Rahmen der Impfung in den Muskel injiziert und kodiert für die Erkennungsstrukturen der Krebszellen, welche das Immunsystem schließlich gegen die Krebszellen aktivieren. Dies bedeutet, dass der eigentliche Impfstoff erst im Muskel hergestellt wird. Im Vergleich zu den bisherigen Impfstoffen (welche aus Proteinen bzw. Proteinbruchstücken bestehen) sind DNA-basierte Vakzine deutlich günstiger herzustellen und einfacher anzuwenden.

Beispielsweise haben wir ein künstliches Gen entwickelt, welches zur adjuvanten Therapie des Gebärmutterhalskrebses (Zervixkarzinom) eingesetzt werden kann. Jährlich werden etwa 500 000 neue Fälle an Gebärmutterhalskrebs diagnostiziert und alleine in Deutschland sterben Jahr für Jahr 2000 Frauen von diesem Krebs. Gebärmutterhalskrebs wird durch eine persistierende Infektion mit bestimmten Humanen Papillomviren (HPV) hervorgerufen. Unser Gen basiert



Proliferierende zytotoxische T-Lymphozyten mit Spezifität für Gebärmutterhalskrebszellen in der Zellkultur

auf dem Onkogen E7 des Humanen Papillomvirus Typ 16. Das künstliche Gen, welches wir für die Immuntherapie einsetzen, zeigte im Tiermodell eine eindrucksvolle antitumorale Aktivität. Derzeit ist eine klinische Studie der Phase I in Vorbereitung – wenn alle drei erforderlichen klinischen Phasen entsprechend positiv ausgehen, könnte der Impfstoff in einigen Jahren verfügbar sein. Es sollen dann Frauen mit dem Impfstoff behandelt werden, bei denen Gebärmutterhalskrebs bzw. idealerweise erst Vorstufen des Krebses diagnostiziert wurden.

*Projektleitung:
Prof. Dr. rer. nat.
Peter Öhlschläger,
oehlschlaeger@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53835*

*Förderung:
u.a. Deutsche Forschungsgemeinschaft, industrielle Sponsoren*

*Kooperationspartner:
ERA Biotech, Barcelona,
Spanien*

Institut für Bioengineering (IfB)

Institut für Bioengineering
FH Aachen, Campus Jülich
Heinrich-Mußmann-
Straße 1
52428 Jülich

Geschäftsführender
Institutsleiter:
Prof. Dr. rer. nat. habil. Ger-
hard M. Artmann
(Zellbiophysik)
artmann@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53028

Koordinator:
Dipl.-Ing. Peter Kayser
kayser@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53866

Weitere Mitglieder
Prof. Dr.-Ing.
Mehdi Behbahani
(Biomaterialien)
Dr. Ilya E. Digel
(Zell- und Mikrobiologie)
Prof. Dr.-Ing.
Manfred Staat
(Mechanik und
Biomechanik)
Prof. Dr. Dr.
Aysegül Temiz Artmann
(Medizinische &
Molekulare Biologie)



Abb. 1: Die IfB-Arbeitsgruppen Zellbiophysik (Prof. Dr. habil. Gerhard M. Artmann), Biomaterialien (Prof. Dr.-Ing. Mehdi Behbahani), Zell- und Mikrobiologie (Dr. Ilya Digel) sowie Medizinische & Molekulare Biologie (Prof. Dr. Dr. Aysegül Temiz Artmann)

Die Biowissenschaften und daran angrenzende Disziplinen entwickeln sich zu einem der wichtigsten Innovationsbereiche im 21. Jahrhundert. Die hohe Bedeutung des Bioengineering zeigt sich dabei in seinem vielfältigen Nutzen für die Medizin, die Pharmakologie oder die Biochemie. Das Bioengineering wendet Prinzipien der Ingenieur- und Naturwissenschaften auf Organe, Gewebe, Zellen und Moleküle an und entwickelt mit dieser Methode technische Lösungen für aktuelle Fragen der Gesundheitsforschung.

Das 2007 aus der vom Land NRW geförderten Kompetenzplattform Bioengineering heraus gegründete Institut für Bioengineering (IfB) bündelt auf diesem interdisziplinären Themenfeld die an der FH Aachen vorhandenen Kompetenzen in Biophysik, Mechanik, Materialtheorie, molekularer Medizin, Zell-, Molekular- und Mikrobiologie sowie der Entwicklung zellbiologischer Messverfahren. Ein Forschungsschwerpunkt des Institutes ist die Biomechanik. Sie umfasst unter anderem die Gebiete Rheologie, Materialtheorie,

Finite-Elemente-Methode (FEM) und Optimierung als mathematisches Verfahren des Remodellings, der Parameteridentifikation, der biomechanischen Mehrkörpersimulation (MKS) und der Traglast- und Einspielanalyse in Struktur- und Bruchmechanik, sowie der Entwicklung von rheologischen und mechanischen Mess- und Prüfverfahren. Mit der zellbiophysikalischen Grundlagenforschung bis zur Entwicklung von Verfahren der Zell- und Gewebeforschung befasst sich die Zellbiophysik, der zweite Forschungsschwerpunkt des IfB. Darüber hinaus bietet das Institut Dienstleis-

tungen im biomedizinischen Bereich wie beispielsweise (mikro-)biologische Überprüfung von Geräten in der Gesundheitsvorsorge, Cell Based Drug Screening Assays sowie Geräteentwicklung zur Untersuchung von Molekülen, Zellen und Geweben an. Zu den weiteren Dienstleistungen des IfB zählen die Entwicklung zellbiologischer Messverfahren, Materialtheorie und Biowerkstoffe, numerische Simulationen und Analysen (FEM, MKS), mechanische Messungen, medizinische und molekulare Biologie sowie Zell-, Molekular- und Mikrobiologie.



Die IfB-Arbeitsgruppe Mechanik und Biomechanik (Prof. Dr.-Ing. Manfred Staat)

Zellbiophysik

Personalisierte Medizin – Wirkstoffanpassung mit CardiaKytos



Ansprechpartner:
Prof. Dr. habil.
Gerhard M. Artmann
Artmann@fh-aachen.de
T.+49. 241. 6009 53028

Förderung:
Ziel 2 "Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung" 2007-2013, im Rahmen des EFRE Programms (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung)



Europa – Investition
in unsere Zukunft

Laut Robert-Koch-Institut belegen in Deutschland die Hypertonie Platz 4 und Herz-Kreislauf-Erkrankungen Platz 2 auf der Todesrisikoliste. Es wird eine prozentuale Zunahme der Herzinfarkte von 109% bis 2050 prognostiziert. Eine Verbesserung der Behandlungsmaßnahmen würde zu einer starken Kostenreduzierung im Gesundheitswesen führen und die Situation einer Vielzahl von Patienten verbessern. Die personalisierte Medizin ermöglicht die Entwicklung von gezielten Therapien mit körpereigenem Material – wie zum Beispiel Stammzellen. Diese Therapien weisen tendenziell geringere Risiken für Nebenwirkungen oder Abstoßung auf.

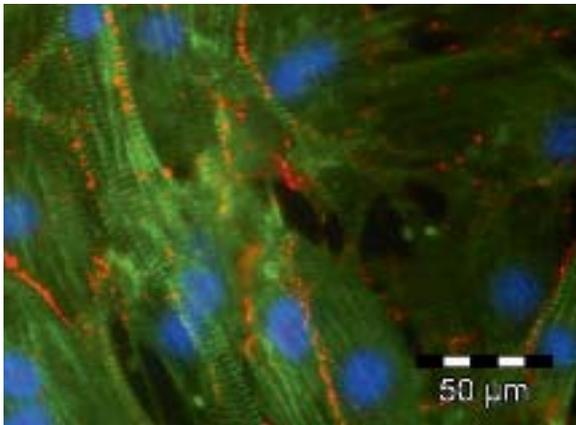


Abb.: Immunfärbung, gegen das kardiale Actin (grün). Es ist die typische Querstreifung der Herzzellen erkennbar wie auch das Gapjunctionprotein Connexin 43 (Cx43, rot). Die Cx43 positiven Foki befinden sich spezifisch nur in Bereichen mit Zell-Zell-Kontakte

Mit dem sich gerade in der Entwicklung befindlichen System des Labors für Zellbiophysik (LZBP), CardiaKytos, soll in Zukunft ein Verfahren zur Verfügung stehen,

welches gerade im Hinblick auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen eine Möglichkeit bietet, in diesem schwer greifbaren Gebiet personalisierte Medizin zu betreiben.

Das Verfahren dient der Messung mechanischer Eigenspannungen und rhythmischer Schlagamplituden von Monolayern stammzellbasierter Kardiomyozyten für die funktionelle Medikamenten- und Toxinforschung und ist speziell eben auch für die personalisierte Medizin ausgelegt. Es beruht auf der im LZBP entwickelten, und weltweit patentierten CellDrum™-Technologie, die mit CardiaKytos weiterentwickelt wird. Die zu untersuchenden Stammzellen liefert ein Industriepartner.

Dabei ermöglicht die CellDrum™-Technologie, geringste Veränderungen in den mechanischen Spannungen, welche in dünnen Gewebeschichten vorherrschen, zu quantifizieren. Als einfaches Beispiel ist in diesem Zusammenhang die Untersuchung von blutdruckregulierenden Medikamenten zu nennen.

Da in der heutigen Zeit für viele Krankheitsbilder nicht nur ein einziges Medikament, sondern gleich eine ganze Palette unterschiedlichster Wirkstoffe zur Verfügung stehen, obliegt es dem behandelnden Arzt zu entscheiden, welches Medikament die beste Wirkung bei geringsten Nebenwirkungen erzielt.

Vieles, was beim Patienten oft erst nach einer gewissen Zeit an zum Teil auch gravierenden Nebenwirkungen festzustellen ist, wird über den Ansatz der personalisierten Medizin mittels CardiaKytos – nach erfolgreichem Abschluss des Projektes – wesentlich schneller erkannt werden.

Labor für Biomaterialien

Biokompatibilität von Werkstoffen blutdurchströmter Medizingeräte

Die Untersuchung der Verträglichkeit von Biomaterialien in Kontakt mit Blut und anderen Körperflüssigkeiten ist heute ein Forschungsgebiet, dem zunehmend große Aufmerksamkeit gewidmet wird. Die Auswahl biokompatibler Werkstoffe und geeigneter Oberflächenbeschichtungen ist insbesondere erforderlich für das erfolgreiche Design von Blutpumpen, künstlichen Herzklappen, Oxygenatoren und Stents und kann für das Überleben von Patienten entscheidend sein. Neben den erwünschten mechanischen und funktionalen Eigenschaften, dürfen die blutkontaktierenden Komponenten nicht die Schädigung von Blutzellen oder die Entstehung von Thrombosen zur Folge haben.

Die Suche nach geeigneten Biomaterialien erfordert die Beschäftigung mit Aspekten aus den Bereichen Medizin, Biologie, Chemie und Werkstoffkunde. Bei Fließvorgängen sind zusätzlich Kenntnisse der Strömungslehre und Methoden der numerischen Strömungssimulation hilfreich, denn das Verhalten der zellulären Blutbestandteile und der im Plasma gelösten Proteine kann für verschiedene Strömungssituationen sehr unterschiedlich sein.

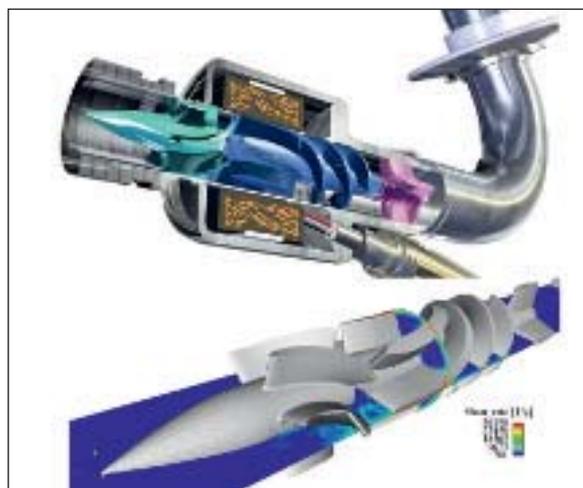


Abb. 1: MicroMed DeBakey Blutpumpe zur Unterstützung der Herzfunktion. Oben: Darstellung der Komponenten der Blutpumpe. Unten: Visualisierung von Daten aus numerischen Berechnungen der Strömungszustände in der Blutpumpe. Besonders hohe Scherraten (rote Bereiche) können zu verstärkter Zellschädigung führen.

Im Brennpunkt der Forschung stehen einerseits Entwicklung und Betrieb von Experimentalaufbauten und andererseits die numerische Strömungsberechnung und Modellierung der Reaktionen von Blutzellen, insbesondere der Blutplättchen (Thrombozyten). Die Untersuchungen beinhalten sowohl einfache wohldefinierte Strömungszustände in einer Fließkammer wie auch unphysiologische und turbulente Zustände in einer Axialblutpumpe mit komplexer Geometrie. Numerische Vorhersagen der Thrombozytenreaktionen werden getroffen und durch die Experimentaldaten validiert. Es kommt dabei ein mathematisches Blutschädigungsmodell zum Einsatz, das bereits anhand ausgesuchter Testfälle erfolgreich validiert werden konnte.

In den Studien wird besonderer Wert darauf gelegt, verschiedene Materialien zu testen und deren Blutfreundlichkeit vergleichend zu evaluieren. Auch die Beschichtung von Komponenten zur Erzeugung passivierter Oberflächen – wie sie heutzutage beispielsweise in Stents verwendet werden – stellt ein wichtiges Thema dar.

Das Erreichen eines tieferen Verständnisses der Material- und Strömungseinflüsse soll zu einer werkstoffseitigen Verbesserung bestehender und zukünftiger Medizingeräte führen.

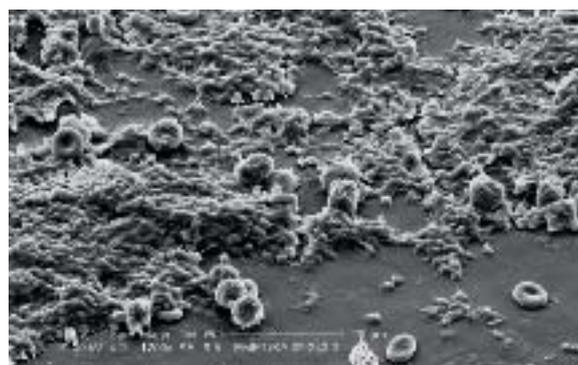


Abb. 2: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Zellanhaftung an blutdurchströmten Polymerbauteilen; sichtbar sind hügelartiges Thrombozytenwachstum sowie vereinzelt Erythrozyten und Leukozyten.



Kontakt:
Prof. Dr.-Ing.
Mehdi Behbahani
Institut für Bioengineering
Labor für Biomaterialien
behbahani@fh-aachen.de
T. +49. 241. 6009 53727

Kooperationen:
Lehrstuhl für Computer-
gestützte Analyse Technischer Systeme, RWTH Aachen (Prof. M. Behr)
Helmholtz Institut Aachen, Applied Medical Engineering, Kardiovaskuläre Technik (Prof. U. Steinseifer)
Helmholtz Institut Aachen, Applied Medical Engineering, Tissue Engineering (Prof. S. Jockenhoevel)
Institut für Experimentelle Tiermedizin, Uniklinikum Aachen (Prof. R. Tolba)
Fa. Fresenius Medical Care Deutschland GmbH, Bad Homburg v.d.H., System Development of R&D International

Labor für Zell- und Mikrobiologie

Zusammenschluss von Molekularer Biophysik und Mikrobiologie



*Ansprechpartner:
Dr. Ilya Digel
Institut für Bioengineering
Labor für Zell- &
Mikrobiologie
Digel@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53862*

*Kooperationspartner:
Sharp Corp. Osaka, Japan;
Kasachische Nationale Al-Farabi Universität, Almaty, Kasachstan;
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln;
Hanka Gartenbau, 47906 Kempen*

Das Labor für Zell- & Mikrobiologie (LZM, Dr. Ilya Digel) verstärkt und ergänzt das Spektrum des IFBs insbesondere auf den Gebieten Mikrobielles Bioengineering, Biotechnologie sowie Molekulare Biophysik. Einige ausgewählte Themen sollen knapp vorgestellt werden:

Luftreinigung und Desinfektion mittels Cluster-Ionen

Die meisten Krankheitserreger gelangen durch Inhalation in den Organismus. Eine seit einigen Jahren in Japan entwickelte Luftreinigungstechnologie beruht auf der Erzeugung von Ionen, die, da ebenfalls natürlich vorkommend, für den Menschen unbedenklich sind. Untersuchungen des LZM ergaben, dass bei der Anlagerung der Cluster-Ionen an Keime, diese durch dabei entstehende freie Radikale zerstört werden.

Adsorptionsbasierte Therapie für den septischen Schock

Sepsis und septischer Schock sind weltweit eine der Haupttodesursachen und ihre Therapie stellt nach wie vor eine medizinische Herausforderung dar. Das LZM beschäftigt sich mit der extrakorporalen Aufreinigung infizierten Blutes; die derzeit im klinischen Gebrauch befindlichen Systeme sind leider zu uneffektiv. Endotoxine (die Hauptverursacher des septischen Schocks) sollen spezifisch aus dem Blut entfernt werden. Die neuen adsorptionsbasierten Technologien ermöglichen

eine schnelle und kostengünstige Blutaufreinigung mittels nanostrukturierter, pflanzenbasierter Kohlenstoffmaterialien. Erste Ergebnisse sind ausgesprochen ermutigend.

In-situ-Dekontaminationsverfahren für die Raumfahrt

Um eine noch unberührte Umwelt auf fernen Welten wie auch auf der Erde bei deren Untersuchung zu schützen, ist es unabdinglich, sämtliche eindringenden Gerätschaften zuvor von mikrobiellen Infektionen zu befreien. Da eine Vorab-Sterilisation nur unbefriedigende Ergebnisse erreicht, entwickelt das LZM ein Verfahren, das erst kurz vor dem Eindringen in das unberührte Habitat Anwendung findet und somit nachträgliche Kontaminationen ausschließt. So können erstmals Bedrohungen für existierende subglaziale Ökosysteme der Erde bei ihrer Erforschung ausgeschlossen und der Weg einer Sondenentwicklung zur Erforschung fremder Planeten gezeigt werden.

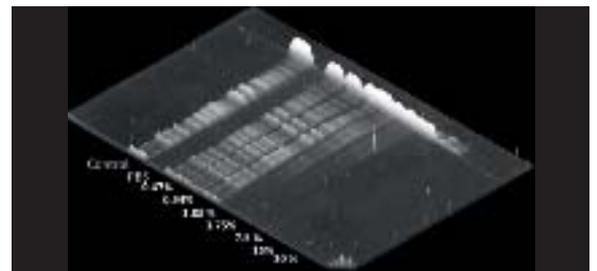


Abb. 2: Proteindegradation von E-Coli nach Wasserstoffperoxid-Behandlung

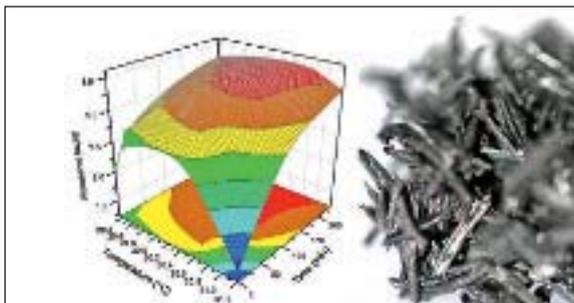


Abb. 1: links: Endotoxinadsorption an pyrolytischem Kohlenwasserstoff, rechts: pyrolytischer Kohlenwasserstoff

Bekämpfung von Viroiderkrankungen bei Pflanzen

Viroide sind parasitische RNA-Moleküle und schädigen viele Kulturpflanzen – oft auch mit schwerwiegenden volkswirtschaftlichen Folgen. Möglichkeiten, betroffene Pflanzen zu heilen oder wenigstens zu bereinigen, sind bislang unbekannt; die Pflanzen fallen der Vernichtung anheim. Entwickelt wird ein hochinnovatives Verfahren zur Bekämpfung von Viroid-Infektionen in Pflanzen, das sich die biophysikalischen Eigenschaften der Viroide zunutze macht.

Labor für Biomechanik

Virtuelle Realität: Geglättete Finite-Elemente – Methode zur Simulation in der Medizintechnik



Abb. 1: Haptiksimulation in der Medizin in Zusammenarbeit mit der Virtual Reality Group der RWTH Aachen.



Kontakt:
Prof. Dr.-Ing.
Manfred Staat
Institut für Bioengineering
Labor Biomechanik
Heinrich-Mußmann-
Straße 1
52428 Jülich
m.staat@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53120

Zur sicheren Durchführung von chirurgischen Eingriffen benötigt man fundierte theoretische Kenntnisse, gute Fingerfertigkeiten und sehr viel Übung. Zur Kostenreduzierung, zur Reduzierung des Risikos für Patienten, zur Schaffung reproduzierbarer Situationen werden Operationen in Simulationen innerhalb einer virtuellen Realität trainiert.

Solche medizinischen Simulationen beinhalten sehr viele Herausforderungen für den Entwickler. Die größte ist neben der geometrischen Komplexität sicherlich die Geschwindigkeit, in der sie ablaufen müssen. Um einem Studenten die Möglichkeit zu bieten, einen chirurgischen Eingriff zu trainieren (Abb. 1), muss eine haptische Rückmeldung im geringen zweistelligen Millisekundenbereich erfolgen. Simulationen in Realzeit sind also immer zeitkritisch, weshalb Simulationsverfahren, wie die Finite-Elemente-Methode (FEM) ständig weiterentwickelt und verbessert werden. Die Doktoranden Minh Tuan Duong und Ralf Frotscher arbeiten am Labor für Biomechanik unter Leitung von Dr.-Ing. T. N. Tran und Prof. Dr.-Ing. M. Staat daran, die sogenannte geglättete FEM in bestehende große Softwarepakete zu integrieren.

Diese Methode wurde erst vor wenigen Jahren von G. R. Liu und T. Ngyuen-Thoi in Singapur entwickelt. Sie

hat den großen Vorteil, dass sie die Schwachstellen der sehr beliebten Dreiecks- und Tetraederelemente teilweise beseitigt und so wesentlich weniger Elemente bei gleichbleibender Genauigkeit zur Simulation eines Problems benötigt werden. Dadurch bringt sie einen beachtlichen Zeitgewinn gegenüber der gewöhnlichen FEM.

Weiche biologische Gewebe (Muskeln, Organe, Blutgefäße, Bindegewebe) sind inkompressibel und zeigen bereits unter moderaten Belastungen große Verformungen. Beides führt bei der FEM zu beträchtlichen numerischen Schwierigkeiten. Die Entwickler der geglätteten FEM konnten an diversen 2D- und 3D-Modellen demonstrieren, dass ihre Methode beide Probleme beheben kann.

Die geglättete FEM verspricht also nicht nur einen Zeitgewinn, sondern zusätzlich einen Qualitätsgewinn der Simulationen. Daher integrieren wir diese Methode derzeit am Labor Biomechanik in die bei uns genutzten offenen FEM-Pakete wie Code_Aster von der Électricité de France (EDF) und SOFA vom Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) in den für uns sinnvollen Teilen und prüfen ihren Nutzen für die medizinische Simulation.

Förderung:
Vietnamese Ministry of
Education and Training
(MOET) with project 322
and DAAD Germany.

Kooperationen:
RWTH Aachen
EDF, Frankreich
INRIA, Frankreich
University of Cincinnati

Labor für Biomechanik

Optimierung chirurgischer Klammernahtgeräte zur operativen Darm-Anastomose

Kontakt:
 Prof. Dr.-Ing. Manfred Staat
 Institut für Bioengineering
 Labor Biomechanik

m.staat@fh-aachen.de
 T +49. 241 . 6009 53120

Förderung durch:
 COVIDIEN, Trevoux,
 Frankreich und North
 Haven, USA.

Kooperationen:
 COVIDIEN, Trevoux,
 Frankreich und North
 Haven, USA
 Universitätsklinikum
 der RWTH Aachen

Die operative Entfernung erkrankter Darmabschnitte wird bei Krankheiten wie Krebs, Dickdarmentzündung, Darmpolypen und Divertikulitis, am Dickdarm, am Rektum und am Anus durchgeführt. Während einer Darmresektion wird der identifizierte Teil des Darms entfernt und die beiden gesunden Enden des Darms werden mithilfe einer sogenannten Ende-zu-Ende-Anastomose verbunden. Dabei wird häufig geklammert (Abb. 1) statt genäht. Obwohl das Klammern standardisierter, schneller und einfacher ist als das Nähen und Vorzüge, wie eine sehr gute Kontrolle des Blutflusses, geringe Eingriffe ins Gewebe und Einheitlichkeit hat, existieren doch immer noch Probleme mit postoperativen Blutungen, undichten Stellen und Verengungen der Passage.

Einige Fragen, die häufig von Herstellern und Chirurgen gestellt werden, sind: Welche Anordnung der Klammern ist optimal: ein-, zwei- oder dreireihig? Wie soll bei gegebener Gewebedicke geklammert werden, ohne



Abb. 1 Chirurgisches Klammerngerät

Nekrose durch eine mangelnde Blutversorgung? Wie vermeidet man Blutungen und undichte Stellen nach einem chirurgischen Eingriff am Darm oder Rektum?

Zur Beantwortung der oben gestellten Fragen führen Dr.-Ing. T. N. Tran und Prof. Dr.-Ing. M. Staat experimentelle Messungen und Finite-Elemente-(FE)-Simulationen durch und untersuchen daran das mechanische Verhalten einer solchen Darm-Anastomose, sowie den Einfluss der chirurgischen Klammern auf das Gewebe und seine Heilung. In diesem Kontext wurden Zug- und Drucktests zur Charakterisierung der Gewebeeigenschaften durchgeführt. Des Weiteren wurden Aufblasversuche gemacht, die zur Einschätzung der Dichtigkeit und Festigkeit der geklammerten Darm-Anastomose, sowie der Validierung der FE Simulationen dienen (Abb. 2a). Mithilfe der identifizierten Materialparameter wurden FE-Simulationen durchgeführt, um den Einfluss der Klammernaht auf die Gewebezustände zu ermitteln (Abb. 2b). Dieses Industrieprojekt von Prof. Dr. med. R. Tolba, dem Direktor des Instituts für Versuchstierkunde des Universitätsklinikums Aachen, wird von der Firma Covidien mit Arbeitsgruppen in Trevoux, Frankreich, und North Haven, USA, fachlich begleitet und finanziert. Beratend ist Prof. Dr. med. U. Klinge, Chirurgische Klinik am Universitätsklinikum Aachen, engagiert beteiligt. In der Fortsetzung dieser Kooperation werden biologische Prozesse in die Untersuchungen einbezogen, damit die biomechanischen Ergebnisse verifiziert werden können.

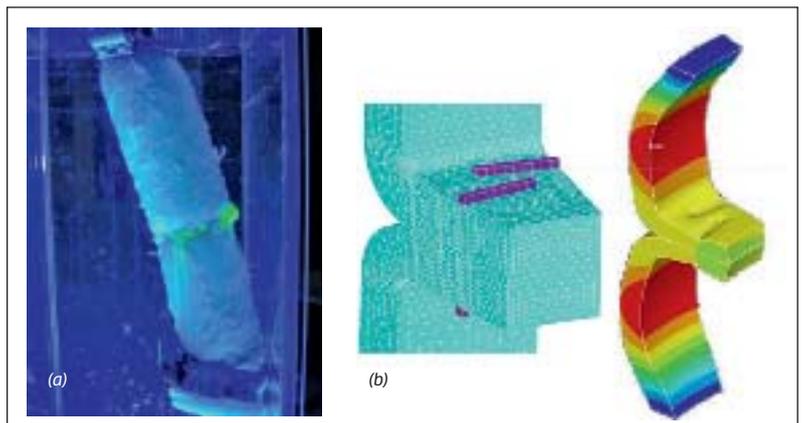


Abb. 2 (a): Aufblasversuch mit grüner Leckage und (b): Finite-Elemente-Simulation

Labor für Medizinische & Molekulare Biologie

CARA - Entwicklung einer nichtinvasiven Sonde für den klinischen Einsatz zur Prognose des Risikos einer Frühgeburt bei Schwangeren

Der frühe vorzeitige Blasensprung (fvBS) ist die Ruptur der Fruchtblase vor dem eigentlichen Geburtsbeginn und vor Erreichen der Neugeborenenreife. Er stellt den Hauptgrund aller Frühgeburten dar und verkörpert medizinisch und wirtschaftlich eines der größten klinischen Probleme in der Geburtshilfe unserer Zeit. Im Projekt CARA, wird eine die fetale Eihaut nicht durchdringende und berührungslos arbeitende, optische Sonde für den klinischen Einsatz zur Prognose des Risikos einer Frühgeburt bei Schwangeren entwickelt. Mit der erfolgreichen Umsetzung des Projekts kann es gelingen, das Risiko von Frühgeburten zu prognostizieren. Damit wäre ein hoher sozioökonomischer Nutzen für die Gesellschaft erzielt und es würde einem uralten Leid eine rechtzeitige Diagnose und Risikoquantifizierung entgegengesetzt. Partner des Projektes sind: Dr. med. M. Valter, Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und

Geburtshilfe der Unikliniken Köln, Frau Prof. Dr. Dr. A. Artmann, IfB Labor für Medizinische & Molekulare Biologie und Prof. Dr. rer. nat. habil. G. M. Artmann, IfB Labor für Biophysik, das Universitätsklinikum Lübeck und verschiedene Industriepartner.

Das Projekt

Im Projekt CARA wird ein endoskopartiges Instrument für den Einsatz in der Klinik entwickelt, das nichtinvasiv, mechanische, optische und biologische Parameter der Eihaut am cervikalen Pol der menschlichen Fruchtblase ermittelt (Abb. 1). Zusätzlich wird ein Querschnittsbild der Eihaut an gleicher Stelle der Fruchtblase erstellt. Dieses macht anatomische Strukturen im Querschnitt der Fruchtblase sichtbar und geschieht berührungslos-optisch mithilfe der „Optischen Kohärenztomografie“. Das Schnittbild liefert mit einer Auflösung von ca.10 µm einen Blick auf



Kontakt und Projektkoordinatorin:
Prof. Dr. Dr. Aysegül Temiz Artmann
Institut für Bioengineering
Labor für Medizinische & Molekulare Biologie
a.artmann@fh-aachen.de
T+ 49. 241. 6009 53922

Gefördert durch:
Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestags.

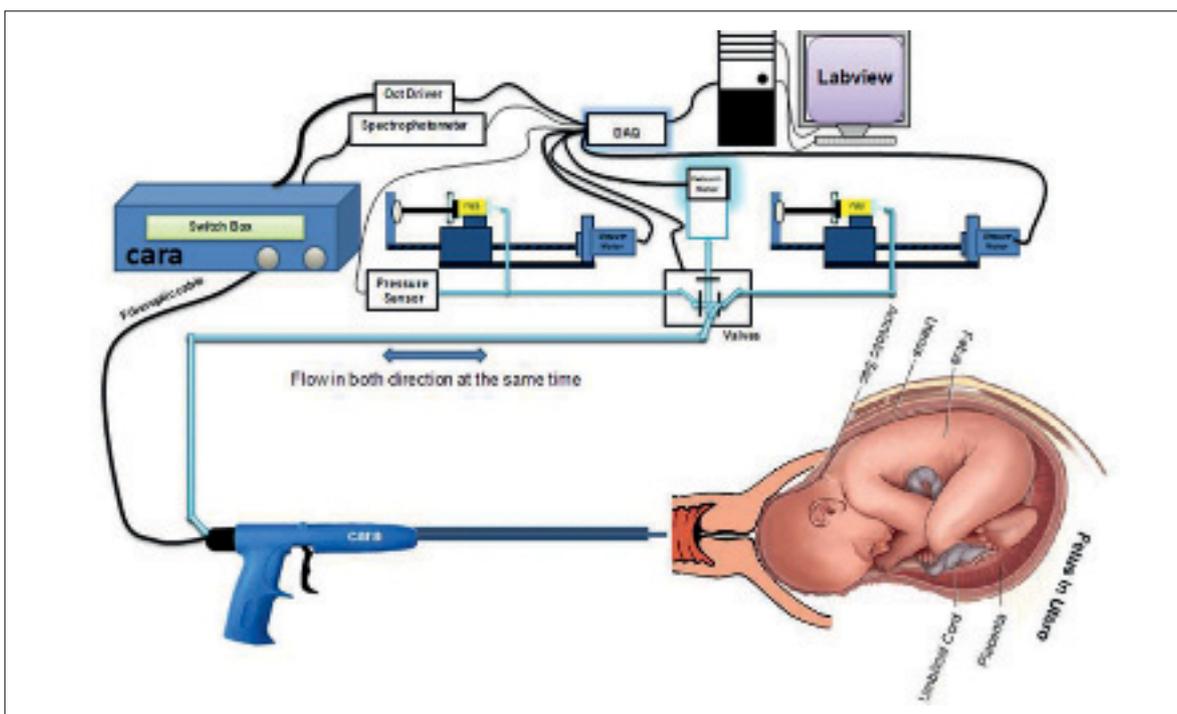


Abb.1: Prinzipskizze des Verfahrens.

die Eihaut, als würde man diese durchschneiden und auf die Schnittfläche blicken (Abb. 2). Das Instrument soll dazu dienen, den vorzeitigen Blasensprung (VBS) und den frühen VBS zu prognostizieren. Es wird ein für den klinischen Einsatz verwendbarer Prototyp entwickelt, der später in einer Vorsorgeuntersuchung zeigen könnte, ob ein vorzeitiger Blasensprung zu erwarten ist.

Die Eihaut

Eihäute bestehen aus einer äußeren Chorion- und einer inneren Amnion-Schicht, welche im Verbund als Fruchtblase das Fruchtwasser und den darin schwimmenden Fetus umgeben. Das Amnion umgibt unmittelbar das Fruchtwasser und ist an dessen Synthese und Resorption vor allem in den ersten 16 Schwangerschaftswochen beteiligt. Zusätzlich sind die beiden Eihäute durch eine Intermediärschicht verbunden, die sich zu Amnion und Chorion jeweils mittels Basalmembranen abgrenzt.

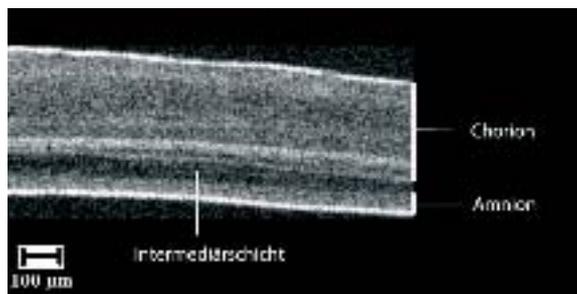


Abb.2: Schnittbild einer fetalen Eihaut, berührungslos-optisch aufgenommen mit einem Optischen Kohärenztomografen (OCT), die einzelnen Membranschichten sind gut erkennbar

Biomechanik (Kooperation mit dem IfB Labor für Biomechanik, Prof. M. Staat)

Als Initiator des mechanischen Versagens der Eihaut werden oft Schwachstellen/Verdünnungen in der Membrantextur genannt. Untersuchungen des Labors für Medizinische & Molekulare Biologie des IfB (LMMB), zeigen, dass Gewebe im cervicalen Bereich im Vergleich zum übrigen Fruchtblasengewebe nur ca. 55% der mechanischen Festigkeit aufweisen. Untersuchungen belegen weiter den positiv korrelierten Zusammenhang zwischen Reißfestigkeit und Schichtdicke. Es wurde auch festgestellt, dass der Blasensprung in zwei Stufen stattfindet: Bei mechanischer Belastung reißt zuerst das Chorion und dann das Amnion.

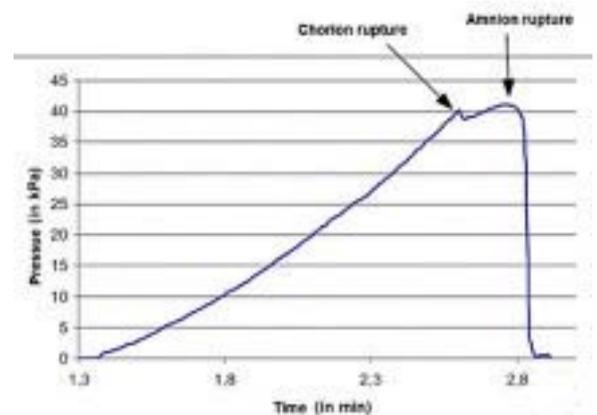


Abb.3: Druck-Zeit-Diagramm; zuerst reißt das Chorion und dann später das Amnion

isola

Wir lassen Dinge geschehen!

Die Herstellung von verstärkten, duroplastischen Harzsystemen gehört seit langer Zeit zu den Kernkompetenzen der Firma Isola.

Waren es anfänglich papierverstärkte Phenolharzsysteme und in der Folge glasgewebeverstärk-

te Epoxidharze, so sind es heute Hochleistungsverbundwerkstoffe auf der Basis von E-Glas, C-Glas, S2-Glas, Basalt, Aramid und Polypropylen als Verstärkung sowie Epoxidharz, Phenolharz, Polyimid, BT-Harz und Kautschuk als Bindemittel.

→ Wir bieten: • Gewebe • Prepreg • Lamine

→ Unsere Produkte bieten die Basis für viele Anwendungen, u. a.: • Ballistik • Transportwesen • Architektur • Erneuerbare Energien • Smart Card

Isola GmbH · www.isola.de · www.isola-group.com

Mit uns machen Sie eine Punktlandung!

AGIT

Gründen. Ansiedeln. Fördern.

Wir unterstützen Sie bei Ihrem Innovationsvorhaben und bringen Sie mit Unternehmen und F&E-Einrichtungen in der Region Aachen zusammen. (Initiative Region Aachen.innovativ)

AGIT mbH - Der Partner für technologieorientierte Unternehmen
Technologiezentrum am Europaplatz - Dennewartstr. 25-27 - 52068 Aachen - www.agit.de

Mit freundlicher Unterstützung von:



Ziel2.NRW
Economic Development and Innovation



Ministerium für Wirtschaft, Innovation und Klimaschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Kompetenzplattform Bioengineering



Kompetenzplattform
Bioengineering
Heinrich-Mußmann-Str. 1
52428 Jülich

Sprecher:
Prof. Dr. rer. nat. habil.
Gerhard M. Artmann
T. +49. 241. 6009 53028

Koordinatorin:
Dipl.-Ing. Nicole Lawrenz
lawrenz@fh-aachen.de

Im Jahr 2003 wurde die Kompetenzplattform Bioengineering (kurz KOPF) mit Professoren der FH Aachen und der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg gegründet. Die KOPF hat es sich seither zur Aufgabe gemacht, die Kompetenzen in Bioengineering in NRW zu bündeln und zu stärken. Durch stetige Weiterentwicklung besteht die KOPF nunmehr aus 10 Mitgliedern der FH Aachen, 4 Mitgliedern der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg



sowie der IKFE GmbH in Mainz, die alle zusammen ein breites Spektrum der Kompetenzen in Bioengineering darstellen.

Seit 2005 ist die KOPF zudem Mitglied bei der „LifeTecAachen-Jülich e. V.“ und damit ein Teil des größten Clusters der Lebenswissenschaften in der Region Aachen-Jülich und überregional Maas-Rhein.

IceMole eine sich autonom ins Eis grabende Sonde für die Polarforschung und die Suche nach Leben im Sonnensystem



Abb. 1: Das Ice Mole-Team vor dem Panorama des Morteratschgletschers

Der IceMole ist eine Sonde zur autonomen In-Situ-Erforschung von tiefem Eis, wie es sowohl in Form von Gletschern und Eisschilden auf der Erde auch auf Planeten (Mars) und Monden des Sonnensystems (Europa, Enceladus) vorkommt. Die Sonde kann sich wie ein Maulwurf (engl. Mole) im Eis bewegen. Dazu schmilzt sie sich mittels eines beheizten Schmelzkopfes ins Eis ein. Eine motorbetriebene Eisschraube an der Spitze der Sonde macht den kleinen, aber wichtigen Unterschied zu herkömmlichen Schmelzsonden



Abb 2: Ice Mole, Bohrstandort

aus. Sie gibt dem IceMole eine Vortriebskraft, die ihn durch Sandschichten zieht und ihn sogar gegen die Schwerkraft nach oben graben lässt. Durch eine wechselnde Beheizung des Schmelzkopfes und der Seitenwände der Sonde kann der IceMole auch Kurven im Eis fahren. Zudem führt die hohle Eisschraube einen sauberen Eiskern ins Innere, wo er dann von wissenschaftlichen Geräten untersucht werden kann. Die Energieversorgung der Sonde erfolgt über ein aus der Sonde abgewickeltes Kabel von einer Oberflächenstation aus.

Der IceMole wird unter der Leitung von Prof. Dr. Bernd Dachwald am Fachbereich für Luft- und Raumfahrt-technik entwickelt, gebaut und getestet. Der erste Prototyp wurde im Sommer 2010 erfolgreich auf dem Schweizer Morteratschgletscher erprobt. Das Institut für Bioengineering der FH Aachen und die Kompetenzplattform Bioengineering, entwickelten ein Dekontaminierungsverfahren für die Sonde und, in Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen, einen Ultraschallsensor für die bildgebende Navigation. In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Thomas Mühl vom Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik wurde ein Sensor entwickelt, der die räumliche Lage des IceMole misst und seine Position im Eis berechnet. Bevor der IceMole fit für extraterrestrische Missionen ist, muss die Technologie im Rahmen von terrestrischen Missionen



Projektleitung:
Prof. Dr.- Ing.
Bernd Dachwald
dachwald@fh-aachen.de
T+ 49. 0241. 6009 52343

Förderung: Interne
Forschungsförderung,
Deutsches Zentrum für
Luft- und Raumfahrt e. V.

Kooperationspartner:
Deutsches Zentrum für
Luft- und Raumfahrt e. V.
RWTH Aachen

University of California,
Santa Cruz, USA

Max-Planck-Institut für
Sonnensystemforschung

Centre National de la
Recherche Scientifique,
Institut Nucléaire et de
Physique de Particule,
Frankreich

Universität der Bundes-
wehr München

Universität Bremen
Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresfor-
schung

Friedrich-Schiller-Universi-
tät Jena

TU Braunschweig

Bergische Universität
Wuppertal



Abb 3: Ice Mole im Einsatz

weiterentwickelt und auf Herz und Nieren getestet werden.

In den nächsten drei Jahren sind drei terrestrische Einsätze für den IceMole geplant. Ein weiterentwickelter IceMole 2 soll im Sommer 2012 auf einem tiefen Gletscher auf Svalbard oder Island ein „stehendes U“ fahren, um zu zeigen, dass teure Sensorik wieder aus dem Eis an die Oberfläche zurückgebracht werden kann. Im Winter 2013 und 2014 soll er bei zwei Einsätzen in der Antarktis – in Zusammenarbeit mit amerikanischen Wissenschaftlern – unkontaminierte Wasserproben aus dem Ausfluss eines weitgehend unerforschten subglazialen Sees entnehmen. In Zusammenarbeit mit mehreren deutschen Universitäten soll dafür ein leistungsfähiges Navigationssystem entwickelt werden. Im Winter 2015 soll dann, Förderung des Projektes vorausgesetzt, in Zusammenarbeit mit französischen Wissenschaftlern und dem Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, eine Variante des IceMole dazu benutzt werden, um in größerem Maßstab kosmischen Staub und Mikrometeoriten aus dem sehr sauberen Schnee im antarktischen Inland herauszufiltern, der wichtige Informationen über die

Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems in sich birgt. Die Anwendungsbereiche des IceMole sind sehr vielfältig. Da das Verfahren wesentlich kostengünstiger ist als herkömmliche Eisbohrungen, können damit Untersuchungen durchgeführt werden, die bislang aufgrund zu hoher Kosten als undurchführbar galten. Deshalb interessieren sich auch Elementarteilchenphysiker im Rahmen des IceCube-Neutrino-Observatoriums am Südpol für diese Technik, um Ketten von Neutrinodetektoren im Eis der Antarktis zu versenken. Sofern all diese Entwicklungen und Tests erfolgreich verlaufen, können schließlich in zehn Jahren mit einem miniaturisierten extraterrestrischen IceMole die Polkappen des Mars auf seine Klimageschichte und Spuren von Leben hin untersucht werden.

Weiterführende Informationen:

Artikel in Nature News vom 30. April 2011:
<http://www.nature.com/news/2011/110430/full/news.2011.261.html>

Artikel in Wikipedia:

<http://en.wikipedia.org/wiki/IceMole>

Nahinfrarotspektroskopie zur Überwachung von Biogasanlagen

In dem Projekt wird untersucht, inwieweit die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) geeignet ist, die aus variierenden Abfällen bestehende Gas- und Substratphase von Biogasanlagen zu überwachen. Beim Betrieb der Anlagen gibt es häufig Probleme, die ein Herunterfahren der Anlage und einen Neuaufbau der Biozönose erfordern. Dadurch kommt es zu kostenintensiven Produktionsausfällen, die die Vorteile der Energiegewinnung über Biogas konterkarieren. Die Ursachen liegen in Fehlern bei der Fermenterbeschickung und der Überwachung des Prozesses. Landwirtschaftliche Betriebe haben keine Möglichkeit für aufwendige chemische Analysen. Sie sind auf leicht zu handhabende Hilfsmittel angewiesen, die durch die Überwachung der Gasphase des Fermentationsprozesses einen frühzeitigen Eingriff in den Anlagenbetrieb gestatten.

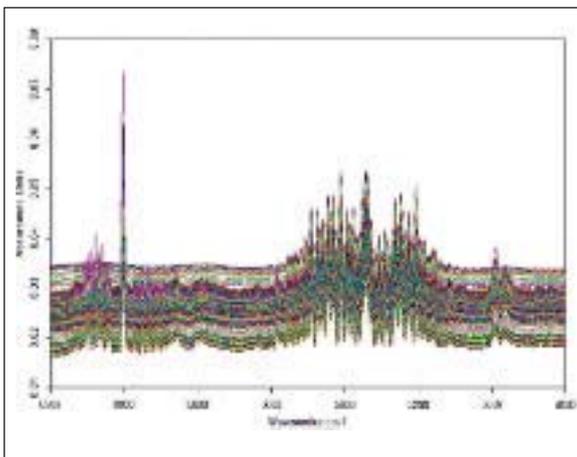


Abb. : NIR-Spektren von Biogas bei Onlinemessung am Laborfermenter

Im vorliegenden Projekt wurden Methoden für die Gasmessung mit der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) entwickelt, die sich sowohl für die diskontinuierliche Probenahme als auch für Anordnungen für die Onlinekopplung eignen. Die Untersuchungen erfolgten an Laborfermentern, die mit Rindergülle sowie Abfällen aus der Lebensmittelindustrie betrieben wurden. Mit einer Sonde gelang es, auch direkt im Innern des Reaktors Nahinfrarotspektren der Gasphase mit hoher zeitlicher Auflösung ohne Aufarbeitung des Messgases und ohne Zeitverzögerung aufzunehmen. Der wesentliche Fortschritt der hier entwickelten Messtechnik liegt darin, dass die NIR-Spektren hochaufgelöste Rotationsschwingungsspektren liefern, die einen detaillierten „Blick“ in die Gasphase des Fermenters ermöglichen (s. Abbildung). Die Hauptkomponenten Methan und Kohlendioxid sind quantifizierbar; andere Verbindungen wie Ammoniak oder nicht erwartete Gase können ebenfalls bei hinreichenden Volumengehalten detektiert werden. Weiterhin wurden „flüssig-feste“ Substrate sowie teilvergorenes Material mit der NIR-Spektroskopie unter anderem zur Bestimmung von Essigsäure untersucht. Die Substratspektren zeigen spezifische Muster, abhängig von Art und Vorgeschichte des Materials, und sind damit zur Kontrolle der Beschickung von Biogasanlagen einsetzbar. Der Fermentationsprozess lässt sich durch Hauptkomponentenanalysen der NIR-Spektren von Substratproben abbilden.

Dies stellt einen wesentlichen Beitrag für den störungsfreien Betrieb von Biogasanlagen dar und ist auch in anderen Anwendungsgebieten nutzbar.



Ansprechpartner:
Prof. Dr. rer. nat.
Gereon Elbers
elbers@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53714
Dipl.-Ing.
Katharina Druckenmüller

Förderung:
Interne
Forschungsförderung

Schlingensysteme zur Behandlung von Belastungsinkontinenz

Kontakt:
Prof. Dr.-Ing.
Manfred Staat
Institut für Bioengineering
Labor Biomechanik
staat@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53210

Förderung:
Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie,
Zentrales Innovations-
programm Mittelstand
Interne
Forschungsförderung

Kooperationspartner:
FEG Textiltechnik, Aachen
Kontinenzentrum am
Universitätsklinikum der
RWTH Aachen
Medizinischen Universität
Wien

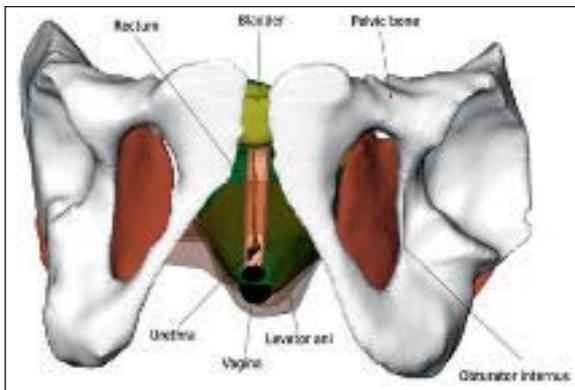


Abb. 1: Modell des weiblichen Beckenbodens.

Belastungsinkontinenz kann durch ein Schlingensystem, das die Organe im weiblichen Beckenboden in ihre anatomisch korrekte Position zurück bringt, operativ behandelt werden. Die Daten für das Modell in Abb. 1 wurden von Prof. Dr. med. M.-C. Sora von der Medizinischen Universität Wien zur Verfügung gestellt. Das Schlingensystem besteht aus einem Netz und zwei Ankern, die in einer Neuentwicklung aus dem Material Polyvinylidenfluorid (PVDF) gefertigt werden. Diese Methode ist minimalinvasiv, einfach und sicher.

Viele ältere Frauen, die Kinder durch vaginale Geburten empfangen haben oder die sich in der Menopause befinden, leiden an Belastungsinkontinenz. Dieser Schaden entsteht durch eine Schwächung oder gar Verletzung der Muskeln und Bänder um den Blasenhal. In seiner Integraltheorie hat der Mediziner Peter Petros die Struktur des Beckenbodens mit einer Hängebrücke verglichen und seine Funktion mit einem Trampolin. Bei gestörter Struktur kommt es zu ungünstigen Organverschiebungen und dadurch gestörter Funktion. Selbst bei leichten Erschütterungen, wie beim Lachen, Niesen oder Husten, entsteht Druck auf die Blase und es kommt zu Inkontinenz. Wegen der bereits genannten Ursachen tritt Belastungsinkontinenz bei Frauen wesentlich häufiger auf, als bei Männern.

Im Labor für Biomechanik untersuchen Dr.-Ing. P. T. Pham, Ralf Frotscher, M.Sc. und Prof. Dr.-Ing. M. Staat das Verhalten der Anker, Netze und der gesamten Schlingensysteme im weiblichen Beckenboden. Dabei sind die

zentralen Fragestellungen die nach der optimalen durch das Systems erzeugbaren Vorspannung. In Zusammenarbeit mit der Firma FEG Textiltechnik Aachen und dem Kontinenzentrum des Universitätsklinikums der RWTH Aachen werden die mechanischen Eigenschaften verschiedener Schlingensysteme, aber auch die der weichen Gewebe, wie Muskeln und Faszien, in die sie eingebracht werden, untersucht. In Zugexperimenten werden die weichen Gewebe durch ballistische Gelatine imitiert und die Schlingensysteme darin unter anderem spannungsoptisch untersucht (Abb. 2). Die Ergebnisse der Experimente ermöglichen dann Finite-Elemente-Analysen, die letztlich dazu dienen sollen, die Form, Gestaltung und Größe der Anker und Netze zu verbessern, um die Inkontinenz wirkungsvoll und sicher zu beseitigen.

In Nachfolgeprojekten sollen ganze Teile des weiblichen Beckenbodens in Finite-Elemente-Simulationen untersucht werden, um die Wirkung der Schlingensysteme im Gesamtzusammenhang zu untersuchen und den Erfolg des chirurgischen Eingriffs zu erhöhen. Langfristig sollen Struktur und Funktion des Beckenbodens nach der Integraltheorie simuliert werden und eine virtuelle Umgebung zur Planung von Operationen und Schulung von Medizinern entwickelt werden.

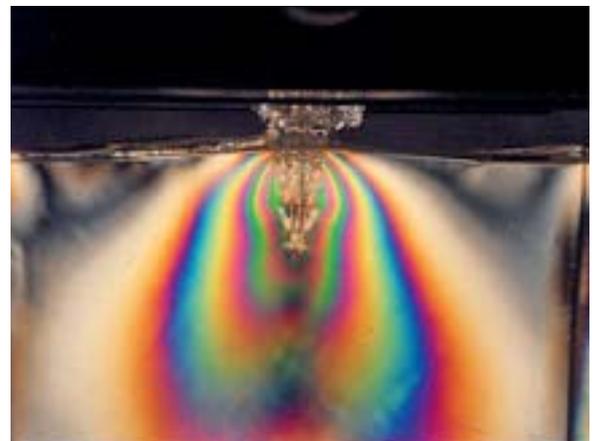


Abb. 2: Spannungsoptische Untersuchung eines Ankers mit Netz in ballistischer Gelatine



**Business
meets
Gastlichkeit**

**Tagung
Event
Feiern**



ASAM
Hotel Restaurant Bar

Wittelsbacher Höhe 1
94315 Straubing

tel 09421-788 680
fax 09421-788 688

www.hotelasam.de
info@hotelasam.de

Weitere Forschungsaktivitäten

Telemedizin

Produktstudien



Prof. Dipl.-Des. (FH)
Clemens Stübner
stuebner@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 51510

Sondergebiete der Technik,
Schwerpunkt Ergonomie
4. Semester Produktdesign,
SoSe 2010

Die Telemedizin ist eine Herausforderung im Gesundheitswesen und für die Gesellschaft. Sie bietet u.a. Potentiale zur Erweiterung des Aktionsraumes in Behandlung stehender Patienten. Ihr Gesundheitszustand kann mittels telemedizinischer Geräte durch betreuende Personen wie Ärzte und Pflegekräfte extern diagnostiziert, überwacht oder sogar behandelt werden.

Dadurch entstehen auf der Seite des Gesundheitswesens neue Strukturen der Kooperation und Arbeitssysteme. Seitens des Patienten oder des Anwenders vor Ort bilden sich neue Anforderungen bezüglich der zielführenden und fehlerfreien Bedienung telemedizinischer Geräte.

Neue Produktlösungen für Diagnose, Therapie und Betreuung müssen menschengerecht gestaltet werden. Für das Produktdesign ist dies ein spannendes Betätigungsfeld, denn nicht nur die Schnittstelle zum

Anwender, sondern auch ganze Umfeld-Systeme sind für die Gestaltung relevant.

Die Aufgabe an die Studierenden des 4. Semesters Produktdesign lautete: „Konzeptionieren und gestalten Sie ein telemedizinisches Gerät und ggf. entsprechende Sensorik unter Berücksichtigung der Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit in der Schnittstelle zum Anwender.“ Grundlagen für Zweck und Funktion konnten dabei sein:

- > aktuelle Forschungsvorhaben
- > bestehende, mobile telemedizinische Anwendungen
- > eigene Konzepte, die im medizinischen Sinne, insbesondere aus Patientensicht sinnvoll sind

Es waren auch Konzepte zulässig, die erst zukünftig realisierbar erschienen.

CLARA – Olga Will

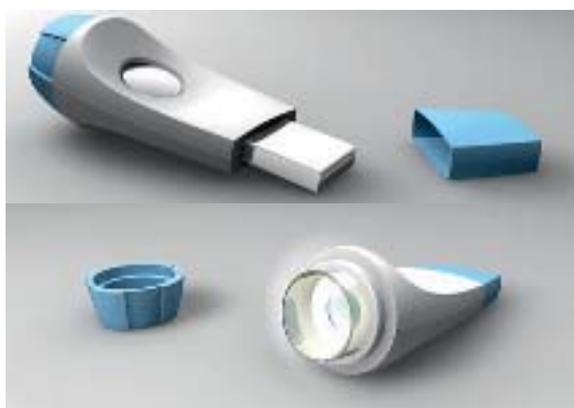
CLARA ist ein telemedizinisches Gerät zur häuslichen Beobachtung und Überwachung bei einer Risikoschwangerschaft. Über Sensoren werden Herztonne, Versorgungszustand (Nährstoff- und Sauerstoffaufnahme) und die Lage des Kindes erfasst.

CLARA ist einfach zu bedienen und liegt aufgrund seiner Materialität bequem am Körper. Die drei Messstreifen aus dehnbarem Textil mit vielzähligen Sensoren werden mit Klett links und rechts am ergonomischen Gurt befestigt. Sobald richtig angelegt, beginnt die Messung. Mithilfe einer Software, die sich auf jedem PC einfach installieren lässt, werden die Messdaten zur Auswertung per Bluetooth übertragen und an den behandelnden Arzt weitergeleitet.



DermaScan – Damian Kupski

DermaScan ist ein digitales Hautbilduntersuchungsgerät, welches dem Patienten ermöglicht, selbstständig Aufnahmen von der Hautoberfläche anzufertigen. Im Gerät integriert ist eine Kamera mit Beleuchtung, Speicher, Akku und USB-Anschluss. Die erstellten Aufnahmen können direkt vom Gerät auf einen Computer geladen und anschließend zum behandelnden Arzt gesendet werden. DermaScan soll die Vielzahl der Vorsorgeuntersuchungen beim Hautarzt verringern.



EYE C – Thomas Fröhlich

Das Ziel dieses Gerätes ist es, den Weg zwischen der Feststellung einer Sehschwäche oder einer Augenkrankheit bis hin zur daraus folgenden Behandlung zu vereinfachen und zu verkürzen. Die mobile Autorefraktorbrille ist ein telemedizinisches Gerät, mit dem in Zukunft Sehtests und Messwerte auf vereinfachte Art und Weise ermittelt werden können. Außerdem wird durch die „Virtualisierung“ des Sehtests eine weitaus kleinere Gehäusegröße ermöglicht, wodurch man Augentests an jedem Ort durchführen kann.



DBS-Con Tiefenhirnstimulation – Julian Waldherr

Seit Anfang der 90er Jahre behandelt man Parkinsonpatienten mit dieser Methode der elektrischen Stimulation. Durch einen operativen Eingriff werden Schrittmachersonden durch ein kleines Bohrloch in der Schädeldecke an vorab berechneten Stellen in der Thalamus-Region im Mittelhirn platziert. Im zweiten Schritt werden feine Drähte unter der Haut bis zu einem, in der Brusttasche platzierten Impulsgeber (ähnlich einem Herzschrittmacher) geführt. Der Impulsgeber wird durch die Haut mit Hilfe der Induktion durch eine mobile Steuereinheit geladen und programmiert.



AUSCULTATE – Kai Orkisz

Das Stethoskop, eines der symbolträchtigsten Instrumente in der Medizin. Einfach und wirkungsvoll und somit seit Jahrzehnten unverändert. Doch es geht auch besser! Die Firma Littmann digitalisierte dieses Gerät mit integrierter Reduzierung der Umgebungsgeräusche. AUSCULTATE überträgt diese Technologie in ein telemedizinisches Produkt. Die Dockingstation überträgt die kabellos aufgenommenen Daten auf einen PC und über Internet zum Arzt. Durch eine neu gestaltete Ergonomie ist AUSCULTATE bequem vom Patienten selbst oder vom Arzt zu bedienen. Eine integrierte Heizfläche erwärmt auf Wunsch das integrierte Gelpad zur deutlich angenehmeren Anwendung. Die Geräuschabspielung erfolgt wahlweise über den PC oder über ansteckbaren Kopfhörer.



ALLY – Katrin Schlemmermeyer

ALLY ist ein Inhalator für Asthmatiker, welcher die Häufigkeiten und Zeiten der Anwendungen registriert. Mit diesem telemedizinischen Gerät kann der behandelnde Arzt einen Rückschluss auf die Benutzung und somit auf den Krankheitsverlauf ziehen.

Arzt und Patienten können mit ALLY gemeinsam herausfinden, in welchen Situationen das Asthma-Spray verwendet wurde (Stress, Angst, enge Räume, Hitze, etc.). Außerdem zeigt ALLY den Füllstand des Sprays an, sodass der Patient vor bösen Überraschungen bewahrt wird.

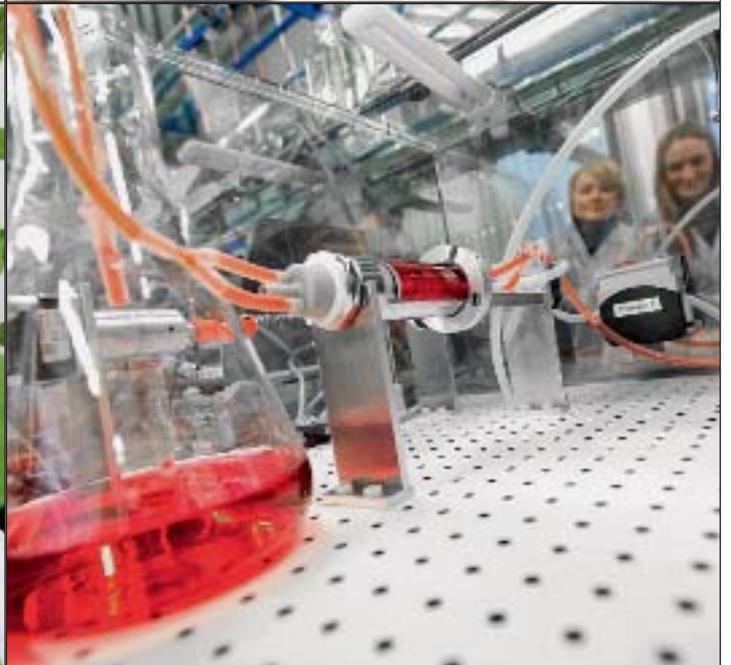
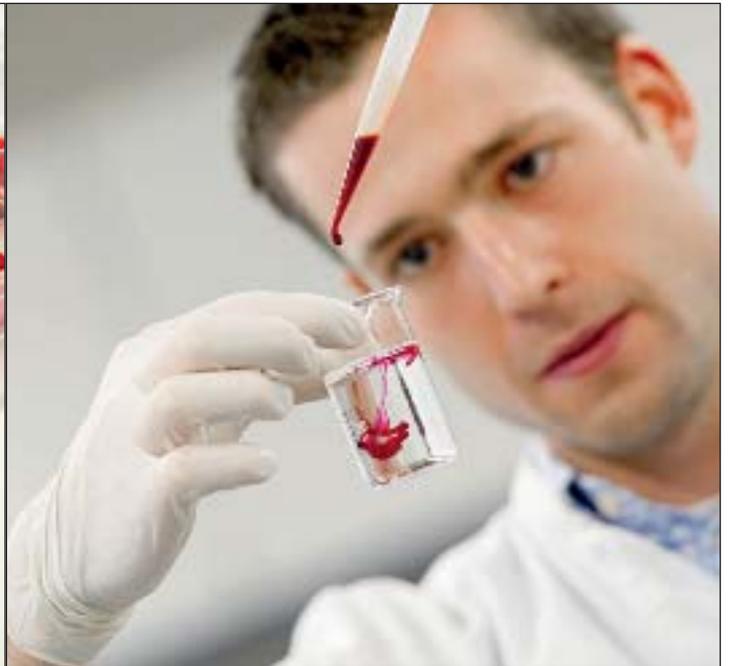


IPE – Andreas Langmack

Der Insulin Pen Extended IPE ist ein Konzept für ein telemedizinisches Gerät, mit dessen Hilfe Diabetiker ihren Blutzuckerspiegel überwachen und sich gegebenenfalls Insulin verabreichen können. Da der IPE einen Großteil der Produkte, die zur Behandlung von Diabetes benötigt werden, in einem Gerät vereint, ist er besonders für den mobilen Einsatz geeignet. Der IPE kann anhand der gemessenen Werte automatisch, oder bei Bedarf auch manuell konfiguriert werden.



ANGEWANDTE POLYMERCHEMIE, NUKLEARCHEMIE, UMWELTBIO- TECHNOLOGIE



Institut für angewandte Polymerchemie (IAP)

„Intelligente Hydrogele“ als kontaktfrei steuerbare Pharmakadepots zur gezielten Tumorbekämpfung



Projektleiter:
Prof. Dr. Thomas Mang
mang@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53886

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung,
Deutsche Forschungsgemeinschaft

Im Institut für Angewandte Polymerchemie (IAP) sind die Lehr- und Forschungskapazitäten der FH Aachen auf dem Polymer- und Kunststoffsektor gebündelt: 5 Professoren, 1 promovierte Mitarbeiterin, 11 Diplomingenieure, 2 Doktoranden in kooperativen Promotionen mit der RWTH Aachen, 1 Sekretärin und 3 Chemielaborantinnen bilden zurzeit mit 20 wissenschaftlichen Hilfskräften den Personalstamm. Die Forschung ist sehr breit aufgestellt und reicht von Grundlagenforschung im Bereich der Hydrogele und nanoskaligen Polymeradditiven über transferorientierte Förderprojekte bis zu direkten und umfangreichen Industrieprojekten auf nationaler und internationaler Ebene.

Projekt "Intelligente Hydrogele"

Die Entwicklung von Nanopartikeln zur Bekämpfung von Tumorzellen hat einen neuen Meilenstein bezüglich einer erfolgreichen neuen Therapie erreicht.

Dr. A. Jordan von der medizinischen Fakultät des Universitätsklinikums Charité in Berlin entwickelte modifizierte Nanopartikel aus Eisenoxid, die in den menschlichen Körper injiziert und durch ein externes magnetisches Feld gezielt zum Tumor gesteuert und dort anschließend über magnetische Induktion kontaktfrei erwärmt werden. Abhängig von der Zeit und Dauer der Behandlung werden die Zellen direkt zerstört oder so weit geschwächt, dass parallel mit der Radio- und Chemotherapie fortgefahren werden kann.

Aufbauend auf dem Prinzip der externen Steuerung von ferromagnetischen Nanopartikeln mittels eines magnetischen Feldes beschäftigt sich das IAP mit Hydrogelpartikeln im Nanobereich, die einen magnetischen Kern enthalten und als Medikamententräger dienen sollen.



Abbildung 1: Mitglieder des IAP vor dem Hauptgebäude der FH-Aachen, Campus Jülich

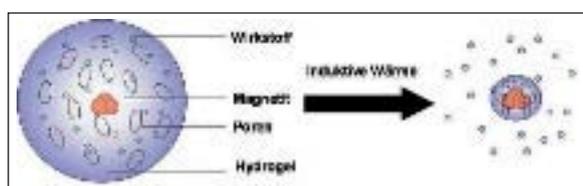


Abbildung 2: Hydrogelmatrix mit magnetischem Kern als Medikamententräger

Abbildung 2 zeigt das Prinzip eines Medikamententrägers. Über die im Hydrogel eingeschlossenen Magnetit-Nanopartikel mit einer Größe von 2 bis 15 nm kann das ca. 200 nm große Partikel über ein äußeres Magnetfeld zum Tumor gesteuert und dort erwärmt werden. Durch die Erwärmung am Tumor schrumpft das Partikel und setzt dabei Wasser samt eingeschlossenem Chemotherapeutikum frei. Durch den gezielten lokalen Einsatz kann einerseits der übrige Organismus von den Nebenwirkungen entlastet werden und andererseits ermöglicht dies den Einsatz höherer Dosen am Tumor.

Als ein besonders geeignetes Material hat sich die Hydroxypropylcellulose (HPC), ein abgewandeltes

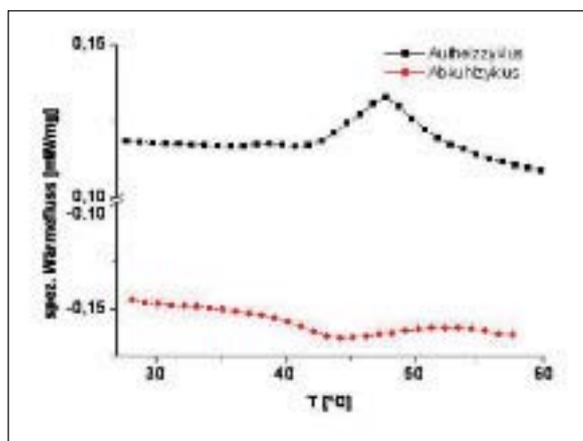


Abbildung 3: DSC-Messung der Hydroxypropylcellulose

Naturprodukt, erwiesen, die sich nicht nur durch eine untere kritische Lösungsmitteltemperatur (UKLT) von 47°C auszeichnet (s. Abb. 3), sondern auch durch ihre Biokompatibilität und ihr biologisches Abbauverhalten. Unterhalb der UKLT ist das Hydrogel gequollen und das Medikament ist in der Hydrogelmatrix eingeschlossen, während es oberhalb der UKLT kollabiert und das Medikament lokal freisetzt.

Im Rahmen der Herstellung von thermosensitiven Hydrogelen auf Basis von HPC wurde auf der einen Seite versucht, monodisperse HPC-Partikel mit magnetischem Kern herzustellen. Durch Polyaddition in inverser Mikroemulsion konnten Mikrogelpartikel mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 2,2 µm und einer engen Größenverteilung von 1,7 bis 3,1 µm hergestellt werden (s. Abb. 4). Die hergestellten Partikel besaßen Quellungen zwischen 660% und 840%.

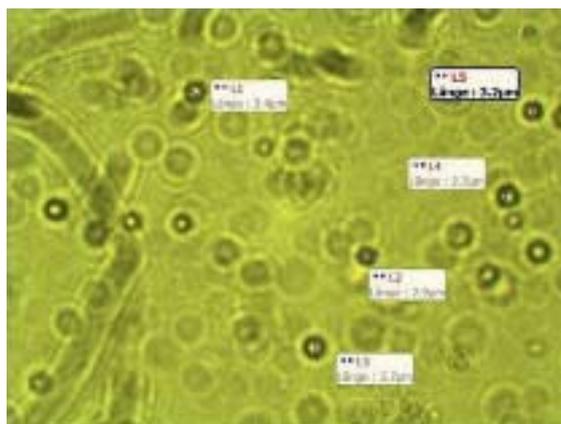
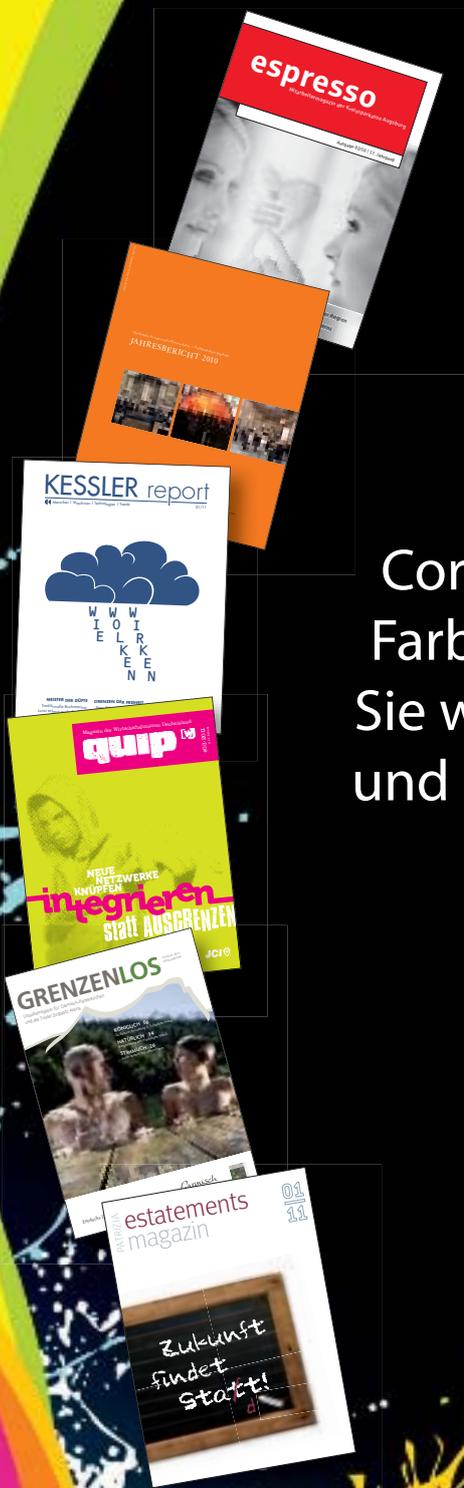


Abbildung 4: Lichtmikroskopieaufnahme der HPC-Partikel

Andererseits konnte anhand von Modellsubstanzen gezeigt werden, dass eingeschlossene Moleküle durch Erwärmen und dadurch ausgelöstes Schrumpfen gezielt freigesetzt werden können.



Corporate Publishing bringt
Farbe in Ihre Kommunikation.
Sie wird vielfältig, setzt Akzente
und bleibt in Erinnerung.

Die bunte CP-Welt:
| Kundenzeitschriften
| Geschäftsberichte
| Mitarbeitermagazine
| Broschüren
| Newsletter
| Hochschulpublikationen
| Gästemagazine
| E-Journals
| Firmenvideos

 **wirtschaftsverlag**

Corporate Publishing in Bayerisch-Schwaben
Monika Hatam | Tel: +49 (0)821 4405-423
monika.hatam@vmm-wirtschaftsverlag.de
www.vmm-wirtschaftsverlag.de/cp

Das Labor für Nuklearchemie

Das Labor für Nuklearchemie der FH Aachen beschäftigt sich mit dem Einsatz von radioaktiven Indikatoren in vielfältigen Anwendungsbereichen wie z. B. der Medizin und den Lebenswissenschaften. Dafür entwickeln wir auch effiziente radiochemische und radioanalytische Trenntechniken, die in anderen Technologiebereichen zum Einsatz kommen. In den vergangenen Jahren hat sich allerdings die Entsorgung von schwach und mittelaktiven radioaktiven Abfällen zu einem Schwerpunkt unserer Arbeiten entwickelt. Hier kooperieren wir mit verschiedenen öffentlichen und industriellen Partnern.

Radioaktive Reststoffe und Abfälle aus Kernkraftwerken müssen in geeigneten Endlagerstätten von der Umwelt isoliert werden, solange sie aufgrund der Radioaktivität für die Umwelt eine Gefahr darstellen. Ein entsprechendes Endlager soll demnach eine Langzeitisolation und einen vollständigen Einschluss der eingelagerten radioaktiven Reststoffe möglichst ohne eine zukünftige Wartung gewährleisten. Um einen endlagerfähigen Zustand zu erreichen, müssen radioaktive Abfälle und Reststoffe deshalb aufbereitet, das heißt konditioniert und für die Einlagerung gut handhabbar verpackt werden. Da in Endlagerstätten nur ein endliches Volumen zur Verfügung steht, ist

es wünschenswert, das Volumen der einzulagernden radioaktiven Reststoffe und damit auch die Anzahl der Verpackungseinheiten (Gebinde) zu reduzieren. Derzeit werden mehrere Verfahren eingesetzt, um eine optimale Volumenreduzierung und Auslaugresistenz zu erreichen. Beispielsweise werden brennbare Abfälle verbrannt, nicht brennbare unter hohem Druck verpresst.

1. Im Vorgriff auf ein künftig verfügbares Endlager für schwach- und mittelaktive (nicht wärmeentwickelnde) Abfälle werden schon seit Jahrzehnten Verfahren zur Konditionierung und Verpackung eingesetzt, die den jeweils gültigen technischen und rechtlichen Normen entsprechen. Diese entsprechen häufig nicht mehr den derzeit gültigen Anforderungen der Deklarationspflichten. Im Rahmen einer Kooperation mit dem deutschen Entsorger Gesellschaft für Nuklearservice mbH, Essen, entwickeln wir Verfahren zur Messung von Tritium und Radiokohlenstoff. Diese Nuklide sind reine niederenergetische Betastrahler und können nur sehr schwer gemessen und quantifiziert werden. In einem Teil des Programms qualifizieren wir typische Stoffgruppen aus den Abfallströmen von Kernkraftwerken.



Projektleitung:
Prof. Dr. rer. nat.
Ulrich Scherer
scherer@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53894

Förderung:
GNS mbH, Westinghouse,
Electric Germany GmbH,
ITD Medical GmbH, FZ
Jülich, CleanLasersysteme
GmbH, sat. Kerntechnik
GmbH

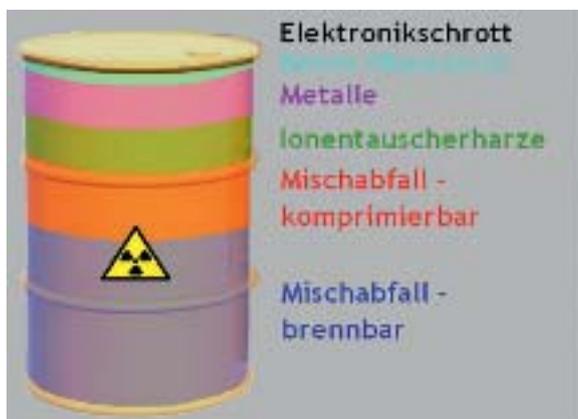


Abbildung 1 | Typische Zusammensetzung nicht wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle aus Kernkraftwerken; die unterschiedlichen Abfallarten erfordern jeweils ihre eigenen Verfahren zur Vorbereitung und Verpackung, um sie in einen endlagerfähigen Zustand zu bringen.

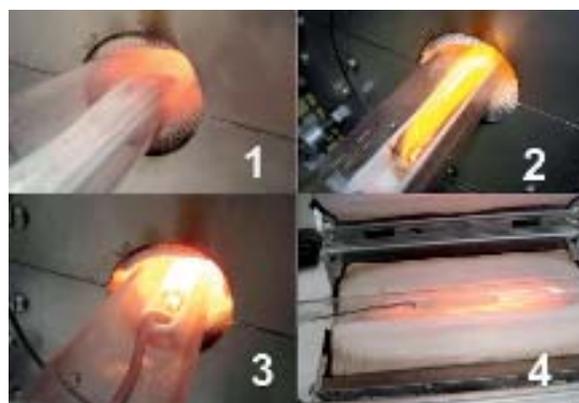


Abbildung 2 | Verbrennungsapparatur zur Analyse von Tritium und Radiokohlenstoff; die Probe wird in einem Porzellanschiffchen (1) schrittweise in den heißen Ofen geschoben (2 und 3) und verbrennt im Sauerstoffstrom. Am Ende der Prozedur ist die Probe vollständig verbrannt (4) oder es bleibt Asche zurück. Die Verbrennungsgase werden aufgefangen und am Flüssigszintillationsmessplatz (LSC) analysiert.

- Die spezifische Aufarbeitung unterschiedlicher Abfallströme erfordert ein ausreichend gutes Sortieren und erheblichen technischen Aufwand. Eine Alternative hierzu bietet die Plasmaverbrennung von radioaktiven Abfällen: Hierbei können auch Teile der nicht brennbaren Abfälle behandelt und so das Sortieren minimiert werden. Das Endprodukt ist eine amorphe Schlacke, bestehend aus den eingebrachten, eingeschmolzenen Abfällen sowie möglichen Zusatzstoffen zur Verfestigung. Somit ist das Endprodukt stabil und direkt endlagerfähig.

Zur Plasmaverbrennung von radioaktiven Abfällen existieren verschiedene Ansätze, jedoch sind sämtliche Lösungen im frühen Entwicklungsstadium. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen einer kooperativen Promotion mit Industrieunternehmen und der Universität Bologna ein Plasmaverbrennungssofen im Labormaßstab errichtet, um die Entwicklung der Technik zu untersuchen und zu unterstützen. Ziel des Projekts ist eine Bewertung der verschiedenen Verfahren auf Basis einer Anlage im Labormaßstab. Weiterhin sollen die Schlackenzusammensetzung abhängig von der Abfallart sowie der Verbleib von Radionukliden analysiert und quantifiziert werden.

- In den vergangenen Jahrzehnten wurde eine Vielzahl von radioaktiven Quellen in technischen Bereichen eingesetzt. Relativ große Radioaktivitätsmengen besitzen nur ein kleines Volumen. Im Kontext eines Endlagers beansprucht das ein großes Einlagerungsvolumen, da jedes Gebinde nur eine Höchstmenge an Radioaktivität aufnehmen darf. In einer Industriekooperation entwickeln wir ein Verfahren zur chemischen Abtrennung von Radionukliden

aus technischen Strahlenquellen. Dieses Verfahren wird umgesetzt in einem Recyclingbetrieb, der nach den von uns ausgearbeiteten Vorgaben geplant und aufgebaut wird. Wir werden auch die Inbetriebnahme und Betriebsphase der Anlage sachkundig begleiten.



Abbildung 3 | Technische radioaktive Quellen; die Trägerscheiben haben einen Durchmesser von ca. 5 cm, das radioaktive Präparat befindet sich in dem Metallstreifen im Zentrum.

- In einem weiteren kooperativen Projekt untersuchen wir die Entfernung von Kontaminationen von Oberflächen mit einem gepulsten Hochleistungslaser. Erste Untersuchungen auf einfachen Oberflächenstrukturen ergaben sehr gute Dekontaminationsleistungen. Ausführliche Untersuchungen zur Bilanzierung und dem Verbleib der radioaktiven Stoffe sind erforderlich zur Qualifizierung dieses Verfahrens. Ferner soll in weiteren Experimenten die Dekontamination weiterer Oberflächenmaterialien untersucht werden, wie sie z. B. in Rückbaumaßnahmen eingesetzt werden.

Das NOWUM-Energy Institut ist das In-Institut des Fachbereichs Energietechnik der FH Aachen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts erforschen seit der Gründung im Jahr 1997 die Möglichkeiten, das Ziel einer sicheren, nachhaltigen und effizienten Energieversorgung zu erreichen. NOWUM steht für „Nachhaltige Oekonomische Weiterentwicklung Umweltfreundlicher Systeme“.

Die Forschungsfelder des Instituts reichen von der industriellen Energietechnik über die Erprobung effizienterer Verfahren zur Biogasproduktion bis zu Systemen zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Im Jahr 2001 etablierte das NOWUM-Energy den vom Wissenschaftsministerium des Landes NRW geförderten Forschungsschwerpunkt Mikrogasturbinen (μ -Turbinen).

Das internationale Team unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing Isabel Kuperjans und Prof. Dr.-Ing. Klaus Dielmann besteht aus Ingenieurinnen und Ingenieuren und studentischen Hilfskräften verschiedener Fachrichtungen. Die Finanzierung des Instituts erfolgt aus eingeworbenen Drittmitteln; es unterliegt damit marktwirtschaftlichen Bedingungen.

Das NOWUM-Energy versteht sich nicht nur als Forschungseinrichtung, sondern auch als Dienstleister in Bereichen der industriellen Energietechnik und der Nutzung von Biomasse: Es bietet Machbarkeitsstudi-

en und Gutachten für neue Produkte und Verfahren, Wirtschaftlichkeitsberechnungen für alternative Energieversorgungskonzepte, Betreuung und Überwachung von Anlagen sowie Simulationsberechnungen für Strömungs- und Wärmeübertragungsprozesse an. Darüber hinaus berät das Institut Energieversorger, Unternehmen aus der Umweltbranche und Forschungseinrichtungen beim wirtschaftlichen Einsatz von konventionellen und neuen Energietechniken und forscht an deren Optimierung.

Die einzelnen Forschungsbereiche des NOWUM-Energys sind:

- > Industrielle Energietechnik
- > Elektromotoren
- > Energieeffizienzberatung
- > Mikrogasturbine
- > Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
- > Biomasse und Biogas

Zur Durchführung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten stehen dem NOWUM-Energy folgende Laboratorien und Versuchseinrichtungen zur Verfügung:

- > Teststand für Mikrogasturbinen
- > Biogasversuchsanlage
- > Forschungsverfügungsfläche für Biogasuntersuchungen

Kontakt:

*Institut NOWUM-Energy
Fachbereich Energietechnik
Campus Jülich
Heinrich-Mußmann-Str. 1
52428 Jülich*

*info@nowum-energy.com
T +49. 241. 6009 53954
oder -53020
F +49. 241. 6009 53288*

*Institutsprecher
Prof. Dr. Isabel Kuperjans
Prof. Dr. Klaus-Peter
Dielmann*



Abb. : Nowum-Energy Team

EnergieEffizienz-Netzwerk: Eine Chance für die Life-Science-Industrie



Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans,

Institut NOWUM-Energy,
Fachbereich Energietechnik
kuperjans@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53954

Ausgangslage

Deutschland verfolgt das Ziel, bis zum Jahr 2050 den Primärenergieeinsatz um 50 % gegenüber 2008 zu senken. Die Bundesregierung sieht in ihrem Energiekonzept die Steigerung der Energieeffizienz als eine wesentliche Maßnahme zur Erreichung dieses Ziels und gibt gesetzliche Randbedingungen wie das „Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G)“ vor. Vor diesem Hintergrund und in Anbetracht steigender Energiepreise, ist es für Unternehmen wichtiger denn je, Energie effizient zu nutzen. Mit diesem Thema beschäftigt sich das NOWUM-Energy seit einigen Jahren erfolgreich und berät Unternehmen in Sachen Energieeffizienzmaßnahmen.

Insbesondere in der Life-Science-Industrie sind Potenziale zur rationellen Energieverwendung vorhanden: In der Regel erfordert die Produktion hohe Anforderungen an die Luftqualität, zudem sind in den Laboren ganzjährig feste Temperaturen und Luftfeuchten einzuhalten. Teilweise erfordern Prozesse hohe Temperaturen zur Sterilisation, die Lagerung wiederum niedrige Temperaturen.

Energieeinsatzanalysen und -konzepte liefern für Unternehmen die Basis zur Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung sowie den Einsatz von innovativen Energietechnologien. So lassen sich Betriebskosten senken, die Produktionseffizienz erhöhen und letztendlich die Wettbewerbsfähigkeit sichern.

Ziel

Warum EnergieEffizienz-Netzwerk und nicht nur Energieeinsatzanalyse?

Energieeinsatzanalysen werden in der Regel einmalig durchgeführt: Potenziale werden aufgezeigt und Maßnahmen priorisiert. Die Umsetzung der Maßnahmen übernimmt das Unternehmen anschließend alleine. Die Mitarbeiter müssen sich das dazu notwendige Know-how selbstständig aneignen sowie Recherchen über mögliche Planer, Hersteller und Lieferanten durchführen. Das kostet Zeit (und Geld), es gibt keine Möglich-

keit zum Erfahrungsaustausch mit jemandem, der die gleiche Maßnahme schon einmal durchgeführt hat. Hier setzt das EnergieEffizienz-Netzwerk an: Es bietet neben der Energieeinsatzanalyse einen dauerhaften, moderierten Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen auf Mitarbeiterebene. Da die Netzwerkteilnehmer aus anderen Branchen kommen, können die Mitarbeiter offen über technische Lösungen diskutieren, ohne Gefahr zu laufen, Wissen an die Konkurrenz aus der eigenen Branche zu liefern. Die Unternehmen legen jeweils eigene Energieeinsparziele fest, daraus wird ein Netzwerkeinsparziel berechnet. Jährlich wird die Zielerreichung überprüft. Erfahrungen aus anderen Netzwerken zeigen, dass die angestrebten Ziele in der Regel noch übertroffen werden.

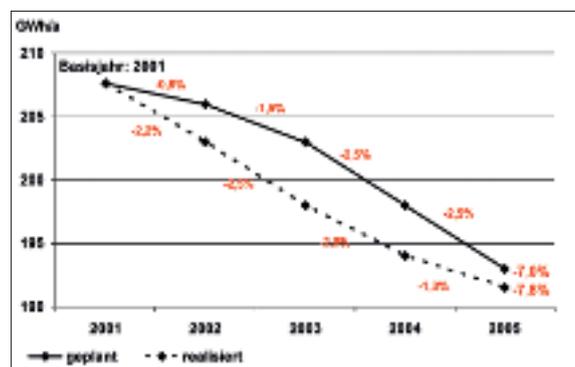


Abb.: Energieeinsparung eines realisierten Netzwerkes

Umsetzung

Unternehmen mit Energiekosten über 150000 Euro pro Jahr bietet das NOWUM-Energy die Teilnahme an einem EnergieEffizienz-Netzwerk an. Die Gruppe der Netzwerkteilnehmer erstreckt sich vom produzierenden Gewerbe sämtlicher Branchen über Krankenhäuser bis hin zu Bürokomplexen. Durch diesen Branchenmix wird auf dem Gebiet der Querschnittstechnologien (z. B. Wärme-, Kälte-, Druckluftherzeugung etc.), welche bei nahezu jedem der Netzwerkteilnehmer vorhanden sind, eine enge und vor allem offene Zusammenarbeit erreicht. Ziel des Netzwerks und somit eines jeden

Teilnehmers ist es, auf Basis einer Initialberatung mit Betriebsbegehung, eines dauerhaften praxisorientierten Erfahrungsaustausches der Teilnehmer und mithilfe von Expertenvorträgen zu relevanten Technologiethemen (z. B. Druckluft, Klimatisierung, Wärmerückgewinnung, Beleuchtung, usw.) sowie gemeinsamer Synergieeffekte des branchenübergreifenden Netzwerkes wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale zu identifizieren und zu realisieren.

Das erste Netzwerk hat seine Arbeit begonnen: Das EnergieEffizienz-Netzwerk Rheinland. Es besteht zurzeit aus sechs Unternehmen:

> Grünenthal GmbH, Pharmaindustrie

- > Saint Gobain Sekurit Deutschland GmbH & Co. KG, Glasindustrie
- > Zentis GmbH & Co. KG, Süßwarenindustrie
- > Pfeifer & Langen KG, Zuckerindustrie
- > TENTE-Rollen GmbH, Rollen und Räder
- > FEV Motorentechnik GmbH, Motorenentwickler und Ingenieurdienstleister

Die Initialberatungen sind abgeschlossen, der Erfahrungsaustausch und die Umsetzung von Maßnahmen beginnen. Das Netzwerk ist offen für weitere Teilnehmer aus anderen Branchen, bei Bedarf wird ein weiteres Netzwerk gegründet.

Die beteiligten Unternehmen finanzieren das Netzwerk.





Projektleitung

Prof. Dr. Klaus Dielmann,
Institut NOWUM-Energy,
Fachbereich Energietechnik
dielmann@fh-aachen.de
T. +49. 241. 6009 53020

Prof. Dr. rer. nat.
Thorsten Selmer
selmer@fh-aachen.de
T +49 241. 6009 53942

Förderung: Ministerium für
Innovation, Wissenschaft
und Forschung des Landes
Nordrhein-Westfalen,
Programm Ziel2NRW

Fossile Brennstoffe sind begrenzt, setzen umweltschädliche Gase frei und verstärken den Treibhauseffekt. Deshalb soll der Anteil erneuerbarer Energien ausgebaut werden. Neben Wind und Sonne, die nicht an allen Orten der Welt gleichmäßig und ausreichend zur Verfügung stehen, treten als dritte Kraft Biomasse und Biogas immer stärker in den Fokus des Interesses.

Biogas entsteht durch die Vergärung von organischer Materie. In Biogasanlagen sind unterschiedlichste Organismen dafür verantwortlich, dass verschiedene Substrate innerhalb eines vierstufigen Abbauprozesses unter anaeroben Bedingungen zu Biogas verstoffwechselt werden. Die Zusammensetzung der Organismen ist vom eingesetzten Substrat abhängig. Demnach handelt es sich hierbei um einen sehr komplexen und empfindlichen Prozess, der von verschiedensten Parametern beeinflusst wird.



Abb. Milligascounter

Im Rahmen des Projektes MiProBa (Mikrobielle Prozessentschlüsselung der Biogasbildung mittels Batchversuchen an verschiedenen Substraten) werden am Institut NOWUM-Energy verschiedene Gärmaterialien mittels molekularbiologischer Methoden untersucht, um somit die prozessrelevanten Organismen zu identifizieren. Zu diesen Gärmaterialien werden anschließend unterschiedliche Kosubstrate zugeführt, die im Batchansatz vergoren werden. Mithilfe der Batchversuche ist es möglich zu überprüfen, inwieweit die Organismen das für sie neue Substrat verwerten können. Nach einer Akklimatisierungsphase

erfolgt eine weitere Analyse des Gärmaterials. Hierbei wird überprüft, wie sich die Organismenpopulation aufgrund des zugegebenen Substrates verändert hat. MiProBa ist ein gemeinsames Forschungsvorhaben des Instituts NOWUM-Energy der FH Aachen mit der Pfeifer & Langen KG, dem Forschungszentrum Jülich und dem Fachverband Biogas e. V. Die Projektleitung liegt bei Prof. Dr. Klaus Dielmann. Prof. Dr. Thorsten Selmer vom Institut für Nano- und Biotechnologien betreut den biologischen Teil der Arbeiten. Die Laufzeit des Projektes beträgt 22 Monate und endet am 30. Juli 2012.

Kontinuierliche Vergärungsversuche werden am Institut NOWUM-Energy mithilfe eines Biogasfermenters durchgeführt. Diese Anlage wurde im Rahmen einer Diplomarbeit aufgebaut und in Betrieb genommen und läuft seitdem auf Basis Rindergülle. Um den Prozess präzise zu untersuchen, werden sowohl der pH-Wert als auch das Redoxpotenzial über Elektroden kontinuierlich erfasst. Zusätzlich wird das Gärmaterial offline auf die verschiedensten Parameter hin untersucht: Abgerundet wird die Prozessüberwachung durch die kontinuierliche Aufnahme des entstehenden Biogasvolumens.

Neben den oben genannten Forschungstätigkeiten betreut das Institut seit Jahren einige regional ansässige Biogasanlagen. Aus diesem Grund wurden diverse Standardanalytiken etabliert:

- > Trockensubstanz, organische Trockensubstanz
- > pH-Wert, Redoxpotenzial, Leitfähigkeit
- > Ammonium, Phosphat, Nitrit und Nitrat
- > Summenparameter: chemischer Sauerstoffbedarf, gesamter organischer Kohlenstoff, Essigsäureäquivalent, Gesamtstickstoff
- > Säurespektrum kurzkettiger Fettsäuren

Darüber hinaus führt das NOWUM-Energy Vergärbarkeitsuntersuchungen nach DIN 38414 durch, um das Biogas- bzw. Restgaspotenzial verschiedener Substrate und Gärmaterialien zu bestimmen.

Weitere Forschungsaktivitäten IMMOTHERM

Zur Herstellung von Porenbeton wird in den Werken der Xella Baustoffe GmbH und mit ihr verbundenen Unternehmen – weltweit über 30 Standorte – Formöl als Trennmittelschicht verwendet. Durch intensives Mischen mit dem Kondensat in den zur Herstellung der Porenbetonsteinen genutzten Autoklaven bilden sich stabile Öl-in-Wasser-Emulsionen, die es nicht gestatten, das Kondensat für die Herstellung von Kesselspeisewasser im geschlossenen Kreislauf zu verwenden. Der Dampf wird mit 0 % Kondensatrückführung erzeugt, daraus ergeben sich hohe Energie- und Wasserkosten. Recherchen und eigene Experimente des Unternehmens ergaben jedoch, dass derzeit keine technische Lösung des Problems am Markt verfügbar ist.



Abb. 1: Produktionsprozess von Porenbetonsteinen (mit freundlicher Genehmigung der Xella Baustoffe GmbH)

Ziel des Projekts IMMOTHERM ist es, am Beispiel des Herstellungsprozesses für Porenbetonsteine die Entwicklung einer emissionsmindernden Technologie zur Reinigung von verunreinigtem Kondensat bei hohen Prozesstemperaturen innerhalb eines geschlossenen Kreislaufes zu realisieren. Ungeachtet weiterer Anwender entspricht dies, bezogen auf die Herstellung von Porenbeton in den betrachteten Werken, einer durch das Ergebnis des Projektes vermeidbaren CO₂-Emission und einer Einsparung von Frischwasser im gleichen Zeitraum.

In einer ersten Projektstufe soll mittels Sandfilter bzw. verschiedener Adsorptionsmittel eine erste Reduzierung der Feststoff- und Ölbestandteile durchgeführt werden, ohne jedoch das anfallende ölbelastete Kondensat deutlich abkühlen zu müssen. Eine weitere Schadstoffentfernung soll anschließend auf biologischem Wege erfolgen. Hier soll vor allem der Einsatz thermophiler Mikroorganismen untersucht werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass sowohl durch den Filtrationseffekt des Immobilisierungsmaterials als auch durch den biologischen Abbau die Konzentration der Schadstoffe deutlich reduziert wird.

Nach anschließender Entsalzung des vorbehandelten Kondensats mittels Umkehrosmose kann die Einhaltung der Anforderungen für das Kesselwasser bei hohen Temperaturen gewährleistet werden. Auf Basis der in Laborversuchen in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. rer. nat. Thorsten Selmer (INB) gewonnenen Erkenntnisse soll gemeinsam mit den Projektpartnern i+f-process gmbh (Hürth), Inwatec GmbH & Co. KG (Bergheim) und Stobbe Tech A/S (Holte, Dänemark) eine Testanlage entwickelt und in der Praxis erprobt werden. Mit den erzielten Messdaten kann dann ein Scaling-up für eine Großanlage durchgeführt werden. Sollte die wirtschaftliche und technische Machbarkeit bestätigt werden, kann ein Auftrag zum Bau einer entsprechenden Anlage an die Industriepartner vergeben werden.

Das im Rahmen des Vorhabens zu entwickelnde „Produkt“ ist eine neue Technologie, die nach erfolgreichem Projektabschluss von den beteiligten KMU-Partnern vertrieben werden soll. Durch die Zusammenarbeit eines Anlagenbauers (i+f process gmbh) und eines Unternehmens, das über größere Erfahrungen im Bereich der Aufbereitung von Kesselspeisewasser verfügt (INWATEC GmbH & Co.KG), ergibt sich die ideale Voraussetzung, dass alle relevanten Themenbereiche im vorliegenden Projekt kompetent vertreten werden, sodass ein Verfahren entwickelt werden kann, welches auch in anderen industriellen Bereichen zur Abwasserreinigung bei erhöhten Temperaturen eingesetzt werden kann.



Projektleitung:
Prof. Dr. rer. nat.
Christiane Vaeßen

Solar-Institut-Jülich
vaessen@sjj.fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53534

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung
(KMU-innovativ)

Kooperationspartner:
Xella Baustoffe GmbH,
Brüggen

i+f process gmbh, Hürth
INWATEC GmbH & Co. KG,
Bergheim

Stobbe Tech A/S
Holte, Dänemark

Systematische Untersuchung des Biogas-Prozesses: Beteiligte Mikroorganismen und deren StoffwechsellLeistungen



Projektleitung:
Prof. Dr. rer. nat.
Thorsten Selmer

selmer@fh-aachen.de
T +49. 241. 6009 53942

Förderung:
Bundesministerium für
Bildung und Forschung,
Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz,
Ministerium für Wissen-
schaft und Forschung
des Landes Nordrhein-
Westfalen
Interne Forschungsförde-
rung, Deutscher
Akademischer Austausch-
dienst, Ägyptische Studien-
kommission

Kooperationspartner:
TransMIT GmbH, Gießen

Die Bereitstellung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen in Form von Biogas (Methan) kann einen wesentlichen Beitrag zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung liefern. In zwei BMELV- und BMBF-geförderten Projekten sowie einem FH-Extra-Projekt werden Untersuchungen durchgeführt, die zu einem besseren Verständnis dieses hochkomplexen biotechnischen Prozesses beitragen sollen. So wurden Methoden zum schnellen Nachweis der prozesstragenden Mikroben entwickelt und eine aus 6 parallel betriebenen Fermentern bestehende Anlage gebaut, die künftig zur Ermittlung prozessrelevanter Parameter genutzt werden kann. Damit wird es möglich, Einflussgrößen und Störparameter unter kontrollierten Bedingungen zu ändern und ihre Auswirkungen auf die Zusammensetzung der mikrobiellen Lebensgemeinschaft im Fermenter systematisch zu untersuchen. In Kooperation mit Prof. Dr. Schöning (INB) sollen zudem neuartige Sensorsysteme entwickelt werden, die geeignet sind, systemkritische Störungen frühzeitig zu erkennen und damit Produktivitätseinbußen minimal zu halten. In Kooperation mit dem Institut NOWUM-Energy wird ein Organismenkatalog aufgebaut, der es künftig ermöglichen soll, Verschiebungen der Zusammensetzung prozesstragender Lebensgemeinschaften in Biogasanlagen kontinuierlich zu verfolgen.

Synthetische Biologie am Campus Jülich: Rekombinante Produktion von Enzymkomplexen und Metabolic Pathway Engineering

Fossile Rohstoffe wie Erdöl, Kohle und Gas sind endlich. Obwohl die Natur Organismen hervorgebracht hat, die prinzipiell eingesetzt werden können, um Industriechemikalien wie organische Lösungsmittel (Aceton, Butan-1-ol und Propan-2-ol) zu produzieren, ist das Spektrum der Bestandteile von Biomasse, die genutzt werden können, zu gering, um den steigenden Bedarf zu decken. In einem durch die ägyptische

Studienmission und den DAAD sowie hochschulintern geförderten Projekt wird derzeit systematisch an der Entwicklung von gentechnisch veränderten Mikroorganismen gearbeitet, die in der Lage sind, mengenmäßig bedeutende Anteile von bisher ungenutzter Biomasse (z. B. Reisstroh) in die gewünschten Produkte umzuwandeln. In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Refai von der Mansoura-Universität werden hier insbesondere Stämme zur Verwertung von Lignocellulose (> 30 % TM) und Glycerin (Nebenprodukt der Biodieselherstellung) entwickelt. Langfristig wird die vollständige Verwertung von Biomasse unabhängig von ihrer Zusammensetzung über Synthesegas angestrebt.

Combinatorial Library Cloning (Colibry): Entwicklung neuartiger Klonierungssysteme für die Anwendung in der synthetischen Biologie

Die gezielte Entwicklung von Mikroben für technische Anwendungen erfordert die Einbettung fremder genetischer Informationen in den spezifischen Kontext der Informationsverarbeitung der Empfängerzellen. Die derzeit verfügbaren gentechnischen Methoden sind entweder sehr zeitaufwendig und kostenintensiv, oder aber zu ungenau, um optimale Lösungen zu erreichen. In Zusammenarbeit mit dem Projektbereich für rekombinante DNA-Technologie der TransMIT GmbH (Gießen) wurde eine kombinatorische Technologieplattform entwickelt, um diese Probleme zu lösen. Durch Verwendung hochpräziser Transfers von DNA-Fragmenten zwischen Spender- und Empfänger-DNAs ist es möglich, sehr schnell eine Vielzahl möglicher Lösungen im Reagenzglas herzustellen und diese dann in hohem Durchsatz auf ihre Anwendbarkeit zu testen. Auf diese Art können sehr effizient einzelne Stoffwechselmodule mit mehreren Genen von einzelnen Plasmiden exprimiert und diese kombiniert werden, um die Entwicklung von Organismen mit den gewünschten Eigenschaften zu beschleunigen.

Der pflanzliche Aromatenstoffwechsel

Aller guten Dinge sind drei?

Pflanzen nehmen in der biotechnologischen Anwendung eine immer wichtigere Rolle ein. So werden sie als Nahrungs-, Futter- und Energiepflanzen benötigt, aber auch immer häufiger für die stoffliche Nutzung eingesetzt. Denn höhere Pflanzen zeichnen sich durch die Bildung vieler pflanzenspezifischer Substanzen (Sekundärmetaboliten) wie Duft-, Farb- und Aromastoffe aus. Viele der genutzten Metaboliten werden von den Pflanzen zum Schutz vor verschiedenen Umwelteinflüssen wie etwa Lichtüberfluss und Temperaturextreme (abiotische Faktoren) gebildet. Andere Metaboliten dienen der Interaktion mit der belebten

Umwelt, also etwa der Anlockung von Bestäubern oder der Verteidigung vor Fraßfeinden oder Krankheitserregern (biotische Faktoren). Interessant werden sie dadurch, dass sie häufig auch bei Menschen medizinisch wirksam oder gesundheitsfördernd sind. Die Biosynthese vieler dieser Substanzen, insbesondere derer, die eine aromatische Ringstruktur aufweisen, erfolgt über den Shikimatweg, dessen Eingangsenzym die DAHP-Synthase (DHS) ist. Die meisten Pflanzen besitzen zwei bis drei sehr unterschiedlich regulierte Gene für dieses Enzym. Allerdings ist noch nicht klar, inwieweit die Bildung der Folgeprodukte durch unterschiedliche biochemische Eigenschaften der drei Enzyme oder allein durch die zeitlich und räumlich auf Genebene regulierte Menge an Enzym gesteuert wird. Im Rahmen des hier vorgestellten, durch die DFG geförderten Projektes soll daher geklärt werden, ob über die verschiedenen DHS-Isoformen die Bildung der aromatischen Sekundärmetaboliten beeinflusst oder sogar gesteuert wird. In einem zweiten Schritt stellt sich dann die Frage, inwieweit sich das Fehlen oder das übermäßige Vorhandensein einer oder mehrerer DHS-Isoformen auf die Anpassungsfähigkeit von Pflanzen an die variable Umwelt (abiotisch oder biotisch) auswirkt (siehe Abbildung). Hier werden auch verschiedene transgene Ansätze verfolgt. Aufgabe dieses Projektes ist einerseits, die Grundlage zu schaffen für die gezielte Steuerung und Beeinflussung der Bildung biotechnologisch und ernährungsphysiologisch relevanter Sekundärmetaboliten in höheren Pflanzen, und andererseits, die Anpassungsfähigkeit der Pflanzen an die variable Umwelt über den Sekundärmetabolismus zu optimieren.

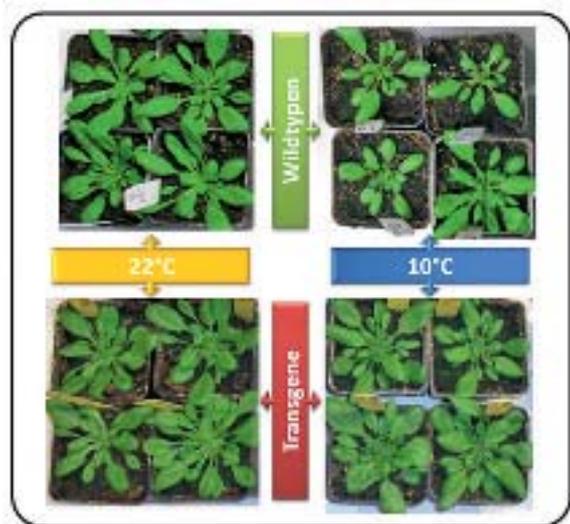


Abb. Veränderte Kälteresistenz der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand), als Folge des Fehlens von zwei DHS-Isoformen.



Projektleitung:
Prof. Dr. rer. nat.
Ingar Janzik

Professorin für Pflanzen-
biochemie der FH Aachen
IBG 2:
Pflanzenwissenschaften
Forschungszentrum Jülich

janzik@fh-aachen.de
T +49. 2461. 616559

Förderung:
Deutsche
Forschungsgemeinschaft



Um den unmittelbaren Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in der Euregio Maas-Rhein zu intensivieren, fördert die Europäische Union derzeit das Projekt

TeTRRA – Technologietransfer und Rekrutierung im ländlichen Raum

Ziele von TeTRRA sind:

- ✓ den Technologietransfer und die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und innovativen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in der Euregio Maas-Rhein zu stimulieren
- ✓ Kontakte und Netzwerke zwischen den Unternehmen aufzubauen und zu vertiefen
- ✓ Fachkräfte für die Region zu begeistern

Folgende Aktivitäten haben die 13 Projektpartner dabei im Sinn:

- ✓ Aufbau und Pflege von Unternehmens- und Hochschulnetzwerken
- ✓ Vermittlung von Praktika und Abschlussarbeiten
- ✓ „Profes on tour“: Professoren besuchen Unternehmen und ermöglichen dadurch eine direkte und unkomplizierte Kontaktabahnung
- ✓ „Companies meet campus“: Unternehmen präsentieren sich im Verbund mit anderen branchenverwandten KMUs bei Fachhochschulen und Universitäten
- ✓ „Campus meets companies“: Studierendengruppen lernen Unternehmen bei einer Exkursion als potentielle Arbeitgeber kennen
- ✓ Organisation von Gemeinschaftsständen auf Rekrutierungsmessen

TeTRRA wird von folgenden Partnern engagiert getragen:

Wirtschaftsförderungsagentur AGIT mbH, Fachhochschule Aachen, StädteRegion Aachen, Technik-Agentur Euskirchen, die Kreise Düren und Euskirchen, WFG Kreis Heinsberg, IHK Aachen, HIMO Innovationszentrum, WFG Vulkaneifel, WFG Ostbelgien (B), Hogeschool Zuyd (Heerlen, NL), Stellwerk bv (NL), Technologietransferstelle der Universität Hasselt (B), das Innovatiecentrum Limburg (B) und die wallonischen Partner GREOA, Basse-Meuse développement und Meuse-Condroz-Hesbaye.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann wenden Sie sich an:

Melanie Vorreiter (Projektkoordination), AGIT mbH, 0241 963-1062, m.vorreiter@agit.de

TeTRRA – Technology Transfer & Recruiting in Rural Areas ist ein grenzüberschreitendes Projekt in der Euregio Maas-Rhein, das von der Europäischen Union gefördert wird. Insgesamt 13 Partner haben sich zum Ziel gesetzt, den Technologietransfer zwischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie innovativen kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) im Grenzraum Belgien, Niederlande und Deutschland voranzutreiben und Fachkräfte für diese Region zu gewinnen.

Weitere Informationen erhalten Sie unter www.tettra.eu

DIPL. FINANZWIRT

PETER FRANK

VEREIDIGTER BUCHPRÜFER
STEUERBERATER

STEUERPRÜFUNG

NEUHAUSER STR. 30 (MORLAIXPLATZ)
52146 WÜRSELEN

TELEFON (0 24 05) 42 42 90
TELEFAX (0 24 05) 42 43 931
E-MAIL stb-frank@gmx.de

Ihr Erfolgsrezept

...finden Sie nicht im Schlaf.

cub-com.de

wirtschaft
und europa

Mit unseren umfassenden Servicedienstleistungen sorgen wir für eine rasche Umsetzung Ihrer Vorhaben:

- Ausführliche Gründungsberatung
- Potenzialberatung
- Technologietransfer
- Aktive Unterstützung bei der Akquise von Fördermitteln
- Zielgerichtete Vermittlung von Kontakten zu Unternehmen
- Hilfe bei der Personalrekrutierung, Qualifizierung und Arbeitsplatzsicherung
- Großes Angebot an Gewerbeflächen
- Und vieles mehr...

Sprechen Sie uns an. Wir stehen Ihnen gerne mit Rat und Tat zur Seite.
Ihre Wirtschaftsförderung der Stadt Aachen

Aureliusstraße 2 // 52064 Aachen
Tel.: +49 241 432-7610 // Fax: +49 241 432-7699
Mail: wifoe@mail.aachen.de // www.aachen.de

stadt aachen



Praktische Anwendungen der Aerodynamik:

▶ prüfen ▶ zertifizieren ▶ schulen

I.F.I. Institut für Industriaerodynamik GmbH
Institut an der Fachhochschule Aachen

I.F.I. Hauptgebäude:

Welkenrather Straße 120
D-52074 Aachen

Telefon: +49 241-87 97 08-0
Telefax: +49 241-87 97 08-10

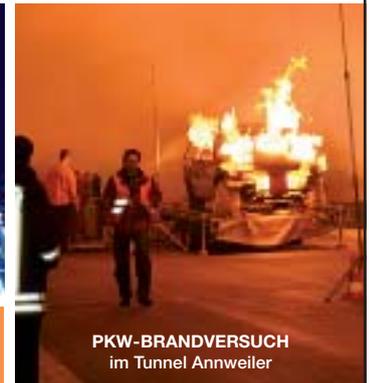
E-mail: info@ifi-aachen.de
www.ifi-aachen.de

- Akustik
- Entrauchung
- Industriaerodynamik
- Bauwerksaerodynamik
- Prüfungen
- Steuerungen

Bankenviertel Frankfurt im
I.F.I.-WINDKANAL



Experimentelle und numerische Untersuchungen
Europäisch notifizierte Prüfstelle und SV-Gutachten



PKW-BRANDVERSUCH
im Tunnel Annweiler

Impressum:

Herausgeber | Rektor der FH Aachen
Kalverbenden 6 | 52066 Aachen
T +49. 241. 6009 0 | F +49. 241. 6009 51090
info@fh-aachen.de | www.fh-aachen.de

Verantwortlich (i.S.d.P.)**Inhaltliche Konzeption und Projektauswahl**

Prof. Dr. rer. nat. Christiane Vaeßen, Prorektorin für
Forschung, Entwicklung und Technologietransfer
Cornelia Partsch, M. A., Persönliche Referentin der
Prorektoren I und II

Redaktion | Stabsstelle für Presse-, Öffentlichkeitsarbeit
und Marketing der FH Aachen | Leiter: Dr. Roger Uhle
Unterstützung im Lektorat: Holger Metz, Kiel/Berlin

Textbeiträge | Fachbereiche, Institute, Einrichtungen und
Stabsstellen der FH Aachen

Produktion und Anzeigenkontakt |

vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg, 86150 Augsburg
www.vmm-wirtschaftsverlag.de

Layout | vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg
Stabsstelle für Presse-, Öffentlichkeitsarbeit und Marketing
der FH Aachen, Susanne Hellebrand | Leiter: Dr. Roger Uhle

Druck | Kessler Druck + Medien GmbH, Augsburg

Auflage / Datum | 4.000 Exemplare / November 2011

Bildnachweise | FH Aachen/ www.lichtografie.de:

Außer:

FH Aachen/Fachbereiche: 6 Mitte; 7 oben, 9 links, 19, 33
rechts, 36-38, 42 links, 42-43, 51

FH Aachen/Institute-INB: 9,10-18;

IfB: 20-22, 23 rechts, 24-28, 30, 34; IAP: 40-41;

Nowum Energy Institut: 47 unten; I.F.I.: 8

KBA-MetalPrint GmbH: 6 unten; Mandel, A: 6 oben;

MicroMed, Houston, Texas: 23 unten;

Xella Baustoffe GmbH: 49

Sicherheitslösungen mit System.

Individueller Schutz für Menschen, Objekte und Werte.



Wir nehmen die Herausforderung an. Professionelle Sicherheitssysteme auf Basis langjähriger Erfahrung und zukunftsweisender Sicherheitstechnik. Von der individuellen Gefährdungsbeurteilung über Projektierung und Installation bis zum Service. Auf Wunsch auch als investitionsschonende Mietlösung. Mehr Informationen erhalten Sie unter der Telefonnummer 0800 7000 444.

www.bosch-sicherheitssysteme.de



BOSCH
Technik fürs Leben

