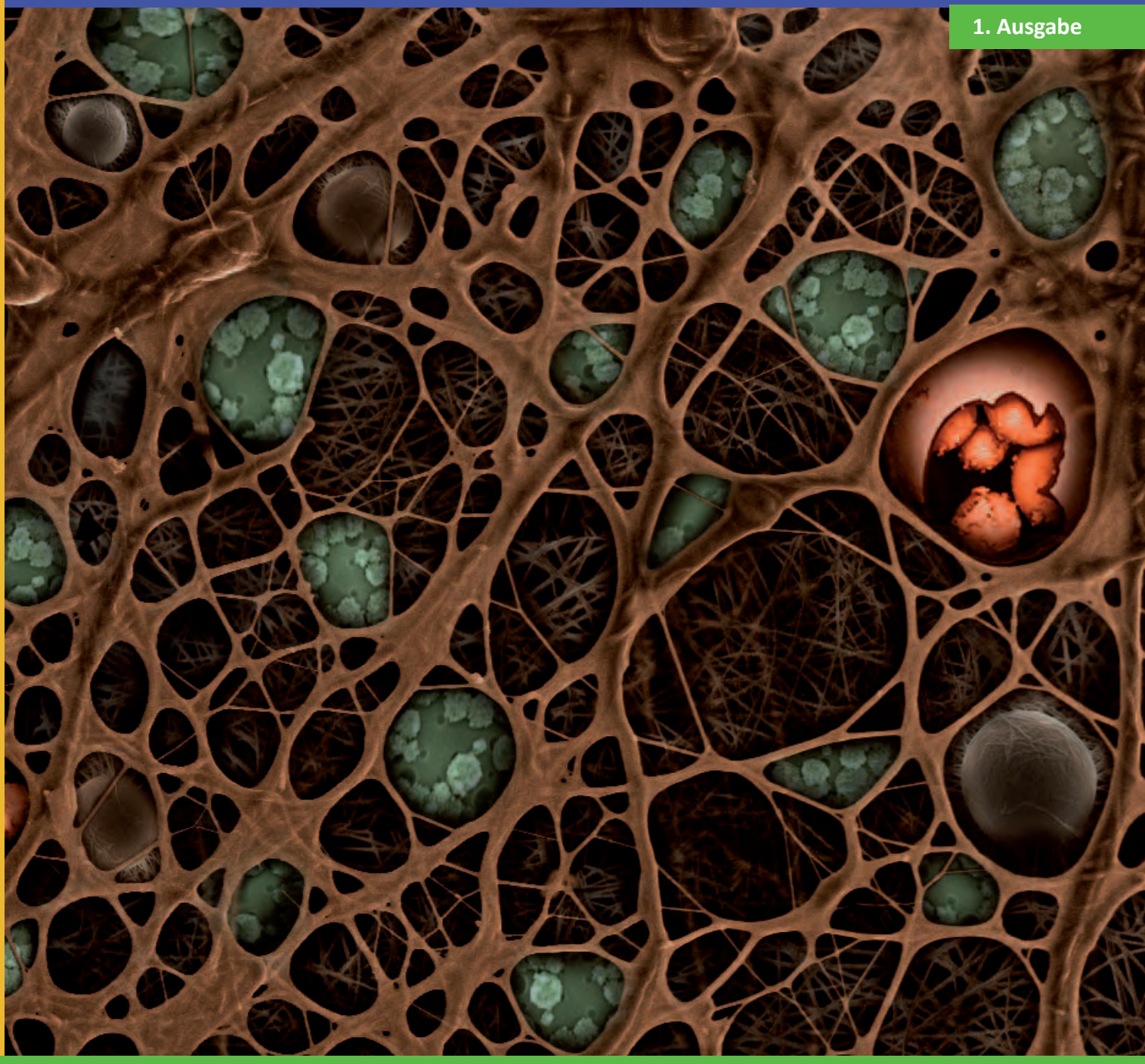
# Chemie- und Biosystemtechnik

## LEISTUNGSZENTRUM »CHEMIE- UND BIOSYSTEMTECHNIK«

1. Ausgabe



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG
SACHSEN-ANHALT
EUROPÄISCHE UNION EFRE Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Fraunhofer

## Kontakt

Geschäftsstelle Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik«
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
Walter-Hülse-Str. 1 || 06120 Halle (Saale)

Prof. Dr. Andreas Heilmann
andreas.heilmann@imws.fraunhofer.de
Telefon +49 345 5589-180

Dipl.-Phy. Andreas Krombholz
andreas.krombholz@imws.fraunhofer.de
Telefon +49 345 5589-153

M.Sc. Christina Hampel
christina.hampel@imws.fraunhofer.de
Telefon +49 345 5589-172

**www.chemie-bio-systemtechnik.de**

## Impressum

**Redaktion**

Prof. Dr. Andreas Heilmann
Christina Hampel

**Gestaltung & Produktion**

Christina Hampel

**Redaktionsschluss**

31.03.2017

**Anschrift der Redaktion**

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
Geschäftsstelle Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik«
Walter-Hülse-Str. 1 || 06120 Halle

Telefon +49 345 5589-172
Fax +49 345 5589-101

christina.hampel@imws.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten.
Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

**Bildquellen**

Seiten 57, 58, 60 Headerbilder © Christina Hampel
Das Copyright liegt bei den auf den Seiten benannten Instituten und Personen.

# Chemie- und Biosystemtechnik

*Impulse für die regionale Industrie durch exzellente angewandte Forschung!*

Liebe Leser,

*Prof. Dr. Andreas Heilmann*
*Sprecher des Leistungszentrums*

Sie halten das erste Magazin des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik« in den Händen. In dieser Ausgabe möchten wir Ihnen zunächst die Ziele und Organisation des Leistungszentrums vorstellen.

Ziel der regionalen Leistungszentren ist es, die Forschung und Entwicklung der in der jeweiligen Region ansässigen Unternehmen zu unterstützen. Dies erfolgt durch eine enge Kooperation mit den regionalen Hochschulen und Forschungseinrichtungen anhand von konkreten Forschungsvorhaben, die durch das Land Sachsen-Anhalt und die Fraunhofer-Gesellschaft finanziell unterstützt werden. Hauptkriterium für die Aufnahme der Forschungsprojekte in das Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« war die Bewertung des Potenzials, dass die zu erwartenden wissenschaftlichen Ergebnisse im Anschluss an die Projekte für die industrielle Forschung genutzt und Produktentwicklungen initiiert werden können. Der Erfolg des Leistungszentrums wird später vor allem daran gemessen werden, inwieweit dies auch geschieht.

Die Forschungsvorhaben unter der Dachmarke des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik« konzentrieren sich auf die Branchen Chemie, Verfahrenstechnik, Biotechnologie und vor allem Kunststoffverarbeitung. Vielfältig wie die Geschäftsmodelle der einzelnen Unternehmen der Region sind daher auch die Forschungsthemen.
Alle Forschungsprojekte werden als Verbundprojekte zwischen den Unternehmen und den Forschungseinrichtungen oder als interdisziplinäre Vorlaufprojekte von Forschungsgruppen aus unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen durchgeführt. Derzeit besteht das Leistungszentrum aus 4 Projektverbünden mit 21 Einzelprojekten und 10 Gemeinschaftsvorhaben (März 2017).

In diesem Magazin werden die bereits begonnenen Forschungsverbundprojekte mit Einzelvorhaben kurz und möglichst allgemeinverständlich vorgestellt. Teilweise wird noch das wissenschaftliche Konzept vorgestellt, teilweise liegen schon erste Ergebnisse vor. Ich lade Sie ein, in dem Magazin zu blättern, an für Sie interessanten Themen zu verweilen und neue Ideen zu kreieren. Weitere neue Forschungsprojekte werden vorbereitet. Gern können Sie die Projektleiter direkt oder über unsere Geschäftsstelle kontaktieren.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre

Ihr

# Inhaltsverzeichnis


Impressum....2

Grußwort....3

Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« ....6

Industrie-Beirat ....8

Wissenschaftlicher Beirat ....9

Direktorium ....10

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS....12

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg....13

Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP ....14

Fraunhofer Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ ....15

Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI ....16

Fraunhofer Projektgruppe Molekulare Wirkstoffbiochemie und Therapie-entwicklung des Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI-MWT....17

CBS-FhG-1: Herstellung und Bewertung biobasierter Epoxidharze für die Anwendung als Schaum- und Dämmstoff ....20

CBS-FhG-2.1
Verarbeitung alternativer Glasfaserfilamente für Leichtbaustrukturen ....22

CBS-FhG-2.2
Bewertung der Leichtbaustrukturen auf Basis alternativer Glasfaserfilamente....23

CBS-FhG-3.1
Peptidisolierung ....24

CBS-FhG-3.2
Proteinwirkstoffe ....25

CBS-FhG-3.3
Proteincharakterisierung....26

CBS-FhG-4.1
Biobasierte Materialien auf Basis Itakonsäure und Isopren ....28

CBS-FhG-4.2
Biobasierte Materialien auf Basis Itakonsäure und Isopren ....29

CBS-Uni-P1
Biologisch abbaubare Partikel über Enkapsulierungsmethoden: Emulsions-/ Evaporationsverfahren und 3D-Printing ....30

CBS-Uni-P3
Genetische Analyse und Optimierung der Zellwandbildung und -zusammensetzung mit Hilfe der Gerstenpopulation HEB-25 ....31

CBS-Uni-P4: Kristallisationsverhalten und mechanische Eigenschaften von Green-Composites basierend auf Bio-Polyamid....32

CBS-Uni-P5
Metabolic Engineering zur Verbesserung von mikrobiellen Produktions-stämmen – Stamm- und Verfahrensentwicklung ....34

CBS-Uni-P7
Design bioaktiver Oberflächen-beschichtungen und Hydrogele für medizinische Anwendungen auf Basis biobasierter Werkstoffe....35

CBS-LSA-VP1
Mikro- und Nanopartikuläre Applikationssysteme für Wirkstoffe bei dental-kosmetischen und therapeutischen Anwendungen ....36

CBS-LSA-VP2
Biozide und brandhemmende Ertüchtigung von biogenen Klebstoffsystemen mit naturbasierten Füll- und Funktionsstoffen....38

CBS-LSA-VP3a
Auslegung und Bewertung von thermoplast-basierten Leichtbaustrukturen „ThermoLeibaS“....40

# Chemie- und Biosystemtechnik


CBS-LSA-VP3b
Prozessentwicklung und -optimierung für thermoplastbasierte Leichtbaustrukturen .....41

CBS-LSA-VP4
Analyse der Gasphasenvorgänge in Niedertemperatur-Plasmen zur Modifizierung flexibler Substrate .....42

CBS-LSA-VP5
Untersuchung zur Eigenschaftsverbesserung von Polyamid-Bauteilen durch den Einsatz vorvernetzter PA-Granulate.....44

CBS-LSA-VP6a
Verfahrensentwicklung zur Direktimprägnierung von nachhaltigen Fasern (PAZ) .....46

CBS-LSA-VP6b
Hochleistungsdirektimprägnierung von nachhaltigen Verstärkungsfasern Qualitäts-bewertung und Inline-Prozesskontrolle.....47

CBS-Nachwuchsgruppe
Leitfähige Polymerkomposite als Materialien für die Elektrolyse .....49

CBS-NW1
Entwicklung von Bipolarplatten aus leitfähigen Polymerkompositen für die Elektrolyse.....50

CBS-NW2
Zuverlässigkeit und Lebensdauer alkalischer MEAs für Elektrolyseure und Brennstoffzellen .51

CBS-NW3
Großflächige Lackelektroden für die Seewasserelektrolyse .....52

CBS-NW4
Analyse elektrochemischer Korrosionsprozesse in Polymerkompositen und elektronischen Komponenten für die Elektrolyse.....53

CBS-FhG-L1
Nukleinsäure-basierte Next-Generation Diagnostics für Erkennung und Überwachung von Krebserkrankungen.....54

CBS-FhG-L2
Lokalisationsanalyse von extrazellulären Vesikeln in Geweben - ExoLoc .....55

CBS-FhG-L3
Diagnose- und Monitorsystem für die Erfassung der Graft vs. Leukemia (GvL) Reaktion während immunologischer und anti-infektiver Therapien .....56

CBS-FhG-L4
Exosomen als zellfreies therapeutisches Werkzeug im Alzheimer-Modell .....57

Die mitteldeutsche Chemieregion – Innovationen, die die Welt veränderten .....58


Fraunhofer IMWS · Fraunhofer CBP · Fraunhofer IZI · Fraunhofer PAZ

MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG

SACHSEN-ANHALT

EUROPÄISCHE UNION EFRE Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

# Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik«

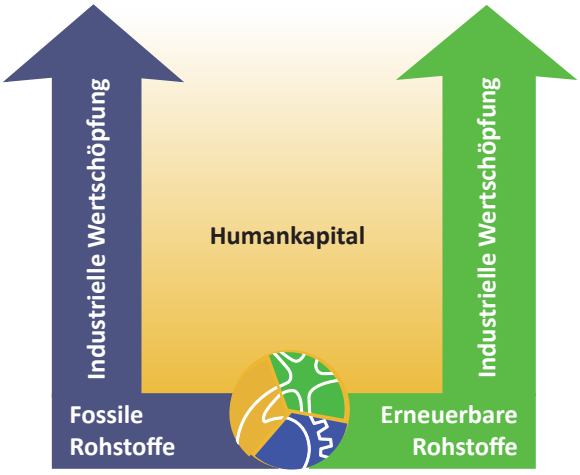
*„Impulse für die regionale Industrie durch exzellente angewandte Forschung“*

**Die industriellen Regionen in Deutschland können langfristig nur wettbewerbsfähig bleiben, wenn die großen Potenziale in der Grundlagenforschung und in der angewandten Forschung enger zusammengeführt werden. Dabei müssen besonders regional Forschungs- und Kooperationsnetzwerke zwischen orientierender Grundlagenforschung, anwendungsorientierte Forschung und industrielle Entwicklung etabliert werden. Mit der Bildung von Regionalen Leistungszentren hat die Fraunhofer-Gesellschaft eine neue Initiative gestartet, die angewandte Forschung in Netzwerken zu stimulieren.**

Industrie- und forschungsstarke Regionen konnten sich um eine Förderung bewerben und die Region Halle/Leipzig wurde für eine Förderung ausgewählt. In der Region Halle hat sich ein industrieller Cluster mit etwa 750 Unternehmen mit mehr als 20 Mrd. € Umsatz und mehr als 70.000 Beschäftigten gebildet. Es bestehen geschlossene Stoffstromnetze in den regional ansässigen Chemieparks sowie ausgebaute regionale Wertschöpfungsketten mit einer weltweiten Vermarktung der Produkte. Die Region Halle ist ein anerkannter Standort für die wissenschaftliche Grundlagenforschung und für die angewandte Forschung. Eine auf dem Gebiet der Naturwissenschaft starke Universität, mehrere Fachhochschulen, Forschungsinstitute der Grundlagenforschung (Max-Planck-Institut, Leibnitz-Institut und Helmholtz-Zentrum) und der angewandten Forschung (vier Fraunhofer-Institute) ergänzen sich in ihren wissenschaftlich-innovativen Profilen.

Ausgehend von diesen hervorragenden Voraussetzungen wurde das Konzept für einen Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« entwickelt. Zum strategischen Ziel des Leistungszentrums wurden die Erforschung und Optimierung verfahrenstechnischer Prozessketten der Kunststoff verarbeitenden, chemischen, biotechnologischen und biomedizinischen Industrie vom Rohstoff bis zum Produkt erklärt. Dazu werden die wissenschaftlichen Institutionen in der Region Halle mit den in der Region ansässigen Unternehmen zusammenarbeiten. Es gilt, die Synergien in der gemeinsamen Basis der Chemie, der chemischen Verfahrenstechnik, der Biotechnologie und der Biosystemtechnik zu schaffen. Zu diesen Synergien zählt auch die möglichst starke Einbindung von wissenschaftlichen und industriellen Kapazitäten aus dem Raum Leipzig.

Mit dem Leistungszentrum »Chemie und Biosystemtechnik« soll sowohl die Exzellenz in der Forschung als auch eine nachhaltige regionale wirtschaftliche Entwicklung stimuliert werden. Der Beitrag der Hochschulen und universitären




*Grundschema des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik«*

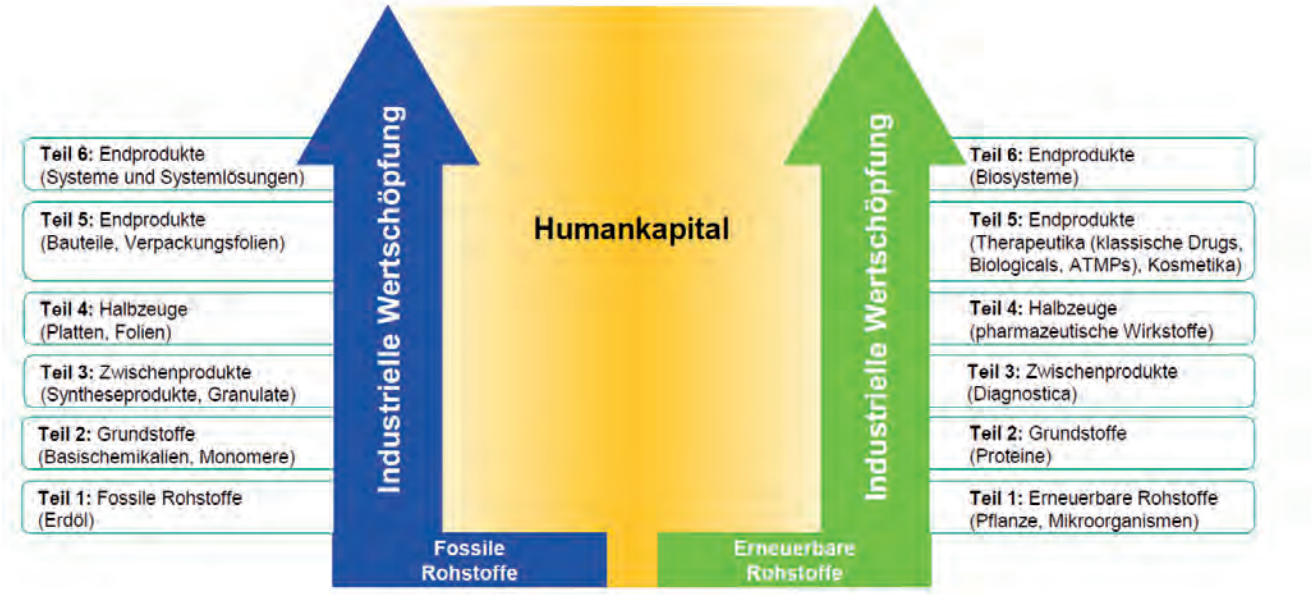
Forschungseinrichtungen besteht vor allem in der grundlagenorientierten Vorlaufforschung, aber auch in der Vorbereitung des Transfers in eine wirtschaftliche Verwertung. Die Fraunhofer-Institute leisten ihren Beitrag in der angewandten Forschung und dem Transfer in die Wirtschaft. Die Unternehmen führen industrielle Entwicklungen durch und setzen die erzielten Ergebnisse in Prototypen und schließlich marktfähige Produkte um. Mit der exzellenten Forschung eng verbunden sind Lehre, Aus- und Weiterbildung, Karriereentwicklung sowie der Wissens- und Technologietransfer in die Wirtschaft. Damit kann zukunftsorientiert die Fachkräftesituation für die Region gesichert werden.

Traditionell basierte in der Region Halle die Wertschöpfung auf der Nutzung von fossilen Rohstoffen. Parallel dazu erfolgt die auf der Nutzung von nachhaltig erzeugten pflanzlichen Rohstoffen und von biotechnologischen Rohstoffen. Während der Konzeptionsphase des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik« wurden die bestehenden industriellen Werkschöpfungsketten bezüglich ihrer Zukunftsfähigkeit, ihrer Geschlossenheit und ihren nationalen und internationalen Potentials analysiert. Aus methodischen Gründen wurden die Produkte in zwei Gruppen – Produkte aus fossilen Rohstoffen oder aus regenerierbaren Ressourcen - eingeteilt. Die

erste Gruppe beinhaltet hauptsächlich Rohstoffe, Grundstoffe, Zwischenprodukte, Halbzeuge, Bauteile und Systemlösungen, die in erster Linie der chemischen Industrie und der kunststoff-verarbeitenden Industrie zugeordnet werden können. Die zweite Gruppe umfasst erneuerbare Rohstoffe (Pflanzen, Mikroorganismen), Grundstoffe (Proteine), Zwischenprodukte (Diagnostica), Halbzeuge (Wirkstoffe) und Endprodukte (Medikamente, Kosmetika, Biosystemtechnische Lösungen), die zur biotechnologischen und pharmazeutischen Industrie gehören.

Die Abbildung zeigt als Übersicht diese beiden Wertschöpfungsketten. Anhand einer durchgeführten Analyse des vorhandenen Wissens- und Technologietransfers von den Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Richtung der Unternehmen im Bereich der Chemie, der Kunststoffverarbeitung und der Biotechnologie in der Region Halle wurden Themenfelder identifiziert, bei denen besonderer Handlungsbedarf besteht. Während bei der Verarbeitung von Kunststoffen einige Technologietransferprojekte vorhanden sind, werden andererseits deutliche Lücken besonders im Bereich der Nutzung von regenerierbaren Ressourcen gefunden. Ein wesentlicher Teil der im Leistungszentrum geförderten Verbundprojekte soll auf diese identifizierten Handlungsfelder zur Vervollständigung von Wertstoffketten zielen.

Das Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« wird gemeinsam durch das Land Sachsen-Anhalt, die Fraunhofer-Gesellschaft und durch die regionale Industrie getragen. Die Größe des Leistungszentrums erfordert eine zentrale Koordination aller Maßnahmen, die für die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in seiner Gesamtheit relevant sind. Daher wurde ein Direktorium gebildet, das sich aus den Leitern der beteiligten Forschungseinrichtungen zusammensetzt (s. Seite 8). Ein externer Beirat aus Persönlichkeiten aus Industrie, Forschung und Politik berät das Direktorium bei seinen Entscheidungen. Aus dem von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Teil des Leistungszentrums wird die organisatorische Betreuung des Leistungszentrums unterstützt und eine Geschäftsstelle des Leistungszentrums am Fraunhofer IMWS betrieben. Die Geschäftsstelle des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik« unterstützt die beteiligen Wissenschaftler und Unternehmen bei der Projektbeantragung, -durchführung und -abrechnung und organisiert regelmäßig öffentliche Veranstaltungen, um den gewünschten Wissenstransfer zu befördern (www.chemie-bio-systemtechnik.de). In die Organisation und Vernetzung des Leistungszentrums werden zudem auch professionelle Netzwerkmanagement-Unternehmen eingebunden und bestehende Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke genutzt. Das geplante Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« ist zudem zentral im Leitmarkt »Chemie und Bioökonomie« des Landes Sachsen-Anhalt verankert. Damit befindet sich das Leistungszentrum im zentralen Innovationsfeld des Landes Sachsen-Anhalt.




*Forschung entlang der Wertschöpfungskette*

# Industrie-Beirat

**Andreas Dietrich**
*Linde AG*
Spergauer Straße 1a
06237 Leuna
andreas.dietrich@linde-gas.com

**Prof. Dr. Ulrike Fiedler**
*IDT Biologika*
Am Pharmapark
06861 Dessau-Roßlau
ulrike.fiedler@idt-biologika.de

**Prof. Dr. Georg Frank**
Illerstraße 3
06846 Dessau-Roßlau
Telefon +49 340 616991
gfwfrank@t-online.de

**Dr. Sandra Hofmann**
*Trinseo Deutschland GmbH*
Straße E17
06258 Schkopau
Telefon +49 (0) 3461 496110
shofmann@trinseo.com

**Nico Horn**
*IMG Investitions- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt mbH*
Am Alten Theater 6
39104 Magdeburg
Telefon +49 (0) 391 56899-28
nico.horn@img-sachsen-anhalt.de

**Stefan Kauerauf**
*AkzoNobel Industrial Chemicals GmbH*
Elektrolysestraße 1
06749 Bitterfeld- Wolfen
Telefon +49 (0) 3493 3359 -200
stefan.kauerauf@akzonobel.com

**Dr. Christoph Mühlhaus**
*Cluster Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland*
Seebener Straße 22
06114 Halle (Saale)
Telefon +49 (0) 345 299 82 726
Fax +49 (0) 345 299 82 711
cluster-chemie-kunststoffe@online.de

**Dr. Joachim Schulze**
*ThyssenKrupp Industrial Solutions AG*
Am Haupttor, Bau 3668
06237 Leuna
Telefon +49 (0) 346143 8552
joachim.schulze@thyssenkrupp.com

**Ingrid Weinhold**
*MABA Spezialmaschinen GmbH*
Hauptstraße 2
06766 Bitterfeld-Wolfen
Telefon +49 (0) 3494 6516-0
Fax +49 (0) 3494 6516-30
i.weinhold@maba-spezialmaschinen.de

**Daniel Worch**
*Univations GmbH*
Weinbergweg 23
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 (0) 345 13142700
worch@univations.de

# Wissenschaftlicher Beirat

**Prof. Dr. Wolfgang H. Binder**
*Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*
Naturwissenschaftliche Fakultät II
Von-Danckelmann-Platz 3
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 (0) 345 55-25500
wolfgang.binder@chemie.uni-halle.de
dekan@natfak2.uni-halle.de

**Prof. Dr. Michael Bron**
*Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*
Prorektorat für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs
Universitätsplatz 9
06108 Halle (Saale)
Telefon +49 (0) 345 55-21450
michael.bron@rektorat.uni-halle.de

**Ministerialdirigent Hans-Joachim Hennings**
*Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt*
Hasselbachstraße 4
39104 Magdeburg
Telefon +49 (0) 391 567-4297
hans-joachim.hennings@mw.sachsen-anhalt.de

**Prof. Dr. Andrea Robitzki**
*Universität Leipzig*
Zentrum für Biotechnologie und Biomedizin (BBZ)
Deutscher Platz 5
04103 Leipzig
Telefon +49 (0) 341 9731-241
andrea.robitzki@bbz.uni-leipzig.de

**Dr.-Ing. Sylvia Schattauer**
*Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.*
Hansastraße 27 C
80686 München
Telefon +49 (0) 89 1205-1123
sylvia.schattauer@zv.fraunhofer.de

**Prof. Dr. Michaela Schulz-Siegmund**
*Universität Leipzig*
Fakultät für Biowissenschaften, Pharmazie und Psychologie
Institut für Pharmazie
Eilenburger Straße 15 A
04317 Leipzig
Telefon +49 (0) 341 97-36600
schulz@rz.uni-leipzig.de

**Prof. Dr. Wolfgang Zimmermann**
*Universität Leipzig*
Fakultät für Biowissenschaften, Pharmazie und Psychologie, Institut für Biochemie
AG Mikrobiologie und Bioverfahrenstechnik
Johannisallee 21 – 23
04103 Leipzig
Telefon +49 (0) 341 97-36781
wolfgang.zimmermann@uni-leipzig.de

**Prof. Dr. Matthias Zscheile**
*Hochschule Rosenheim*
Fakultät für Holztechnik und Bau
Hochschulstraße 1
83024 Rosenheim
Telefon +49 (0) 8031 805-2388
matthias.zscheile@fh-rosenheim.de

# Direktorium

## Sprecher des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik«

**Prof. Andreas Heilmann**
*Geschäftsfeldleiter Biologische und Makromolekulare Materialien*
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 (0) 345 5589-180
Fax +49 (0) 345 5589-101
andreas.heilmann@imws.fraunhofer.de

**Prof. Hans-Ulrich Demuth**
*Institutsleiter*
Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI
Am Mühlenberg 13
14476 Potsdam-Golm
Telefon +49 (0) 345 13142805
hans-ulrich.demuth@izi.fraunhofer.de

**Prof. Dr. Frank Emmrich**
*Institutsleiter*
Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI
Perlickstraße 1
04103 Leipzig
Telefon +49 (0) 341 35536-9100
frank.emmrich@izi.fraunhofer.de

**Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke**
*Forschungsbereichsleiter*
Fraunhofer Pilotanlagenzentrum PAZ
Value Park A 74
06258 Schkopau
Telefon +49 (0) 3461 2598-120
Fax +49 (0) 3461 2598-105
michael.bartke@iap.fraunhofer.de

**Prof. Jörg Kreßler**
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Naturwissenschaftliche Fakultät II
Institut für Chemie / Physikalische Chemie der Polymere
06099 Halle(Saale)
joerg.kressler@chemie.uni-halle.de

**Gerd Unkelbach**
*Leitung Fraunhofer CBP*
Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP
Am Haupttor (Tor 12, Bau 1251)
06237 Leuna
Telefon +49 (0) 3461 43-9101
Fax +49 (0) 3461 43-9199
gerd.unkelbach@cbp.fraunhofer.de

**Prof. Ralf B. Wehrspohn**
*Institutsleiter*
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 (0) 345 5589-100
Fax +49 (0) 345 5589-101
ralf.wehrspohn@imws.fraunhofer.de

## Geschäftsstelle des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik«

**M. Sc. Christina Hampel**
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 (0) 345 5589-172
Fax +49 (0) 345 5589-101
christina.hampel@imws.fraunhofer.de
**www.chemie-bio-systemtechnik.de**

# Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS in Halle (Saale) ist ein methodisch ausgerichtetes Fraunhofer-Institut in den Fachdisziplinen Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Das IMWS fungiert als Ansprechpartner für die Industrie und öffentliche Auftraggeber und agiert mit dem Ziel, Materialeffizienz und Wirtschaftlichkeit zu steigern sowie Ressourcen zu schonen. Die Arbeiten am Fraunhofer IMWS zielen darauf ab, Fehler und Schwachstellen in Werkstoffen, Bauteilen und Systemen auf der Mikro- und Nanoskala zu identifizieren, deren Ursachen aufzuklären und darauf aufbauend Lösungen für die Kunden anzubieten.

Die Kernkompetenzen des Instituts liegen in den Bereichen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik, Photovoltaik, Leuchtstoff- sowie Kunststofftechnik, ergänzt um das mikrostrukturelle Design von Werkstoffen, Bauteilen und Systemen. Der mikrostrukturelle Ansatz des Fraunhofer IMWS ermöglicht es, Technologieentwicklung zusammen mit den Kunden schon in der Entwicklungsphase werkstoffspezifisch zu designen und die funktionellen Eigenschaften der Bauteile oder Systeme maßzuschneidern. Dafür hat das Fraunhofer IMWS mehr als 35 Millionen Euro in Geräte zur Mikrostrukturaufklärung investiert und verfügt damit

über die umfassendste gerätetechnische Ausstattung zur Mikrostrukturaufklärung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Das Fraunhofer IMWS ist Partner im 2016 gegründeten Leistungszentrum Chemie- und Biosystemtechnik (CBS) – einem Netzwerk in der mitteldeutschen Chemieregion, das auf regionaler Ebene an einer geschlossenen Wertschöpfungskette vom Rohstoff zum Produkt arbeitet. In dem Verbund haben sich die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, verschiedene Fraunhofer-Institute sowie zahlreiche Industrieunternehmen der Region zusammengeschlossen. Ihr Ziel ist es, verfahrenstechnische Prozessketten der Kunststoff verarbeitenden, chemischen, biotechnologischen und biomedizinischen Industrie vom Rohstoff bis zum Produkt zu erweitern und zu optimieren.

www.imws.fraunhofer.de

# Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

*„Zukunft mit Tradition – Wissenschaft gestalten“*

Forschung und Lehre mit über 500 Jahren Tradition: Die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU) bietet ein breites Fächerspektrum in den Geistes-, Sozial-, Natur- und den medizinischen Wissenschaften an. Die größte und älteste Hochschule Sachsen-Anhalts entstand 1817 aus dem Zusammenschluss der 1502 gegründeten Universität Wittenberg und der 1694 gegründeten Friedrichs-Universität Halle. Heute hat sie rund 20.000 Studierende und 340 Professoren.

Das wissenschaftliche Profil der MLU ist geprägt durch die geisteswissenschaftlichen Schwerpunkte „Aufklärung-Religion-Wissen“ und „Gesellschaft und Kultur in Bewegung“ sowie durch die naturwissenschaftlichen Schwerpunkte „Materialwissenschaften – Nanostrukturierte Materialien“ und „Molekulare Biowissenschaften – Proteine und ihre Funktion in der Kontrolle zellulärer Prozesse“. Eine besondere Rolle spielen außerdem die Agrarwissenschaften, für deren Profilierung in Sachsen-Anhalt die Universität Halle die alleinige Verantwortung trägt. Im Bereich der Medizin liegen die Schwerpunkte in der Epidemiologie, der Pflegeforschung und der Erforschung der Signalübertragung. Hier forschen und lehren neben Ärzten gleichberechtigt Pflegewissenschaftler. Das Dorothea-Erxleben-Lernzentrum ist eine der größten Lernkliniken für angehende Mediziner. Außerhalb ihrer Schwerpunkte versammelt die Universität eine Vielzahl kleiner Fächer, von denen einige deutschlandweit einzigartig sind.

Eng kooperiert die MLU als Mitglied des Mitteldeutschen Universitätsbundes Halle-Jena-Leipzig mit anderen Hochschulen sowie mit außeruniversitären Einrichtungen und der Wirtschaft. Örtlich sichtbar wird das auf dem Weinberg-Campus, dem zweitgrößten Technologiepark im Osten Deutschlands. Dort hat die Universität ihre naturwissenschaftlichen Institute konzentriert und arbeitet mit ansässigen Unternehmen und Partnern der großen deutschen Forschungseinrichtungen, wie der Max-Planck- und der Fraunhofer-Gesellschaft. International verfügt die hallesche Universität über ein weitreichendes Netzwerk an Partnerhochschulen.

Neben dem Weinberg-Campus hat die MLU drei weitere Hauptstandorte: Der zentral gelegene Universitätsplatz gehört zu den schönsten Europas und zu den traditionsreichsten Anlagen in Halle. Auf dem neuen Steintor-Campus sind viele geistes- und sozialwissenschaftliche Institute versammelt. In den Franckeschen Stiftungen zu Halle lehren, forschen und studieren Erziehungswissenschaftler und Theologen.

www.uni-halle.de

Bildermaterial: Uni Halle/ Maike Glöckner und Markus Scholz

# Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP

Zur effizienten und effektiven stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe sind neue und skalierbare Verfahren erforderlich, die eng mit bereits bestehenden Produktionsstrukturen vernetzt werden müssen. Das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP in Leuna schließt die Lücke zwischen Labor und industrieller Umsetzung: Durch die Bereitstellung von Infrastruktur und Technikumsanlagen ermöglicht es Partnern aus Forschung und Industrie, biotechnologische und chemische Prozesse zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe bis in produktrelevante Dimensionen zu entwickeln und zu skalieren.

Das Zentrum stellt modular einsetzbare Prozesskapazitäten bis 10 m³ für biotechnologische und chemische Umsetzungen sowie verschiedenste Aufbereitungs- und Aufarbeitungstechniken bereit. Mit diesem flexibel einsetzbaren Bioraffineriekonzept können Rohstoffe wie pflanzliche Öle, Zellulose, Stärke oder Zucker aufbereitet und zu chemischen Produkten umgesetzt werden.

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

Im Rahmen von Verbundprojekten mit Partnern aus Industrie, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen werden folgende Schwerpunkte verfolgt:

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

www.cbp.fraunhofer.de

# Fraunhofer Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ

Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ am Standort Schkopau ist eine gemeinsame Initiative der Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymerforschung IAP in Potsdam-Golm und für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS in Halle. Wir bearbeiten schwerpunktmäßig Fragen der Technologieentwicklung und Maßstabsvergrößerung von Polymersynthese- und Verarbeitungsprozessen.

Sowohl die technischen Möglichkeiten im Pilotmaßstab als auch die Bündelung der Kompetenzen auf beiden Fachgebieten stellen Alleinstellungsmerkmale des Pilotanlagenzentrums am FuE-Markt dar.

Im Fraunhofer PAZ werden neue Produkte und innovative Technologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette entwickelt – vom Monomer über die Synthese und Verarbeitung von Polymeren bis hin zum geprüften Bauteil nach Maß.

Mit dieser Ausrichtung auf den industrienahen Maßstab unterstützen wir unsere Kunden wirkungsvoll bei der Umsetzung neuer Forschungsergebnisse in innovative Produkte und Verfahren.

Das Fraunhofer PAZ im Profil

- Polymersynthese und -verarbeitung
- Scale-up bis in den industrienahen Maßstab
- Größte außerindustrielle Polymersyntheseeinrichtung Europas
- Flexible Syntheseanlagen
- Komplette Entwicklungskette: vom Materialdesign bis zum geprüften prototypischen Bauteil
- Vorserienherstellung von Bauteilen
- Steigerung der Effizienz von großtechnischen Prozessen
- Ersatz erdölbasierter durch naturbasierte Polymere
- Anwendungsbeispiele
- Leichtlaufreifen aus Recyclingmaterialien
- Sehr leichte und stabile Hochleistungsverbundwerkstoffe für die Automobil- oder Luftfahrtindustrie
- Synthesekautschuk – so leistungsstark wie natürlicher Kautschuk

www.polymer-pilotanlagen.de

# Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI

Das Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI erforscht und entwickelt spezielle Problemlösungen an den Schnittstellen von Medizin, Biowissenschaften und Ingenieurswissenschaften.

Eine der Hauptaufgaben besteht dabei in der Auftragsforschung für biotechnologische, pharmazeutische und medizintechnische Unternehmen, Kliniken, Diagnostische Labore sowie Forschungseinrichtungen.

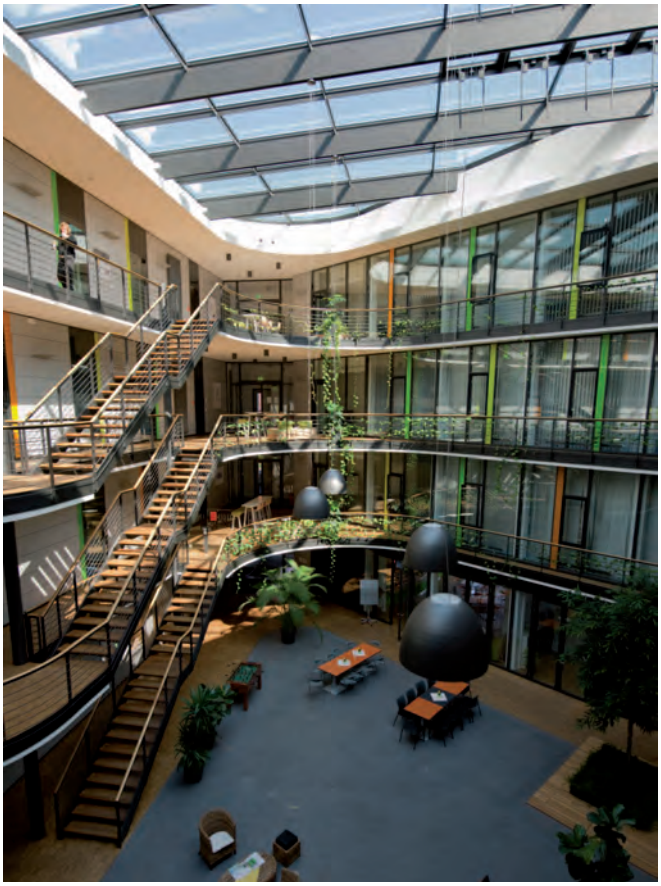
Innerhalb der Geschäftsfelder Zell- und Gentherapie, Wirkstoffe, Diagnostik und Biosystemtechnik entwickelt, optimiert und validiert das Fraunhofer IZI Verfahren, Materialien und Produkte.

Die Kompetenzen liegen in den Bereichen Zellbiologie, Immunologie, Wirkstoffbiochemie, Biomarker, Bioanalytik, Bioproduktion sowie Prozessentwicklung und Automatisierung.

Im Forschungsmittelpunkt stehen dabei die Indikationsbereiche Onkologie, Neuropathologie, autoimmune und entzündliche Erkrankungen sowie Infektionskrankheiten und Regenerative Medizin.

Das Institut ist kliniknah orientiert und übernimmt Qualitätsprüfungen sowie die GMP-konforme Herstellung von klinischen Prüfmustern. Darüber hinaus unterstützt es Partner bei der Erlangung von Herstellungsgenehmigungen und Zulassungen.

www.izi.fraunhofer.de

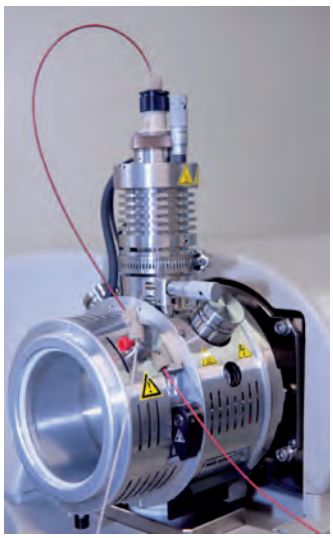


# Fraunhofer Projektgruppe Molekulare Wirkstoffbiochemie und Therapie-entwicklung des Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI-MWT

Die Projektgruppe Molekulare Wirkstoffbiochemie und Therapieentwicklung des Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie IZI entwickelt in Halle neue molekulare Strategien zur Behandlung von neurodegenerativen und entzündlichen Erkrankungen. Die Mitarbeitenden der Außenstelle besitzen dabei eine sehr umfassende Expertise in der industriellen pharmanahen Forschung. Dies schließt zunächst die Identifizierung von neuen Wirkstofftargets durch die Analyse von möglichen pathologischen post-translationalen Modifikationen, Fehlfaltungen von Proteinen sowie deren pathologische Aggregationen ein. Aus den daraus resultierenden neuen Behandlungskonzepten werden sowohl „small molecules“, als auch biologische Wirkstoffe („biologicals“) entwickelt und getestet. Dies wird flankiert durch die Entwicklung von Testverfahren zur Identifizierung und diagnostischen Anwendung von Biomarkern, die es ermöglichen den Krankheits- und Therapieverlauf zu überwachen.

Darüber hinaus verfügt die Gruppe über die Expertise zur Generierung von pharmakologisch relevanten in vitro- und in vivo-Modellen. Neben modernen Methoden zur Peptidsynthese und der Proteinanalytik (MALDI-TOF und LC-MS) besitzt die Außenstelle ein breit gefächertes biophysikalisches Methodenspektrum zur Charakterisierung von therapeutisch relevanten physiologischen Stoffwechselwegen, deren Schlüsselproteinen sowie zellbasierter und pharmakologischer Modelle zur Charakterisierung neuartiger chemischer und biologischer Wirkstoffe.

www.izi.fraunhofer.de/de/abteilungen/standort-halle/aussenstelle-molekulare-wirkstoffbiochemie-und-therapieentwicklung.html



# Projekte, Projektleiter und Mitarbeiter

## Fraunhofer-Projekte in Sachsen-Anhalt (Start 04/2016)

**CBS-FhG-1**
Herstellung und Bewertung biobasierter Epoxidharze für die Anwendung als Schaum- und Dämmstoff
*Dr. Daniela Pufky-Heinrich (CBP)*
*Andreas Krombholz (IMWS)*

**CBS-FhG-2.1**
Verarbeitung alternativer Glasfaserfilamente für Leichtbaustrukturen
*Ivonne Jahn (PAZ)*

**CBS-FhG-2.2**
Bewertung der Leichtbaustrukturen auf Basis alternativer Glasfaserfilamente
*Dr. Ralf Schlimper (IMWS)*

**CBS-FhG-3.1**
Peptidisolierung
*Dr. Stephan Schilling (IZI-MWT)*

**CBS-FhG-3.2**
Proteinwirkstoffe
*Dr. Jens-Ulrich Rahfeld (IZI-MWT)*

**CBS-FhG-3.3**
Proteincharakterisierung
*Dr. Jessica Klehm (IMWS)*

**CBS-FhG-4.1**
Biobasierte Materialien auf Basis Itakonsäure und Isopren
*Dr. Katja Patzsch (CBP)*

**CBS-FhG-4.2**
Biobasierte Materialien auf Basis Itakonsäure und Isopren
*Dr. Ulrich Wendler (CBP)*

## Projekte an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

**CBS-Uni-P1**
Biologisch abbaubare Partikel über Enkapsulierungsmethoden: Emulsions-/ Evaporationsverfahren und 3D-Printing
*Prof. Dr. Wolfgang Binder*
*Harald Rupp*

**CBS-Uni-P2**
Biobasierte Polyester: Enzymatische Synthese, Nanopartikel-Herstellung und Anwendung
*Prof. Dr. Jörg Kreßler*

**CBS-Uni-P3**
Genetische Analyse und Optimierung der Zellwandbildung und -zusammensetzung mit Hilfe der Gerstenpopulation HEB-25
*Prof. Dr. Klaus Pillen*

**CBS-Uni-P4**
Kristallisationsverhalten und mechanische Eigenschaften von Green-Composites basierend auf Bio-Polyamid
*Prof. Dr. Mario Beiner*
*Prof. Dr. Thomas Thurn-Albrecht*
*Dr. Gaurav Kumar Gupta*

**CBS-Uni-P5**
Metabolic Engineering zur Verbesserung von mikrobiellen Produktionsstämmen – Stamm- und Verfahrensentwicklung
*Prof. Dr. Markus Pietzsch*

**CBS-Uni-P6**
Metabolic Engineering zur Verbesserung von mikrobiellen Produktionsstämmen – Analytik, Modellierung und Simulation
*Prof. Dr. Björn Junker*

**CBS-Uni-P7**
Design bioaktiver Oberflächen-beschichtungen und Hydrogele für medizinische Anwendungen auf Basis biobasierter Werkstoffe
*Prof. Dr. Thomas Groth*

Weitere interessante Projekte mit Industriepartnern befinden sich in der Ideen- und Antragsphase.

# Chemie- und Biosystemtechnik

## Landesprojekte im Verbund mit Industriepartnern (Start 09/2016)

**CBS-LSA-VP1**
Mikro- und Nanopartikuläre Applikationssysteme für Wirkstoffe bei dental- kosmetischen und therapeutischen Anwendungen
*Dr. Andreas Kiesow (IMWS)*
*Dr. Mirko Buchholz (IZI-MWT)*

**CBS-LSA-VP2**
Biozide und brandhemmende Ertüchtigung von biogenen Klebstoffsystemen mit naturbasierten Füll- und Funktionsstoffen
*Nicole Eversmann (IMWS)*
*Dr. Daniela Pufky-Heinrich (CBP)*

**CBS-LSA-VP3a**
Auslegung und Bewertung von thermoplast-basierten Leichtbaustrukturen „ThermoLeibaS“
*Anne Geyer (IMWS)*
*Dr. Ralf Schlimper (IMWS)*

**CBS-LSA-VP3b**
Prozessentwicklung und -optimierung für thermoplastbasierte Leichtbaustrukturen
*Dr. Matthias Zscheyge (PAZ)*
*Thomas Gläßer (PAZ)*

**CBS-LSA-VP4**
Analyse der Gasphasenvorgänge in Niedertemperatur-Plasmen zur Modifizierung flexibler Substrate
*Dr. Sandra Richter (IMWS)*
*Dr. Dominik Lausch (CSP)*

**CBS-LSA-VP5**
Untersuchung zur Eigenschaftsverbesserung von Polyamid-Bauteilen durch den Einsatz vorvernetzter PA-Granulate
*Dr. Michael Busch (PAZ)*
*Torsten Theumer (IMWS)*

**CBS-LSA-VP6a**
Verfahrensentwicklung zur Direktimprägnierung von nachhaltigen Fasern
*Stephan Lehmann (PAZ)*

**CBS-LSA-VP6b**
Hochleistungsdirektimprägnierung von nachhaltigen Verstärkungsfasern
Qualitätsbewertung und Inline-Prozesskontrolle
*Thomas Wagner (PAZ)*

## **Nachwuchsgruppe** „Leitfähige Polymerkomposite als Materialien für die Elektrolyse“ (Start 03/2017)

**CBS-NW1**
Entwicklung von Bipolarplatten aus leitfähigen Polymerkompositen für die Elektrolyse
*Prof. Dr. Mario Beiner (IMWS)*
*Ivonne Jahn (PAZ)*

**CBS-NW2**
Zuverlässigkeit und Lebensdauer alkalischer MEAs für Elektrolyseure und Brennstoffzellen
*Dr. Nadine Menzel (IMWS)*
*Stefan Ackermann (IMWS)*

**CBS-NW3**
Großflächige Lackelektroden für die Seewasserelektrolyse
*Christian Morig (IMWS)*

**CBS-NW4**
Analyse elektrochemischer Korrosionsprozesse in Polymerkompositen und elektronischen Komponenten für die Elektrolyse
*Sandy Klengel (IMWS)*

## Fraunhofer-Projekte in Sachsen (Start 03/2017)

**CBS-FhG-L1**
Nukleinsäure-basierte Next-Generation Diagnostics für Erkennung und Überwachung von Krebserkrankungen
*Dr. Catharina Bertram (IZI)*

**CBS-FhG-L2**
Lokalisationsanalyse von extrazellulären Vesikeln in Geweben - ExoLoc
*Dr.Franziska Lange (IZI)*
*Prof. Dr. Ulf Braumann (IZI)*

**CBS-FhG-L3**
Diagnose- und Monitorsystem für die Erfassung der Graft vs. Leukemia (GvL) Reaktion während immunologischer und anti-infektiver Therapien
*Nadja Hilger (IZI)*
*Dr. Stephan Fricke (IZI)*

**CBS-FhG-L4**
Exosomen als zellfreies therapeutisches Werkzeug im Alzheimer-Modell
*Dr. Yarúa Jaimes (IZI)*

# CBS-FhG-1: Herstellung und Bewertung biobasierter Epoxidharze für die Anwendung als Schaum- und Dämmstoff

**Dr. Daniela Pufky-Heinrich**
**Gruppenleiterin**
**Chemische Verfahren**

Daniela Pufky-Heinrich studierte Chemie an der Universität Jena und an der University of Northumbria in Newcastle (UK). 2005 promovierte sie an der Ruprecht Karls Universität Heidelberg in Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) auf dem Gebiet der Technischen Chemie. Sie arbeitet als Wissenschaftlerin und Projektleiterin an der Universität Stuttgart und seit 2008 am Fraunhofer IGB in Stuttgart. Seit 2011 leitet sie die Gruppe Chemische Prozess am Fraunhofer Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP.

Fraunhofer CBP
Am Haupttor Bau 1251
06237 Leuna

Telefon +49 3461 43-9103
Fax +49 3461 43-9199

daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de

In diesem Projekt sollen 2Komponenten-Epoxidharze auf Basis von Pflanzenölen entwickelt werden, die zur Herstellung von Schaumsystemen geeignet sind. Zur Herstellung der duromeren Polymersysteme werden Technologien zur in vitro Enzymkatalyse angewendet, um eine für technische Anwendungen ausreichende Bemusterung an Ölkomponenten mit definierten Epoxidgrad zu realisieren. Im Rahmen der Härterentwicklung werden weitere Additive terpenoiden Ursprungs verwendet, um eine mögliche Quervernetzung und damit verbundene effektivere Aushärtung zu gewährleisten. Die ausgehärteten Reaktivharze in Form von Lacken, Laminaten und Schäumen auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen werden einer umfangreichen werkstoffmechanischen Bewertung unterzogen, um die relevanten Struktur-Eigenschafts-Korrelationen aufzuklären.

Auf Grundlage der gezielten Herstellung von Härtermischungen auf Basis von aliphatischen und aromatischen Anhydriden werden alternative Reagenzien evaluiert, die als mögliche terpenoide Additive die Polymerisierung der Harze beschleunigen sollen. Dabei soll die stoffliche Nutzung von oxo-funktionalisierten sekundären Pflanzenstoffen (Pinenol und Epoxypinen) einen entscheidenden Beitrag zur nachhaltigen Materialentwicklung liefern. Ein Ziel des Projekts ist die Bereitstellung von biotechnologisch hergestellten Epoxiden auf der Basis pflanzlicher Öle, welche als Komponente für Reaktivharzsysteme dienen und deren umfangreiche physikochemische Charakterisierung . Das im

*Links: Destilliertes Tallöl (Traditem GmbH)*
*Rechts: Rohes Tallöl (Zellstoff Stendal GmbH)*

Forschungsprojekt detailliert abgestimmte Zusammenspiel der oxygenierten Leinöle und der speziell entwickelten Härter ermöglicht Reaktionsharze mit kurzen Aushärtezeiten, wie Sie in der industriellen Anwendung, speziell bei der Verschäumung, gefordert werden. Entscheidend für diese effektive Umsetzung ist deshalb die im Öl vorliegende Anzahl der Reaktivgruppen einzustellen, da diese für die spätere Vernetzung entscheidend sind. In Abhängigkeit von der Menge an Oxidationsmittel und der biotechnologischen Machbarkeit sollen Pflanzenöl-Epoxide mit unterschiedlichem Oxidationsgrad hergestellt und mit dem damit verbundenen Vernetzungsgrad entsprechend ihrer Aushärtezeit verglichen werden. In einem weiteren Schritt werden die so hergestellten Epoxid-Harze mittels Mikrowellen-technologie verschäumt und umfassend charakterisiert. Abschließend sollen die hergestellten Reaktivharze und die daraus hergestellten Halbzeuge unter materialtechnischen Gesichtspunkten untersucht werden. Dabei spielt die Aushärtung zu duroplastischen

*Einfärbmöglichkeiten des Harzsystems*

Kunststoffen unter verschiedenen physikalischen Bedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur, Aushärtezeiten, stöchiometrische Zusammensetzung aller Komponenten) und die feinabgestimmte Gesamtrezeptur der angesetzten Reaktionsharze in Korrelation zur mechanischen Beständigkeit eine entscheidende Rolle.

Seitens des Fraunhofer CBP wird die Machbarkeit der Epoxidierung von aufgereinigten Tallölen, Leinölen und Drachenkopföl im Mini-Plant Maßstab erforscht. Diese Erkenntnisse werden im Anschluss zur Herstellung neuartiger Härter für Epoxidharz-Systeme auf Basis nachwachsender Rohstoffe genutzt.

Das Fraunhofer IMWS beschäftigt sich mit der quantitativen Charakterisierung der funktionellen Gruppen der Stamm- und Härterkomponenten mittels spektroskopischer Methoden wie FT-IR-Spektroskopie, UV-VIS und Raman-Spektroskopie.

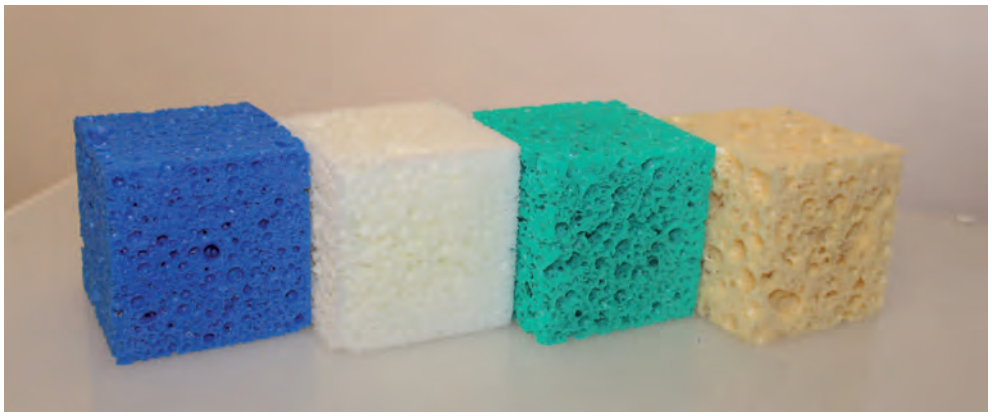
Diese Erfahrungswerte fließen in die Herstellung von Prüfkörpern zur Charakterisierung des Aushärteverhaltens. Im Anschluss erfolgt die Verschäumung geeigneter Harzsysteme mittels Mikrowellentechnologie im Labor.

Begleitend werden mittels Computertomographie die Homogenität als auch die morphologischen

Parameter der hergestellten Schäume bestimmt und verfahrenstechnische Parameter angepasst.

Die hergestellten Schaumsysteme werden mechanisch und thermophysikalisch charakterisiert. Neben der Bestimmung von Steifigkeit, Festigkeit und Kompressibilität werden die Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität der Schaumsysteme ermittelt.

Die mikromechanische Struktur der Schäume aus der Computertomographie wird abgeleitet, in Finite-Elemente-Modelle umgesetzt um die Struktur-Eigenschafts-Korrelationen zu verifizieren und ein Prognosetool zu entwickeln. Die Schaumsysteme werden bzgl. ihrer akustischen Eigenschaften mittels eines Kundtschen Rohres auf Bauteilebene geprüft. Es wird die Schallabsorption und Reflexionsgrad in Abhängigkeit von der Mikrostruktur der Schäume ermittelt.



*Aufgeschäumtes Leinölepoxid mit Farbpigmenten*

**Andreas Krombholz**
**Gruppenleiter**
**Naturstoffkomposite**

Andreas Krombholz studierte ab 1990 an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Chemie, Informatik und Physik. Er schloss das Studium im Jahr 2000 mit einem Diplom in Physik erfolgreich ab. Zurzeit arbeitet Herr Krombholz als Gruppenleiter Naturstoff-komposite in der Abteilung biologische und makro-molekulare Materialien am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS und leitet seit 2012 das Themengebiet „Werkstoffe und Polymere Bauteile“ im Spitzencluster BioEconomy in Mitteldeutschland.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-153
Fax +49 345 5589-101

andreas.krombholz@imws.
fraunhofer.de

# CBS-FhG-2.1
# Verarbeitung alternativer Glasfaserfilamente für Leichtbaustrukturen

**Ivonne Jahn**
**Gruppenleiterin**
**Thermoplastbasierte**
**Fasaerverbund-Halbzeuge**

Frau Jahn schloss 2007 ihr Studium der Werkstoff-wissenschaften und Kunststofftechnik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ab und begann im Bereich Polymerverarbeitung am Fraunhofer Pilotanlagen-zentrum PAZ als wissenschaftliche Mitarbeiterin. Ihre Expertise liegt im Bereich anwendungsgerechte Material- und Halbzeugentwicklung mit faserverstärkten Thermo-plasten. Seit 2015 ist sie Leiterin der Gruppe Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge

Fraunhofer PAZ
Value Park A 70
06258 Schkopau

Telefon +49 345 5589-474
Fax +49 345 5589-101

ivonne.jahn@imws.fraunhofer.de

**Verbesserung lokaler Bauteileigenschaften in Spritzgusskomponenten durch den Einsatz von hochmoduligen Glasfasern.**

Leichtbaulösungen auf Basis glasfaserverstärkter Thermoplaste sind im Automotive-Bereich anerkannte Praxis für eine Vielzahl von Bauteilen. Die Zulieferfirmen bedienen sich zur Herstellung dieser Komponenten des konventionellen Spritzgussverfahrens sowie des innovativen Spritzgieß-Compoundier-Direktverfahrens (IMC-Verfahren). Bezüglich der eingesetzten glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK) wird größtenteils auf konventionelle kurzglasfaserverstärkte Thermoplaste im Spritzgussverfahren oder auf langglasfaserverstärkte Thermoplaste (LFT) im Direktverfahren gesetzt.

Die lokalen Bauteileigenschaften sind insbesondere von den Eigenschaften der Einzelkomponenten (Glasfaser, Thermoplastmatrix und Grenzfläche) sowie der Prozessführung abhängig. Als relevante Einflussfaktoren sind hier z. B. der Faserdurchmesser (5-24 µm), die Faserschlichte, die Faserqualität (E-Glas, S-Glas) oder die sich im Bauteil einstellende Faserlänge zu benennen. Typische konventionelle Glasfasern bestehen aus E-Glas, haben einen Faserdurchmesser von ca. 15-17 µm und sind oftmals mit einer für mehrere Matrixmaterialien einsetzbaren Schlichte behandelt.

Im Projekt werden alternative Glasfaserfilamente als Verstärkungs-komponente in thermoplastischen GFK untersucht sowie die erreichbaren Eigenschaften in Spritzgussbauteilen evaluiert und optimiert.

Herangehensweise:

- Evaluierung alternativer Glasfaserfilamente für Spritz-gussanwendungen in automobilen Leichtbaustrukturen mit verbesserten Eigenschaften
- Ermittlung des Einflusses von Fasergeometrie, Faserschlichte und Faserzusammensetzung
- Optimierung Compoundier-Prozess für den Erhalt möglichst langer Fasern im thermoplastischen Composite
- Direktverarbeitung im Extrusionsprozess und Spritzgießcompoundierprozess
- Grundlagenuntersuchungen in Vorbereitung auf endlosfaserverstärkte Systeme

Die Materialrecherchen zu am Markt verfügbaren Glasfasertypen sind abgeschlossen, entsprechend geeignete Materialien liegen vor und wurden in ersten Materialscreening-Versuchen verarbeitet.

*Glasfaser-Roving aus Hochmodulglas*

*Compoundierextruder im Pilotmaßstab*

# CBS-FhG-2.2
# Bewertung der Leichtbaustrukturen auf Basis alternativer Glasfaserfilamente

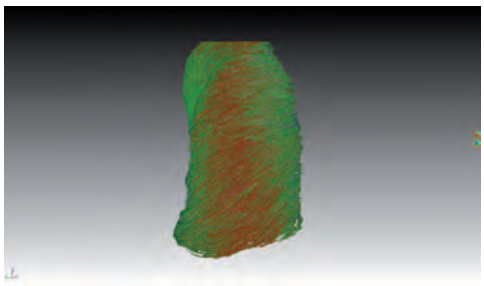
**Quantitative 3d-Bildanalyse zur Erforschung der Struktur-Eigenschafts-Korrelation von glasfaserverstärkten thermoplastischen Kunststoffen.**

Im Projekt Filamente für Nachhaltigen Leichtbau sollen alternative Glasfaserfilamente als Verstärkungskomponente in thermoplastischen Verbundwerkstoffen untersucht sowie die erreichbaren Eigenschaften in Spritzgussbauteilen evaluiert und optimiert werden. Neben den grundlegenden Material- und Prozessuntersuchungen steht auch der Einsatz von recyceltem glasfaserverstärktem Kunststoff im Fokus der geplanten Forschungsaktivitäten. Daraus sollen verbesserte Materialsysteme in Verbindung mit optimierten Verarbeitungsparametern für die Herstellung von automobilen Leichtbaustrukturen erarbeitet werden. Explizit untersucht werden soll der Einfluss der Fasergeometrie, der Faserschlichte sowie der Einsatz von hochwertigem S-Glas anstelle von konventionellem E-Glas.

Das Ziel des Teilvorhabens »Bewertung der Leichtbaustrukturen auf Basis alternativer Glasfaserfilamente« ist die Erforschung einer mikrostrukturbasierten Bewertungsmethode zur Berücksichtigung von Fertigungseinflüssen bei der strukturmechanischen Bewertung von langfaserverstärkten Spritzgussbauteilen.

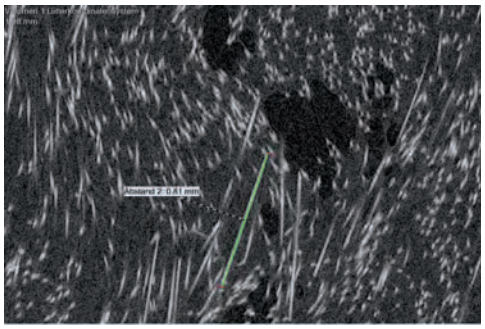
Dazu werden im ersten Schritt Röntgen-CT-Aufnahmen an Materialproben (Granulat- und Spritzgussproben) und Teststrukturen, die mit unterschiedlichen Prozessparametern hergestellt worden sind, erstellt sowie In situ Röntgen-CT Analysen an belasteten Materialproben zur Aufklärung der relevanten Verformungs- und Versagensmechanismen durchgeführt.

Anschließend steht die Entwicklung und Anwendung von 3d-Bildanalyse-Algorithmen zur quantitativen, morphologischen Untersuchung der aufgenommenen CT-Bilddaten



*3d-CT Aufnahme eines faserverstärkten Granulat-Korns mit Faserorientierungsanalyse*

(Faserlängen, Faseranteile, Faserorientierungen), insbesondere auch zur Analyse der 3d-Belastungsserien aus In situ CT-Untersuchungen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen anhand von zerstörenden Versuchen an entsprechenden Materialproben mit dem werkstoffmechanischen Verhalten des Verbundmaterials korreliert werden. Dabei spielen die o.g. Merkmale eine entscheidende Rolle.



*Manuelle Faserlängenbestimmung*

**Thomas Wagner**
**Wiss. Mitarbeiter**

Das Studium des Wirtschaftsingenieurwesens hat Thomas Wagner an der MLU Halle-Wittenberg absolviert. An das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik kam er 2010 zur Erstellung seiner Diplomarbeit mit dem Thema „Reduzierung von thermisch induzierten (Eigen-) Spannungen in CFK-Schaum-Sandwichstrukturen“. Er arbeitet seit Juni 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich „Bewertung von Faserverbundsystemen“ mit dem Themen-schwerpunkt Zerstörungs-freie Werkstoffprüfung an Faserverbundstrukturen (Röntgen-CT, Thermographie, Ultraschall).

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-216
Fax +49 345 5589-101
thomas.wagner@imws.fraunhofer.de

# CBS-FhG-3.1
# Peptidisolierung

**Dr. Stephan Schilling**
**Leiter der Arbeitsgruppe Protein- und Wirkstoffbiochemie**

Stephan Schilling ist promovierter Biochemiker mit 15jähriger Berufs- und Projekterfahrung in forschenden Einrichtungen und Industrieunternehmen. Der Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit liegt auf der Untersuchung von Proteinmodifikationen und daraus abgeleiteten therapeutischen Ansätzen. Seine Kompetenz in diesen Bereichen spiegelt sich in der Mitautorenschaft von in 20 Patenten und mehr als 50 Publikationen wider. Aktuell ist Hr. Dr. Schilling Arbeitsgruppenleiter am Fraunhofer IZI-MWT und lehrt an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Fraunhofer IZI -MWT
Protein- und Wirkstoffbiochemie
Biozentrum
Weinbergweg 22
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 (345) 13 14 28-15

stephan.schilling@izi.fraunhofer.de



**Isolierung von amyloiden Peptiden humanen Ursprungs**

Ziel des Teilprojektes ist die Synthese und Reinigung menschlicher Proteine, welche fibrilläre Strukturen in Amyloidosen ausbilden. Das Fraunhofer IZI-MWT verfügt über umfangreiche Erfahrung in der chemischen und rekombinanten Produktion von Peptiden und Proteinen sowie deren Reinigung. Das Teilprojekt fokussiert auf die amyloidogenen Peptide Aβ, tau und ADan, welche ursächlich mit der Alzheimer-Krankheit, Frontotemporalen Demenz  bzw. einer anderen, vererbbaren Form von Demenz („familial Danish Dementia“, FDD) in Verbindung stehen. Aufgrund der molekularen Größe bzw. posttranslationaler Modifikationen werden tau und ADan rekombinant hergestellt. Aβ kann sowohl synthesechemisch als auch rekombinant (E. coli) dargestellt werden.

Die synthetisierten Peptide werden in vitro zur Aggregation gebracht, um fibrilläre Strukturen für die folgende Analysen (Teilprojekt 3.3) zu erhalten. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf modifizierten Peptiden, welche charakteristisch für die Ablagerungen im Organismus sind. Im Gegensatz zu den natürlichen, ggf. nativ strukturierten Proteinen kommt diesen Formen keine physiologische Funktion zu. Ziel des Teilvorhabens ist somit die Isolation und der Nachweis der Aggregation der toxischen Eiweißstrukturen.

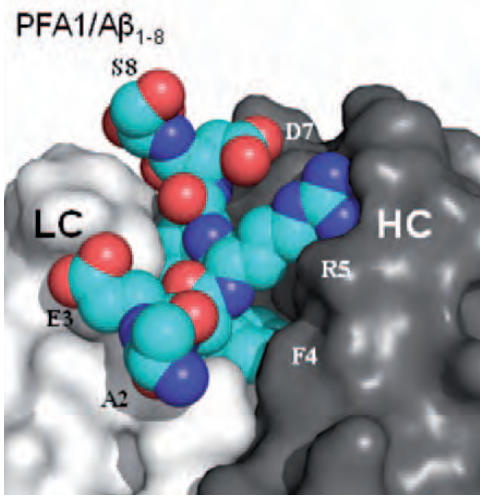
# CBS-FhG-3.2
# Proteinwirkstoffe

Monoklonalen Antikörpern kommt weltweit eine stetig steigende Bedeutung als Therapeutika zu. Im Jahr 2012 betrug der weltweite Umsatz mit auf Antikörpern basierenden Therapeutika 64,5 Milliarden Dollar. Im selben Jahr befanden sich unter den 15 umsatzstärksten Arzneimitteln sechs Antikörper bzw. von ihnen abgeleitete therapeutische Proteine.

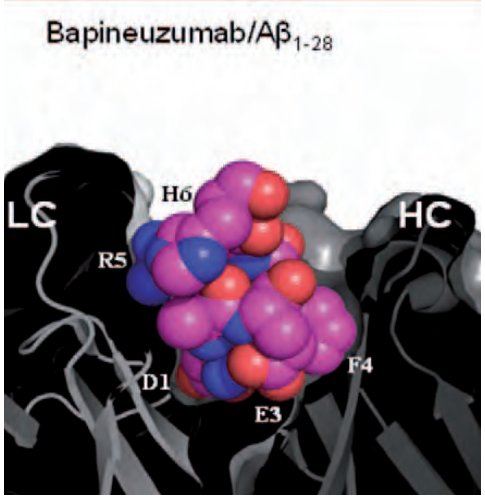
Monoklonale Antikörper als Proteinwirkstoffe stellen einen Ansatz dar, Therapeutika für Amyloidosen als Erkrankungen mit dem derzeit vermutlich größten „unmet medical need“ zu entwickeln. In vielen der Fälle ist eine Anwendung jedoch dadurch erschwert, dass die abgelagerten und fehlgefalteten, fibrillären Proteine in ihrer nativen Struktur eine physiologische Funktion ausüben. Eine Bindung an diese Strukturen würde eine Nebenwirkung ausüben (zelluläre Toxizität). Dies soll verhindert werden, indem die Bindeproteine nur gegen modifizierte („gealterte“) Proteine entwickelt werden, die charakteristisch für fibrilläre Ablagerungen sind, jedoch in der nativen Form der Eiweiße nicht vorkommen.

Das Fraunhofer IZI-MWT verfügt über umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung von therapeutischen Antikörpern. Dies beinhaltet das Design der Antigene für die Immunisierung, die Selektion von erfolgversprechenden Antikörpersezernierenden Hybridoma-Zellklonen, deren Kultivierung, die Reinigung und Charakterisierung der monoklonalen Antikörper sowie weitere Schritte zu einer Therapieanwendung wie die rekombinante Herstellung, Humanisierung und De-Immunisierung.

Ziel des Teilprojektes ist die Isolation von Antikörpern, welche selektiv modifizierte Amyloidpeptide (siehe Teilprojekt 3.1) binden. Zur Charakterisierung der Aggregate sowie für den Nachweis der Bindung der Antikörper an fibrilläre Strukturen wird dabei auf die Ressourcen und die Expertise des Fraunhofer IMWS zurückgegriffen (Teilprojekt 3.3). Am Ende besteht das Ziel, ein bis zwei hochselektive Antikörper in humanisierter Form isoliert zu haben, welche für eine weitere Entwicklung geeignet sind.




*Bindung eines Teils des Aß-Peptides (Aß 1-8) in der Bindetasche des Antikörpers PFA1 (PDB 2IPU). HC = schwere Kette, LC = leichte Kette des Antikörpers*




*Bindung eines Teils des Aß-Peptides (Aß 1-28) in der Bindetasche des Antikörpers Bapineuzumab (PDB 4HIX). HC = schwere Kette, LC = leichte Kette des Antikörpers*

**Dr. Jens-Ulrich Rahfeld**
**Laborleiter**
**Proteinwirkstoffe**

Jens-Ulrich Rahfeld ist promovierter Biochemiker mit mehr als 25 Jahren Berufs- und Projekterfahrung in forschenden Einrichtungen und Industrieunternehmen. Der Fokus seines Wirkens liegt bis heute auf dem Gebiet der therapeutischen Antikörper. Aus seinen wissenschaftlichen Arbeiten gingen bislang 60 Publikationen und 15 Patente hervor. Seit 2013 arbeitet Herr Dr. Rahfeld als Leiter des Labors für Proteinwirkstoffe am Fraunhofer IZI-MWT.

Fraunhofer IZI-MWT
Protein und Wirkstoffbiochemie
Biozentrum
Weinbergweg 22
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 1314-2826
Fax +49 345 1314-2801

jens-ulrich.rahfeld@izi.fraunhofer.de

# CBS-FhG-3.3
# Proteincharakterisierung

**Dr. Jessica Klehm**
**wiss. Mitarbeiterin**

Jessica Klehm absolvierte erfolgreich das Studium der Werkstoffwissenschaft am Zentrum für Ingenieurwissenschaften an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Seit dem Jahr 2011 ist sie am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS im Geschäftsfeld Biologische und Makromolekulare Materialien tätig. Im Hinblick auf ihre Promotion forschte sie zum Thema „Einleitung und Wachstum von Mikrorissen im Knochen: „Crazing als elementarer mikromechanischer Prozess“.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-293
Fax +49 345 5589-101

jessica.klehm@imws.fraunhofer.de

**Bindungspartner fibrillärer Proteine für therapeutische Anwendungen**

Unheilbare Erkrankungen (sogenannte Amyloidosen) des Menschen sind auf eine Fehlfaltung und Ablagerung von Peptiden oder Proteinen zurückzuführen. Dabei bilden sich fibrilläre Strukturen aus, die im Organismus sehr stabil sind und sich in betroffenen Geweben ablagern und zu einer Zellschädigung führen können.

Ein vielversprechender therapeutischer Ansatz um solche Prozesse aufzuhalten könnte sein, andere Proteine, z. B. Antikörper, zu entwickeln, welche die stabilen Aggregate markieren und für alternative Abbauprozesse (Phagozytose) zugänglich machen.

Ziel des vorliegenden Projektes ist es daher, die vom Fraunhofer IZI-MWT isolierten fibrillären Proteine sowie hergestellten Peptidaggregate hinsichtlich ihrer Struktur mittels elektronenmikroskopischer Techniken zu vergleichen. Des Weiteren soll die Bindung von Antikörpern an diese Strukturen z. B. mittels Immunogold-Markierung charakterisiert werden.

Dabei kommen insbesondere die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) zum Einsatz. Die Rasterkraftmikroskopie (AFM) wird nach entsprechender Aufarbeitung ebenfalls für die Abbildung der fibrillären Strukturen angewandt. Um eine hohe Abbildungsqualität der fibrillären Strukturen im Rahmen des Projektes gewährleisten zu können, muss ein geeignetes Präparationsverfahren entwickelt werden. Dieses beinhaltet im Wesentlichen die Aufarbeitung sowie mögliche Kontrastierungsmethoden der fibrillären Strukturen. Insbesondere die STEM-Technik (Raster-Transmissionsele ktronenmikroskopie) zur Kontrastoptimierung bei hoher Auflösung könnte in Verbindung mit einer Elementanalyse (EDX-Analyse im TEM) eine vielversprechende Methode zum Nachweis der Bindung der Proteine an die fibrillären Aggregate darstellen.

Die im Rahmen des Projektes hergestellten und optimierten Bindeproteine stellen Ausgangspunkte für eine Humanisierung dar. Darauf aufbauend ist eine Assoziation mit industriellen Partnern der Pharmaindustrie vorgesehen, um Humantherapeutika zu entwickeln. Die methodische Weiterentwicklung und die hochauflösende Darstellung der Proteine im AFM, REM und TEM würden zu einem Kompetenzaufbau am Fraunhofer IMWS beitragen. Dies betrifft insbesondere die Expertise der entwickelten Kontrastierverfahren von Proteinen und den Einsatz der STEM-Technik für den Nachweis der Bindung der Proteine an die fibrillären Aggregate.

spinplant

# Refining surgical applications

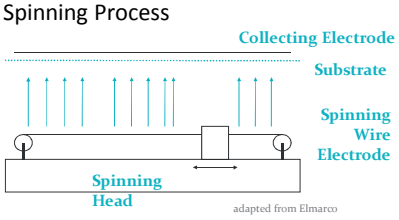

## TEAM

**H.J. Meisel, T. Ganey and C. Herbst**
**J. Milosevic, A. Tsapakidou, A. Bauermeister and S. Hasan,**

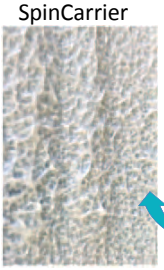

## Nano meets Bio

Nanospider

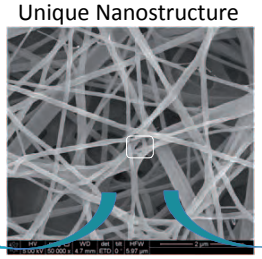
Spinning Process



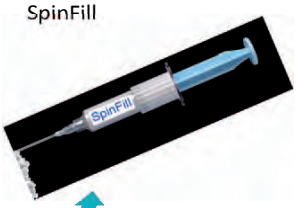

SpinCarrier



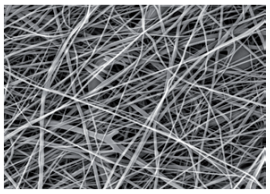
Unique Nanostructure

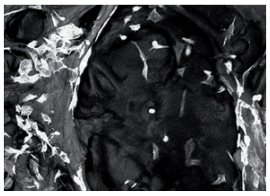


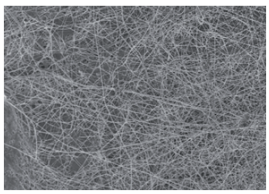
SpinFill



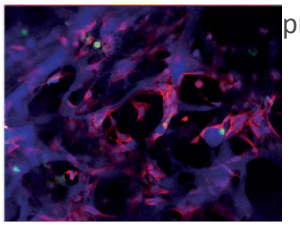

SpinPlant is an R&D company, which has successfully combined for the first time the advantages of native collagen with nano and micro dimensions and hereby developed a scalable production process of stable electrospun native nano- and microfibers for several applications in the field of regenerative medicine.

| SpinFill | Product Scope | Target Market |
|---|---|---|
|  | Material bone filler used in bone graft procedures to guide and support the re-growth of bone in orthopaedic and dental applications. | • Spinal fusion<br>• Orthopedic applications<br>• Dental applications<br>• Stabilization of multiple fractures |

| SpinCarrier | Product Scope | Target Market |
|---|---|---|
|  | Scaffold for mesenchymal stem cells, chondrocytes, osteoblasts and other cells of interest in the field of regenerative medicine and tissue engineering. | • Cooperation Pharma<br>• Cooperation BioTech<br>• Cooperation R&D |

| SpinHeal | Product Scope | Target Market |
|---|---|---|
|  | Collagen fleece used to cover wounds, accelerates healing procedure, has hemostatic function and combined with other components has antimicrobial effect. | • Wound Care Market<br>• Wound Healing Market<br>• Burn Care Market |

| SpinPlant | USP | Marketing/Distribution |
|---|---|---|



The unique characteristics of SpinPlant's Fleeces create evident advantages towards competing products:

- -cell adhesion
- -osteogenesis
- -accelerated wound healing
- -biocompatibility
- -cost efficiency
- -cell growth
- -osteoconductivity,-inductivity
- -high safety
- -biodegradability
- -high profit margin

**Our Fleeces not only comply with the autologous gold standard without creating its disadvantages, but also exceed it by adding further components in the production process.**

spinplant


**Get in contact: SpinPlant GmbH**
Weinbergweg 23, 06120 Halle (Saale)
T +49 30 887 114-0, F +49 30 887 114-11
info@spinplant.de

# CBS-FhG-4.1
# Biobasierte Materialien auf Basis Itakonsäure und Isopren

**Dr. Katja Patzsch**
**Gruppenleiterin**
**Biotechnologische Prozesse**

Nach einem Studium der Bioverfahrenstechnik promovierte sie von 2005 bis 2009 unter der Betreuung von Prof. Dr. M. Pietzsch (Professur für Aufarbeitung biotechnischer Produkte am Institut für Pharmazie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) im Bereich der Biokunststoffe unter Nutzung enzymatisch vernetzter Proteine aus Nachwachsenden Rohstoffen. 2009 begann sie ihre Tätigkeit für das Fraunhofer CBP in Leuna und war am Aufbau des Zentrums sowie dem Auslegen der biotechnologischen Pilotanlagen beteiligt. Seit 2012 leitet sie die Gruppe Biotechnologische Prozesse und fokussiert auf die Entwicklung und Skalierung von Prozessen der industriellen Biotechnologie.

Fraunhofer CBP
Am Haupttor - Bau 1251
06237 Leuna

Telefon +49 3461 43-9104
Fax +49 3461 43-9199

katja.patzsch@cbp.fraunhofer.de



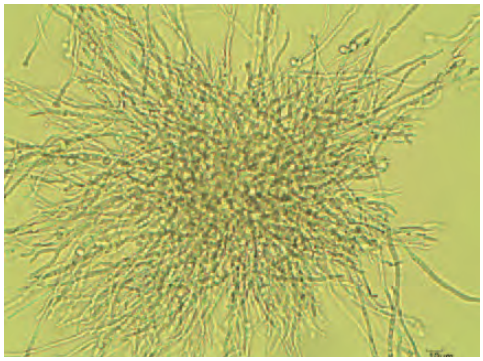
**Fokus dieses Projektes ist die fermentative Gewinnung und Anwendbarkeit zweier für u.a. die Kunststoffindustrie und Kautschukgewinnung interessante Produkte.**

Itakonsäure ist eine wichtige Dicarbonsäure, die als Plattform-chemikalie z.B. als Comonomer zur Synthese von Emulsionspolymeren, als Ersatz für petrochemisch hergestellte Acrylsäure, zur Herstellung von Farben/ Lacken sowie biologisch abbaubaren Polymeren in der Verpackungsindustrie verwendet werden kann.

Die Produktion von Itakonsäure erfolgt biotechnologisch durch die Fermentation von Zuckersubstraten mit Aspergillus-Stämmen und wird am Fraunhofer CBP im Technikumsmaßstab durchgeführt. Die höchsten Ausbeuten von bis zu 130 g/L wurden bisher mit *Aspergillus terreus* (Abb. 1) erzielt. Dennoch weist der Fermentations-prozess mit A. terreus auch nachteilige Eigenschaften auf, wie die Sensibilität des Stammes gegenüber Scherrstress, unterbrochener Sauerstoffversorgung, unzureichender Substratzufuhr und vor allem Störkomponenten im Fermentationsmedium. Daher liegt in diesem Projekt ein Schwerpunkt auf der Nutzung von Zuckerfraktionen niedrigerer Reinheiten, z.B. aus Buchenholzhydrolysat und der Optimierung des Fermentations-verfahrens hinsichtlich der Handhabbarkeit der Störkomponenten aus dem Substrat. Ein weiterer Schwerpunkt stellt die Aufarbeitung der Itakonsäure aus der Fermentations-brühe dar. Hierbei soll seitens des Fraunhofer CBP eine erste Grob-reinigung (u.a. Biomasseabtrennung) und weiterführende Aufreinigung (z.B. Kristallisation oder Destillation) der Itakonsäure erfolgen bevor die endgültige Feinreinigung am Fraunhofer PAZ durchgeführt wird.

Als zweite Plattformchemikalie wird Isopren und dessen biotechnologische Herstellung sowie anionische Lösungspolymerisation zur Herstellung von neuartigen, funktionalisierten Polyisopren betrachtet. (funktionalisiertes) Polyisopren stellt ein Substitutionsprodukt für Naturkautschuk dar; hier sind bei steigenden Weltbedarf die Plantagenflächen begrenzt, außerdem besteht existentielle Bestandsgefahr des Kautschukbaums durch den Schlauchpilz Microcyclus ulei. Isopren kann in gentechnisch veränderten Mikroorganismen biotechnologisch produziert werden. Für die Stammentwicklung ist das Fraunhofer IAP in Potsdam eingebunden. Des Weiteren sind grundlegende Untersuchungen zur Machbarkeit notwendig, um einen Technologierreifegrad ähnlich Itakonsäure zu erreichen.

Wir sind auf der Suche nach interessierten Partnern zur Anwendung und Verwertung der in diesem Projekt hergestellten Mono- und Polymere.



*Mikroskopische Darstellung des Pilzes Aspergillus terreus.*

# CBS-FhG-4.2
# Biobasierte Materialien auf Basis Itakonsäure und Isopren

**Monomere auf nachwachsender Basis stellen eine wichtige Ergänzung - im Idealfall eine Substitution - zu den auf chemischem Wege gewonnenen Rohstoffen für Polymerisationsprozesse dar.**

Biotechnologisch gewonnene Chemikalien weisen Verunreinigungen aus dem Fermentationsprozess auf. Abhängig vom gewählten Polymerisationsprozess sind diese Störkomponenten unterschiedlich kritisch zu bewerten.Für exakte Aussagen wurden daher vergleichende Polymerisationen mit dem reinen Monomer Isopren durchgeführt; Schwerpunkt war hier das Trapping von störenden polaren Verbindungen mittels Metallalkylhydriden (1) . In der Abbildung wird der Zusammenhang zwischen der Menge des wirksamen Cokatalysators und dem Polymerisationsgrad in der koordinativen Polymerisation gezeigt, um später mit dieser Abhängigkeit auf den Einfluss der Verunreinigungen rückschließen zu können.

Analog wurde für die anionische Polymerisation ein sehr sensitiver Initiator vergleichend untersucht. Für die angestrebten Superelastomere (2) sind bifunktionale Polymerketten notwendig. Durch eine optimierte Polymerisationsführung konnte die Kinetik beider aktiven Zentren angeglichen werden, sodass kaum Abbruchreaktionen stattfinden.

Bei der Itakonsäure wurde anfänglich versucht, die bekannten schlechten Raum/Zeit-Ausbeuten und sehr geringen Molmassen der Homopolymerisation durch Einsatz von Drucktechnik zu optimieren (3). Die erreichten, niedrigen Umsätze nach 72 h bei unterschiedlichen Temperaturen/ Initiatorsystemen lassen vermuten, dass ein kommerziell sinnvoller Zugang nur über die Copolymerisation mit weiteren Monomeren bzw. über Komplexierung mit organischen Kationen (4) möglich ist.

Mit einem Unternehmen im mitteldeutschen Chemiedreieck wird ein gemeinsamer Projektantrag zur Verbesserung der Adhäsion von Polymerformulierungen an polaren Oberflächen durch Einsatz von Itakonsäure vorbereitet.

(1) G. Ricci, G. Leone, Polyolefins Journal, 2014, 1, 43-60
(2) D. R. Wolsfold, S. Bywater, Canadian Journal of Chemistry, 1964, 42, 2884-2892
(3) S.J. Velickovic et al., Journal of Applied Polymer Science, 2008, 110, 3275-3282
(4) S. Bednarz et al., Catalysis Today, 2015, 257, 297-304

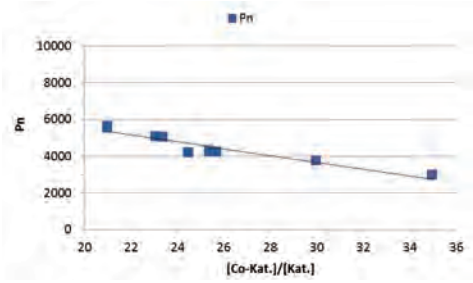



*Abb. 1 Polymerisationsgrad als Indikator für störende Verunreinigungen (über wirksame Co-Kat. Konz.)*

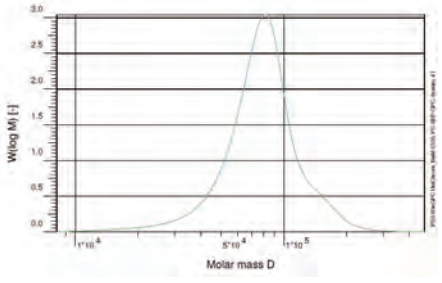



*Abb. 2 Molmassen bifunktionales Polyisopren (Optimierte monomodale Kinetik unter Beachtung Mikrostruktur)*

**Dr. Ulrich Wendler**
**Abt.-Ltr. Synthese und Produktentwicklung**

Nach dem Diplom in Technischer und Makromolekularer Chemie an der TU Clausthal und dem University College Cork (Irland) begann Ulrich Wendler seine Laufbahn bei Fraunhofer am IAP in Teltow als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Nach seiner Promotion an der TU Berlin arbeitete er bei der Linde AG in der Betreuung von Wasserstoff- und CO-Anlagen. Ab 2003 war er in den Aufbau des Fraunhofer Pilotanlagenzentrums PAZ in Schkopau beteiligt und leitet seit 2009 die Synthese im PAZ. Seit dem Wintersemester 2009 hält er außerdem Vorlesungen an der FH Merseburg im Bereich Makromolekulare Chemie.

Fraunhofer PAZ
Value Park, A74
06258 Schkopau

Telefon +49 3461 2598-210
Fax +49 3461 2598-105

ulrich.wendler@iap.fraunhofer.de

# CBS-Uni-P1: Biologisch abbaubare Partikel über Enkapsulierungsmethoden: Emulsions-/ Evaporationsverfahren und 3D-Printing

**Prof. Dr. Wolfgang H. Binder**

Wolfgang H. Binder studierte Chemie an der Universtität Wien und promovierte in Organischer Synthesechemie von Kohlenhydraten. Nach Forschungsaufenthalten an der Emory University (Atlanta/ USA, 1996-1997) und der Universität Wien habilitierte er 2004 im Fach Makromolekularer Chemie an der TU-Wien. Seit 2007 leitet er den Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie an der MLU-Halle Wittenberg.

MLU Halle-Wittenberg
Makromolekulare Chemie
Von-Danckelmann-Platz 4
06120 Halle (Saale)
elefon +49345 55-25930
wolfgang.binder@chemie.uni-halle.de

**Harald Rupp**
**Doktorand**

Harald Rupp absolvierte den Bachelor- und Masterstudiengang Chemie der MLU Halle-Wittenberg. Im Rahmen des Leistungszentrums arbeitet er an seiner Promotion zum Thema „Encapsulation of hydrophobic materials with biodegradable polymers via emulsion-solvent evaporation and 3D printing“ am Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie von Prof. Dr. Binder an der MLU Halle-Wittenberg.

harald.rupp@chemie.uni-halle.de

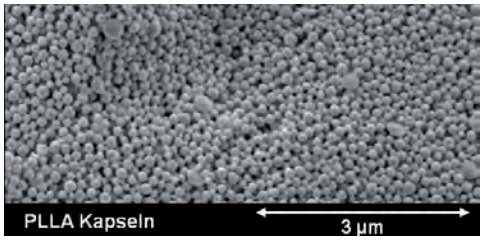

Die Verkapselung von pharmazeutisch aktiven Substanzen im Nanometerbereich (50 - 500 nm) in Hinblick auf definierte Kapselgröße, Wandstärke, Stabilität und Materialkombinationen stellen immer noch eine Herausforderung dar. Die Optimierung der Partikelgrößen-verteilung und der Kern-Hülle-Wechselwirkung, wobei der Kern aus einer hydrophoben Flüssigkeit und die Hülle aus verschiedenen biologisch abbaubaren Polyestern besteht, muss ständig voran getrieben werden. Dieses Projekt wird Methoden zur Verallgemeinerung solcher Verfahren entwickeln, die auf Emulsions-/Evaporations-verfahren bzw. auf 3D-Druckverfahren beruhen.

Es werden Emulsions-/Evaporations-verfahren zur Bildung von Kapseln mit biologisch abbaubaren Materialien (z.B. abbaubare Polyester) entwickelt. Für die hydrophobe Kapselfüllung dienen verschiedene Modellverbindungen aus der Klasse der Terpene. Methodisch erfolgt die Kapselbildung bei der Evaporation des Lösungsmittels, dabei findet eine Entmischung zwischen dem zu verkapselten Stoff und dem Kapselmaterial statt. Hierzu werden die Löslichkeits-parameter als Grundlage herangezogen, um den Entmischungspunkt voraussagen zu können. Die Kapseln sollen vorrangig auf ihre Größe, Wandstärke, Verteilung untersucht werden. Ein weitere Teil des Projekt befasst sich mit der Entwicklung eines 3D-Druckverfahren zum Drucken von Kapseln, um möglichst schonend und umweltfreundlich Kapseln zu synthetisieren. Kritisch hierbei ist der Aufbau der Kapsel-hülle aus Polymer und das gezielte Füllen mit einer flüssigen, aktiven Komponente. Der Aufbau des Kapselsystem im 3D-Druckverfahren erfolgt dabei Schicht für Schicht. Nach mehrfacher Wiederholung der Arbeitsschritte erlangt man am Ende des Druckprozesses einen fertigen makroskaligen Probenkörper, der aus vielen „Kapseln“ besteht.

Bei erfolgreicher Prozessentwicklung können mit der neuen Technik fertige Produkte für medizinische Anwendungen (Medikamente) oder Düngemittel in einem Druckvorgang hergestellt werden. Durch die Wahl des Polymers lässt sich zusätzlich die Freisetzung der aktiven Komponenten

*Zur Realisierung des 3D-Druckprozesses dient der „3D Discovery“ von der Firma regenHU©. Der 3D-Drucker ist in der Lage bis zu vier verschiedene Materialien simultan zu einem 3D-Objekt zu kombinieren.*

steuern. Aber auch high-end Materialien, bei denen eine Reaktionen der Füllung stattfindet, können in den verschiedensten Formen und Größen realisiert werden. So können Detektionslösungen als Kapsel direkt in Lebewesen bzw. Zellen eingebracht werden oder auch selbstheilende Materialien entwickelt werden.




*Nach der Emulsions-/Evaporationsmethode synthetisierten Poly(l-lactid)-kapseln mit einer flüssigen, hydrophoben Füllung. Das Bild zeigt eine SEM-Aufnahme (Elektronenmikroskop) der ca. 100 ± 30 nm großen Kapseln nach dem Trocknen.*

# CBS-Uni-P3: Genetische Analyse und Optimierung der Zellwandbildung und -zusammensetzung mit Hilfe der Gerstenpopulation HEB-25

Das Getreidestroh besteht aus den organischen Verbindungen Cellulose, Hemicellulose und Lignocellulose. Während Cellulose und Hemicellulosen vor allem in der Papierherstellung Verwendung finden, kann die Lignocellulose als Bau- und Dämmstoff oder, nach chemischen Aufschluss, einer stofflichen Verwertung zur Bildung von phenolischen Plattformchemikalien zugeführt werden (Schulze et al. 2016). In Deutschland fallen jährlich ca. 11,5 Mio. t Weizen- und 6,5 Mio. t Gerstenstroh an. Davon können dem Stoffkreislauf ohne Schaden für die Bodenfruchtbarkeit ca. 33 % (=6 Mio. t) für eine stoffliche oder energetische Nutzung entnommen werden.

Mit Hilfe der in Halle entwickelten und weltweit ersten multiparentalen Gersten-Population HEB-25 soll zunächst die genetische Regulation der Zellwandbildung sowie ihre Zusammensetzung aus unterschiedlichen wertgebenden Kohlenhydratverbindungen untersucht werden. Anschließend soll die Zusammen-setzung der Zellwand durch Kreuzung und Selektion geeigneter Gerstengenotypen für eine Verwendung als chemischer Rohstoff optimiert werden.

Wildgetreidearten, z.B. Wildgersten weisen einen besonders hohen Anteil an Stroh auf und zeigen zudem eine große Variation bezüglich der stofflichen Zusammensetzung des Strohs. In der Arbeitsgruppe von Prof. Pillen wurde kürzlich weltweit die erste multiparentale Population, HEB-25 (für Halle Exotic Barley), aus Kreuzungen von Kultur- und Wildgersten erstellt (Maurer et al. 2015 und 2016). Diese werden zur Zeit in weltweiten Feldversuchen untersucht, um neue Gene zur Steigerung der Merkmalskomplexe Ertrag, Qualität, Pathogenresistenz und Umweltstresstoleranz genetisch zu lokalisieren und anschließend in den Kulturgersten-Genpool zu integrieren.

Eine Ausdehnung dieser Studien auf den Merkmalskomplex Zellwand soll helfen, um (1) die genetische Regulation der Zellwandzusammen-setzung in Gerste aufzuklären, (2) Gene zu lokalisieren, die für eine Steigerung der wertgebenden Komponenten, wie z.B. Ligno-cellulose, verantwortlich sind und (3) diese Komponenten anschließend in den aktuellen Elitegersten-sorten anzureichern, um so in einem Modellprojekt die Steigerung der Wirtschaftlichkeit der stofflichen Nutzung von Getreidestroh zu erreichen.

Projektpartner: Dr. Hans-Peter Mock, IPK Gatersleben und Prof. Dr. Udo Seiffert, Fraunhofer IFF, Magdeburg

**Prof. Klaus Pillen**
**Professur für Pflanzenzüchtung**

Klaus Pillen studierte Agrarwissenschaften an der Universität Bonn und promoviertean der LMU München über Pflanzen-genetik. Im Rahmen eines Forschungsstipendium der Human Frontier Science Organization arbeitete er 3 Jahre als Post-doc an der Cornell University, USA.

Ab 1996 arbeitete er als Dozent an der Universität Bonn über Themen der Molekularen Pflanzen-züchtung. Von 2006-2008 leitete er die unabhängige Forschergruppe Gersten-genetik am Max-Planck-Institut für Pflanzen-züchtungsforschung in Köln. Seit 2008 leitet er die Professur für Pflanzenzüchtung an der MLU Halle-Wittenberg

MLU Halle-Wittenberg
Professur für Pflanzenzüchtung
Betty-Heimann-Str. 3
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345-5522 680

klaus.pillen@landw.uni-halle.de

# CBS-Uni-P4: Kristallisationsverhalten und mechanische Eigenschaften von Green-Composites basierend auf Bio-Polyamid

**Prof. Dr. Mario Beiner**
**AG Mikro- und Nanostrukturbasierte Polymerverbundwerkstoffe**

Mario Beiner studierte Polymerphysik an der Technischen Hochschule Merseburg. Er habilitierte sich an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Seit 2012 leitet er eine Arbeitsgruppe an Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die sich mit mikro- und nanostrukturbasierten Polymerverbundwerk-stoffen beschäftigt, und ist wissenschaftlicher Leiter des Geschäftsfelds Polymeranwendungen am Fraunhofer IMWS in Halle. Seine Forschung widmet sich insbesondere materialwissenschaftlichen Fragestellungen im Bereich Dynamik und Kristallisation von nanostrukturierten Polymeren und Kompositen.

MLU Halle-Wittenberg
Naturwissenschaftliche Fakultät II
AG Mikro- und nanostrukturbasierte Polymerverbundwerkstoffe
Heinrich-Damerow-Str. 4
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5525-760
Fax +49 345 5527-391

mario.beiner@physik.uni-halle.de



**Ziel des Projekts ist die Optimierung von faserverstärkten Hochleistungsverbundwerkstoffen auf Basis von Bio-Polyamid (PA-11) durch gezielte Einstellung des Kristallisationszustands der Polymermatrix.**

Das Projekt widmet sich der Untersuchung des Kristallisations-verhaltens von Bio-Polyamid (PA-11) in endlos- und langfaserverstärkten Hochleistungsverbundwerkstoffen für den Einsatz im Bereich des polymerbasierten Leichtbaus.

Als Fasern sollen dabei konventionelle Glasfasern, Celluloseregeneratfasern und biobasierte Fasern zum Einsatz kommen. Zentrales Ziel ist ein detailliertes Verständnis der Kristall-isationskinetik und des kristallinen Zustands der Bio-Polyamid-Matrix in solchen Green-Composites. Darüber hinaus soll der Einfluss des Kristallisationszustands auf die mechanischen Eigenschaften entsprechender Komposite eingehend untersucht werden, um Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aufzuklären, was eine Voraussetzung für eine effektive Optimierung entsprechender Hochleistungsverbundwerkstoffe darstellt. Als Referenzsysteme sollen entsprechende Hochleistungsverbund-werkstoffe mit klassischem PA6 als Matrix in die Untersuchungen einbezogen werden.

Geplant sind insbesondere (i) Experimente zur Kristallisationskinetik mittels klassischer DSC und Fast-Scanning DSC, (ii) Röntgendiffraktometrie-Untersuchungen zur Analyse des teil-kristallinen Zustands der Polymermatrix nach verschiedenen anwendungsrelevanten Kristallisationsprogrammen, (iii) Strukturuntersuchungen mittels bildge-bender Verfahren auf verschiedenen Längenskalen [optische Polarisationsmikroskopie (POM), Rasterelektronenmikroskopie (REM), Rasterkraftmikroskopie (AFM), Beispiele in Bild 1] sowie (iv) mechanische Untersuchungen an unidirektional faserverstärkten Modellkompositen mittels Spannung-Dehnungs-Experimenten, Kriechversuchen und dynamisch-mechanischen Methoden. Das Projekt knüpft an Aktivitäten zu biobasierten unidirektional verstärkten Tapes (sogenannten „UD-Tapes“, Bild 2) am Fraunhofer PAZ in Schkopau an. Die im hier vorgestellten Projekt erhaltenen Aussagen zu Prozess-Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bei entsprechenden Green-Composites sollen zu einer effizienten Optimierung des Eigenschaftsprofils daraus hergestellter Bauelemente für den polymeren Leichtbau beitragen.

*Anwendungsseitige Vernetzung*
Die materialwissenschaftlich orientierten Untersuchungen im hier vorgestellten Projekt sollen aktuelle Forschungsaktivitäten an biobasierten UD-Tapes am Fraunhofer PAZ in Schkopau unterstützen, welches auch im Leistungszentrum Chemie-Biosystemtechnik vertreten ist. Dabei sollen Synergien erschlossen werden, die sich aus der Kombination von materialwissenschaftlichen Arbeiten in diesem Projekt mit eher technologisch orientierten Forschungsaktivitäten am Fraunhofer PAZ ergeben. Die materialwissenschaftlichen Forschungsarbeiten profitieren, da es konkrete Kenntnisse zu realen Prozessbedingungen gibt, während die technologischen Arbeiten davon profitieren, dass zusätzliche Potentiale bei der Prozessoptimierung erschlossen werden können. Das Fraunhofer PAZ arbeitet in eignen Projekten zu UD-Tapes auch eng mit Kunststoff-verarbeitern und Herstellern von Polymerverarbeitungsanlagen zusammen, wodurch es auch für die Ergebnisse des hier beschriebenen Projekts geeignete Ansprechpartner in potentiell interessierten Unternehmen

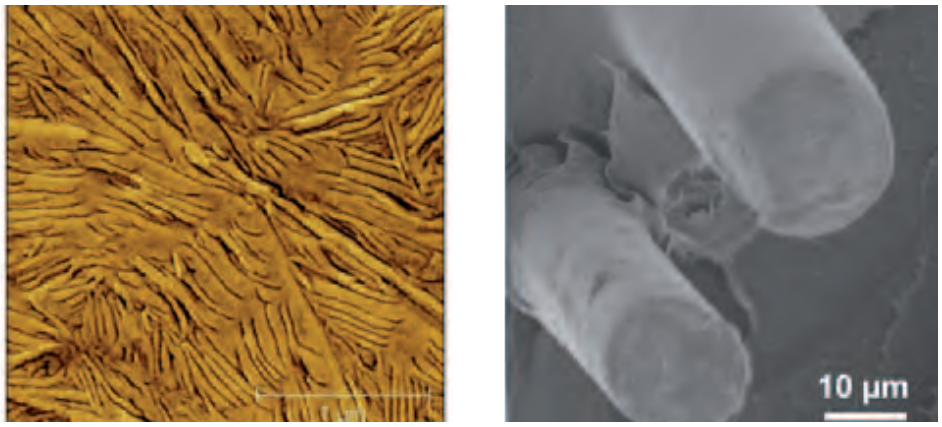



*Bild 1. (links) Rastkraftmikroskopische (AFM) Aufnahme eines Sphäruliten in einem teilkristallinen Polymer. (rechts) Rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahme von Glasfasern in einer Polymermatrix.*

gibt. Weiterhin sollen die Projektergebnisse zukünftig auf Workshops mit konkretem Anwendungsbezug vorgestellt werden, um einem breiten Kreis möglicher Partner zu erreichen.

*Wissenschaftliche Vernetzung*

Ein grundlegendes Verständnis der mit der Kristallisation von Polymeren einhergehende Strukturbildungsprozesse ist eine zentrale Zielsetzung des Sonderforschungsbereichs SFB/TRR102 „Polymers under multiple constraints“ in Halle (Saale) und Leipzig. Beide Projektleiter des hier vorgestellten Projekts sind auch Teilprojektleiter im SFB/TRR102. Da hier artverwandte Fragestellungen an anwendungsrelevanten biobasierten Polymeren untersucht werden, bietet dies hervorragende Möglichkeiten zum inhaltlichen und methodischen Austausch.

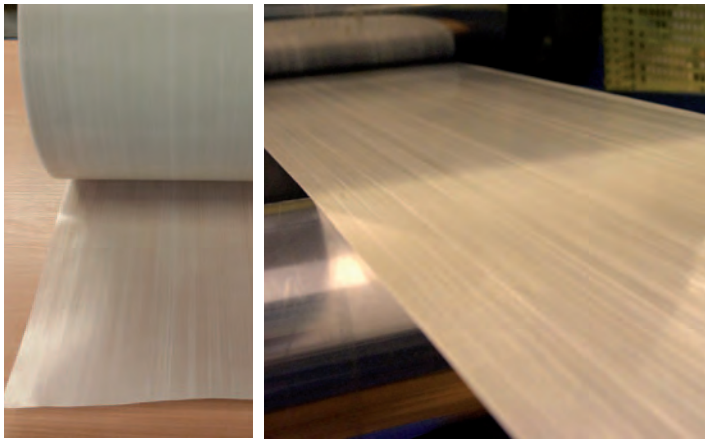


*Bild 2. Unidirektional endlosfaserverstärktes Tapes mit thermoplastischer Matrix (UD-Tape).*

Dr. Gaurav Kumar Gupta promovierte am Institut für Physik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Aktuell ist er im Rahmen des Leistungszentrums Chemie- und Biosystemtechnik wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und Gastwissenschaftler am Fraunhofer IMWS in Halle. Seine Forschungsinteressen sind Kristallisations- und Strukturbildungsprozesse in Soft Matter.

Telefon +49 345 5589-201
gaurav.kumar.gupta@imws.fraunhofer.de

**Prof. Dr. Thomas Thurn-Albrecht**
**Professur Experimentelle Polymerphysik**

Prof. Dr. Thomas Thurn-Albrecht ist Professor für Experimentelle Polymerphysik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Er habilitierte sich an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg im Breisgau. Sein Arbeitsgebiet sind Untersuchungen zum Zusammenhang von mikroskopischen Strukturen und makroskopischen Eigenschaften verschiedenster Polymermaterialien. Sein besonderes Interesse gilt den kristallinen Polymeren und dem Prozess der Kristallisation selbst.

MLU Halle-Wittenberg
Institut für Physik
FG Experimentelle Polymerphysik
Von-Danckelmann-Platz 3
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 55-25340
Fax +49 345 55-27160

thomas.thurn-albrecht@physik.uni-halle.de

# CBS-Uni-P5: Metabolic Engineering zur Verbesserung von mikrobiellen Produktionsstämmen – Stamm- und Verfahrensentwicklung

**Ziel des Projektes ist der Aufbau einer biosystemtechnischen Plattform für die Produktion biotechnologischer Produkte auf Basis nachwachsender Rohstoffe.**

**Prof. Dr. Markus Pietzsch**
**Leiter AG Aufarbeitung biotechnischer Produkte**

Bereits während seiner Doktorarbeit an der TU Braunschweig beschäftigte sich Prof. Pietzsch mit der Biokatalyse. Nach einer PostDoc-Zeit an der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) im Bereich Enzymtechnologie wechselte er für die Habilitation an das Institut für Bioverfahrenstechnik der Universität Stuttgart. 2001 wurde er an die MLU Halle-Wittenberg berufen. Die Forschungsschwerpunkte der AG Pietzsch liegen im Bereich der biotechnologischen Forschung und Entwicklung. Dabei werden unterschiedliche Enzyme und Enzymkaskaden für die Synthese hochwertiger Produkte eingesetzt. Zum Einsatz kommen optimierte ganze Zellen und isolierte Enzyme.

MLU Halle-Wittenberg
Naturwissenschaftliche Fakultät I
Institut für Pharmazie
c/o Biozentrum
Weinbergweg 22
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 55 - 25 949
Fax +49 345 55 - 27 260

markus.pietzsch@pharmazie.uni-halle.de

Die Entwicklung moderner biotechnologischer Verfahren erfordert die Verbindung von natur- und ingenieurwissenschaftlichen Kompetenzen. Um die Produktion von bestimmten Stoffen zu optimieren, ist ein gezieltes Metabolic Engineering der Produktionsstämme erforderlich.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes soll eine Plattform für Metabolic Engineering zur Verbesserung von mikrobiellen Produktionsstämmen entwickelt werden. Als Beispiele für Zielprodukte dienen Aceton, Isopropanol und Itaconsäure, die im BMBF-Spitzencluster BioEconomy benötigt werden. Als Kohlenstoffquellen sollen z. B. Buchenholzhydrolysate, C-5 und C-6 Zucker, bzw. Hemicellulosehydrolysate (non-food Biomasse) verwendet werden.

In Kooperation mit dem Teilprojekt CBS-Uni-P6 (Prof. Junker) wird zunächst eine genaue Analyse der Stoffflüsse von der Kohlenstoffquelle zu Ziel- und Nebenprodukten durchgeführt. Dafür wird eine Kombination aus 13C-Markierungsexperimenten, Massenspektrometrie, Computermodellierung und Simulation der Stoffwechselwege verwendet. Auf Basis der daraus entstandenen Stoffflusskarten werden Vorhersagen über Ansatzpunkte für die Stammverbesserung getroffen. Diese werden mittels molekularbiologischer Methoden umgesetzt. Schließlich werden Produktionsstämme und Verfahren im Labormaßstab bis zum 50 L Maßstab im Bioreaktor getestet. Dieser Optimierungszyklus wird wiederholt durchlaufen.

*Bioreaktoranlage für Testzwecke an der MLU Halle-Wittenberg*

# CBS-Uni-P7: Design bioaktiver Oberflächen-beschichtungen und Hydrogele für medizinische Anwendungen auf Basis biobasierter Werkstoffe

**Biogene Rohstoffe auf Basis von Cellulose, Chitosan und anderen Glykanen werden chemisch umgesetzt, um diese für die Beschichtung von Implantaten oder für das Engineering von Knochen und Knorpel in der Medizin einzusetzen.**

Glykosaminoglykane (GAGs) wie Heparin, Chondroitinsulfate und Hyaluronsäure sind nicht nur Gerüstsubstanz von Geweben wie Knochen, Knorpel u.v.a., sondern auch für die Regulation der Funktion von Zellen und Geweben von enormer Bedeutung. Eine umfassende Nutzung von GAG in der Medizin wird allerdings durch deren begrenzte Verfügbarkeit und eine hohen Variabilität der Bioaktivität verhindert. Andererseits können Derivate von natürlich unbegrenzt verfügbaren Polysacchariden wie Cellulose und Chitosan oder biotechnologisch herstellbarer Hyaluronsäure eine zu GAG vergleichbare Bioaktivität in vitro und in vivo aufweisen, was deren Anwendung im Bereich des Tissue Engineerings oder zur Behandlung chronischer Wunden interessant macht. Deshalb sollen in dem Vorhaben Derivate verschiedener Polysaccharide chemisch modifiziert und zur Beschichtung von Implantaten oder zur Herstellung von Hydrogelen eingesetzt und deren Bioaktivität mit Stammzellen zur Herstellung von Knochen und Knorpel in vitro genutzt werden.

Die Polysaccharide werden durch regioselektive Sulfatierung, Thiolierung und Oxidation gezielt chemisch umgesetzt und deren Anwendbarkeit für die Beschichtung von Modellimplantaten oder zur Herstellung von Hydrogelen getestet. Die Beschichtung der Materialien mit modifizierten Polysacchariden erfolgt entweder kovalent oder adsorptiv mit der Layer-by-Layer Methode. Die Bioaktivität wird mit Kulturen mesenchymaler Stammzellen bestimmt und deren Differenzierung in Knochen und Knorpel genauer untersucht.

Bislang wurde die Aktivierung verschiedener Glykane durch Thiolierung und Oxidation erfolgreich durchgeführt und diese genutzt um Modelloberflächen mit der Layer-by-Layer-Methode durch Adsorption zu beschichten. Erste Untersuchungen mit Zellkulturen zeigen, dass thiolierte Glykane für stimulus-responsive Oberflächenbeschichtungen genutzt werden können, während oxidierte Glykane eine erhöhte Aktivität gegenüber Wachstumsfaktoren aufweisen, was die Differenzierung von Zellen fördert wie Abbildung 1 zeigt. Kooperationen sind mit Partnern möglich, die sich mit der Herstellung von Polysacchariden und deren Anwendung im der Medizin befassen.

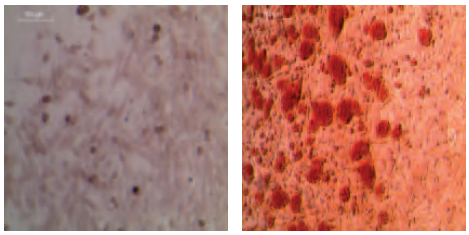


*Abb. 1 Vergleich der osteogenen Aktivität von C2C12 Myoblasten auf Multischichten aus Kollagen (Koll) und nativen Chondroitinsulfat (CS, links) mit solchen aus Koll und oxidiertem CS in Gegenwart von BMP-2 (rechts). Die Anfärbung mit Alizarinrot im rechten Bild zeigt deutlich die hohe osteogene Aktivität des oxidierten CS.*

Dr. Alexandros Repanas hat in Biomedizinischer Technik an der Medizinischen Hochschule Hannover promoviert. Er ist Apotheker und hat einen M.Sc in Nanotechnologie. Sein bisheriges Arbeitsgebiet sind Biomaterialien und Elektrospinning für medizinische Anwendungen.

Telefon +49 0345-55-28463
alexandros.repanas@pharmazie.uni-halle.de

**Prof. Dr. Thomas Groth**
**Leiter AG Biomedizinische Materialien, Institut für Pharmazie**

Thomas Groth ist Professor an der Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, wo er die AG Biomedizinische Materialien leitet und Mitglied des Direktoriums des Interdisziplinären Zentrums für Materialwissenschaften ist. Er hat ein Diplom in Biologie, promovierte im Fach Biophysik an der Humboldt-Universität Berlin und habilitierte sich in Biotechnologie an der Universität Potsdam. Vor seinem Wechsel nach Halle war er Leiter der Abteilung Biomaterialien am Helmholtz-Zentrum Geesthacht. Seit 2016 ist er Präsident der Europäischen Gesellschaft für Künstliche Organe.

MLU Halle-Wittenberg
AG Biomedizinische Materialien,
Institut für Pharmazie
Heinrich-Damerow-Str. 4
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345-55-28461
Fax +49 345-55-27379

thomas.groth@pharmazie.uni-halle.de

# CBS-LSA-VP1: Mikro- und Nanopartikuläre Applikationssysteme für Wirkstoffe bei dental-kosmetischen und therapeutischen Anwendungen

**Dr. Mirko Buchholz**
**Leiter der Arbeitsgruppe Wirkstoffentwicklung und Analytische Chemie**

Mirko Buchholz ist promovierter Pharmazeut mit 14jähriger Berufs- und Projekterfahrung in forschenden Einrichtungen und Unternehmen. Der Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit liegt auf der medizinal-chemischen Bearbeitung von Themen im Bereich antibakterieller Wirkstoffe, Krebs, Alzheimer und Inflammation. Ein weiterer Fokus ist die Etablierung einer GLP-Prüfeinrichtung für die Analytik von small molecules. Er ist Mitautor von 14 Patenten und 10 Publikationen und lehrt am Institut für Pharmazie der Universität Leipzig.

Fraunhofer IZI-MWT
Biozentrum
Weinbergweg 22
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 1314-2800
Fax +49 345 1314-2801

mirko.buchholz@izi.fraunhofer.de



**Entwicklung von Wirkstoff-Applikationssystemen für den dental-kosmetischen und therapeutischen Bereich.**

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Optimierung von bedarfsgerechten Produkten mit langfristiger Freisetzung auf Basis mikro- und nanopartikulärer Systeme im Bereich des Mundraums für kosmetische und therapeutische Anwendungen. Dazu soll eine technologische Plattform erarbeitet werden, die als Ausgangspunkt auch für weitere Anwendungsformen und für den Aufbau, die Entwicklung und die Etablierung der Wertschöpfungsketten im Bereich der Zahn- und Mundheilkunde sowie der Mundpflege geeignet ist.

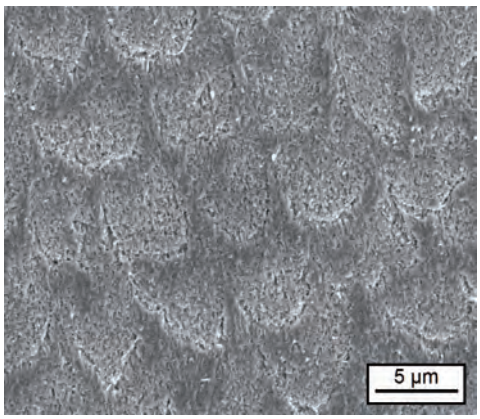
Das Vorhaben wird von den beiden Partnern entsprechend ihrer Kompetenzen in zwei Teilprojekten bearbeitet:

1.Entwicklung und Analytik (Freisetzungsprofil, Stabilität) von Formulierungen auf Basis mikro- und nanopartikulären Systeme

2.Aufbau von Testmodellen zur physiko-chemischen Charakterisierung und Durchführung von Applikationstests

Die lokale Applikation von Wirkstoffen im Bereich des Mundraums für kosmetische und therapeutische Anwendungen kann über verschiedene Formulierungen erfolgen, wobei die jeweilige Verweildauer von Sekunden über Minuten bis hin zu Stunden reichen kann.

Für  einige medizinisch relevante Indikationen erfolgt momentan die Wirkstoffgabe jedoch oftmals systemisch. Da hierbei die Wirkstoffmenge hoch sein muss, um eine ausreichende Konzentration in oralen Geweben zu erreichen, kann es dabei zu unerwünschten und unnötigen Nebeneffekten kommen. Beispielhaft sei hier die Parodontitis genannt, die als eine der häufigsten Infektions-krankheiten weltweit nicht nur zur Zerstörung des Zahnhalteapparates führen kann, sondern auch das Risiko für systemische Erkrankungen wie Diabetes und Herzkreislauferkrank-ungen erhöht. Die derzeitige Therapie sieht in schweren Fällen die systemische Gabe von Breitband-antibiotika als unterstützende Therapie zur mechanischen Entfernung der mikrobiellen Plaque in der parodontalen Tasche vor. Dabei werden hohe Dosen eingesetzt (z.B. 500 mg Amoxicillin und 400 mg Metronidazol 3x tägl. über 7 Tage), was zu den erwähnten negativen Effekten führt: eine Veränderung und Dezimierung des Mikrobioms des Darmes sowie die Förderung von Resistenzbildungen, die in Industrie- und Schwellenländern eine immer stärkere Gefahr im klinischen Alltag bilden. Ein weiteres Beispiel sind orale Candida-Infektionen, die vor allem bei immun-supprimierten (z.B. 30+% der Patienten in Chemotherapie), aber auch bei alten Menschen auftreten.




*Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Zahnschmelzoberfläche*

Der Schlüssel für die Lösung einer solchen Problematik liegt in zwei Aspekten. Auf der einen Seite muss es gelingen, möglichst selektiv die pathogenen Keime abzutöten und auf der anderen Seite sollte die Applikation

von antibiotischen oder antiseptischen Wirkstoffen so lokal wie möglich erfolgen. Mit diesem letztgenannten Ansatz beschäftigt sich das hier beschriebene Projekt, da es technologisch bisher eine große Herausforderung darstellt, diese Wirkstoffe so zu formulieren, dass eine langfristige Freisetzung in lokal ausreichender Form gewährleistet werden kann. Dies liegt vor allem an der Tatsache, dass die Sulkusflüssigkeit innerhalb einer Zahntasche etwa 40 mal/Stunde erneuert wird [Goodson J et al., 1989]. Dabei wird angestrebt verschiedene Antibiotika so zu formulieren, dass eine Freisetzung über 1 – 4 Wochen nach einmaliger Applikation gewährleistet ist. Dies soll durch die Verwendung von mikro- und nanopartikulären Systemen erreicht werden, wobei die Partikel selbst aus reinem Wirkstoff bestehen könnten oder aber auch die entsprechenden Wirkstoffe verpackt enthalten können.

Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf den adhäsiven Eigenschaften des Systems innerhalb der parodontalen Tasche bzw. auf der Mukosa liegen müssen, da dies den Schlüssel für eine lange lokale Verweildauer der Formulierung darstellen wird.

Im Rahmen des Projektes steht Herr Prof. Mäder (Institut für Pharmazie der Martin-Luther-Universität Halle, AG Pharmazeutische Technologie) bei der Entwicklung der Formulierung zur Verfügung. Weiterhin bringt Frau Prof. Eick (Universität Bern; Zahnmedizinische Kliniken; Labor für Orale Mikrobiologie) ihre Erfahrungen als kompetente Partnerin zu praxisrelevanten Fragestellungen aus Mediziner- und Patientensicht ein.

*Einblick in das Zahnlabor des Fraunhofer IMWS*

**Dr. -Ing. Andreas Kiesow**
**Gruppenleiter Charakterisierung medizinischer und kosmetischer Pflegeprodukte**

Nach erfolgreichem Studium der Mikrosystemtechnik und Promotion an der TU Chemnitz wechselte Herr Dr. Kiesow als Materialwissenschaftler zum Fraunhofer IMWS. Im Bereich der Mikrostruktur- und Oberflächenanalyse liegt der Fokus seiner Arbeit auf der Bewertung dentaler Hartgewebe.
Als ein neues Thema begleitet er in seiner Tätigkeit als Gruppenleiter u.A. den Bereich der molekularen und mikrostrukturellen Analyse des Weichgewebes, mit der Forschergruppe „Skin Next - Elastin- und kollagenbasierte Hautprodukte – Materialdesign und Charakterisierung“.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-118
Fax +49 345 5589-101
andreas.kiesow@imws.fraunhofer.de

# CBS-LSA-VP2: Biozide und brandhemmende Ertüchtigung von biogenen Klebstoffsystemen mit naturbasierten Füll- und Funktionsstoffen

**Nicole Eversmann**
**wiss. Mitarbeiterin**

Nicole Eversmann absolvierte von 2000 bis 2005 ein Biologiestudium an der TU Braunschweig und war danach als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der TU Clausthal und der Westsächsischen Hochschule Zwickau im Bereich der naturfaser-verstärken Kunststoffe (NFK) tätig. Nachfolgend bearbeitete sie das Thema Biokorrosion auf NFK an der Bauhaus Universität Weimar. Seit 2015 ist sie Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS in der Gruppe Naturstoffkomposite mit den Schwerpunkten pflanzenölbasierte Kunststoffe und Schäume.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-498
Fax +49 345 5589-101

nicole.eversmann@imws.fraunhofer.de

**Entwicklung von umweltfreundlichen Klebstoffsystemen mit brandhemmender Wirkung für nachhaltige Baumaterialien.**

Handelsübliche Verbundwerkstoffe aus umweltfreundlichen Materialien wie Holz und Kork werden derzeit unter Verwendung von erdölbasierten Klebstoffsystemen erzeugt. Zum Schutz der natürlichen Werkstoffe gegenüber mikrobiellem Befall oder Brandlasten werden ebenfalls naturfremde Chemikalien eingesetzt. Diese vermindern das ökologische Potential und somit die Absatzchancen von beispielsweise Holz- und Korkprodukten.

Bisher beschränkte sich die Produktentwicklung von biogenen Polymeren vorwiegend auf Untersuchungen des Aushärteverhaltens und des Materialdesigns für duroplastische Anwendungen. Im Projekt erfolgt die nachhaltige Entwicklung eines biogenen Klebstoffsystems auf Grundlage naturbasierter Epoxidharzmatrizes und effektiver Quervernetzer. Ausgangsbasis ist ein Klebstoffsystem aus Tall- und Leinölepoxiden zum Verkleben oder Binden von Naturstoffen wie Holz, Rinde und mineralischen Füllstoffen. Das perfekte Zusammenspiel von Epoxid, Additiv mit spezieller Funktion und Härter-Mischung, Dicarbonsäuren und Anhydride, soll im Kern untersucht und auf Klebstoffsysteme angewandt werden. Projektziel ist die Bereitstellung von biogenen Klebstoff-Formulierungen mit antimikrobieller und flammhemmender Ausrüstung durch Additive (Zusatzstoffe) auf ebenfalls biogener Basis. Die biogenen Additive, bevorzugt gesundheitlich unbedenkliche Substanzen, sollen im höchsten Maß oberflächenwirksam und möglichst emissionsfrei an den Klebstoff gebunden sein.

Die potentielle biozide Wirkung von verschiedenen naturbasierten Additiven gegenüber Bakterien, Algen und Pilzen bei Anwendung in Pflanzenölepoxiden wird ausführlich getestet.

*Ausgangsgusproben und ausgestanzte runde Proben für den Abklatschtest.*

*Forschergruppe am Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP.*

Diese bioziden Füllstoffe können Bestandteile von natürlichen Ölen, Holz- bzw. Rinde als Extrakt oder in

Pulverform, sowie Extrakte aus Fruchtkernen und Blüten sein. Außerdem werden die bioziden Naturstoffe chemisch aktiviert, so dass sie zumindest teilweise eine kovalente Bindung mit Tall- und Leinölepoxiden eingehen. Weiterhin wird eine brandhemmende Wirkung durch biogene Füllstoffe angestrebt. Die geklebten Verbind-ungsstellen können u.a. im Fall von Schichtlaminaten Brandbarrieren darstellen. Aufgrund der technischen Neuheit ist eine Qualifizierung bei der angestrebten Produktklasse auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen immer auch an eine materialseitige Iteration gekoppelt. Durch die Kombination mit Mess-ungen auf Bauteilebene kann ein für das jeweilige Anwendungs-szenario optimal designtes Werkstoffsystem eingestellt werden.

Das vorgestellte Projekt beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung biobasierender Härterkomponenten für epoxidierte Tallöl-, Leinöl und Drachenkopföl-Harzsysteme. Vorwiegend werden bekannte Technologien zur in vitro Enzymkatalyse angewendet, um ausreichende Bemusterung an Ölkomponenten mit definierten Epoxidgrad zu realisieren. Im Rahmen der Härterentwicklung werden auf Grundlage zahlreicher Studien weitere Additive terpenoiden Ursprungs verwendet, um eine möglich Quervernetzung und damit verbundene effektivere Aushärtung zu gewährleisten. Die ausgehärteten Reaktivharze auf Basis von nachwachsen Rohstoffen werden in einer umfangreichen Materialprüfung abschließend begutachtet.

**Dr. Daniela Pufky-Heinrich**
**Gruppenleiterin**
**Chemische Verfahren**

Daniela Pufky-Heinrich studierte Chemie an der Universität Jena und an der University of Northumbria in Newcastle (UK). 2005 promovierte sie an der Ruprecht Karls Universität Heidelberg in Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) auf dem Gebiet der Technischen Chemie. Sie arbeitet als Wissenschaftlerin und Projektleiterin an der Universität Stuttgart und seit 2008 am Fraunhofer IGB in Stuttgart. Seit 2011 leitet sie die Gruppe Chemische Prozess am Fraunhofer Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP.

Fraunhofer CBP
Am Haupttor Bau 1251
06237 Leuna

Telefon +49 3461 43-9103
Fax +49 3461 43-9199

daniela.pufky-heinrich@cbp.fraunhofer.de

# CBS-LSA-VP3a
# Auslegung und Bewertung von thermoplast-basierten Leichtbaustrukturen „ThermoLeibaS“

**Anne Geyer**
**wiss. Mitarbeiterin**

Anne Geyer ist seit 2015 wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Fraunhofer IMWS in der Gruppe Bewertung von Faserverbundsystemen. Schon während ihres Studiums der Luft- und Raumfahrttechnik von 10/2008 bis 12/2014 an der TU Dresden, wurde der Grundstein für den Weg in die industrienahe Forschung mit einem Betriebspraktikum am Fraunhofer IWMH gelegt. Die Prüfung und Simulation von thermoplastischen Faserverbundstrukturen steht im Mittelpunkt der beruflichen Tätigkeit, wobei der momentane Schwerpunkt auf der Dissertation zum Thema Charakterisierung des Anbindungsverhaltens bei Hybrid-Spritzguss-Bauteilen liegt.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)
Telefon +49 345 5589-438
Fax +49 345 5589-101

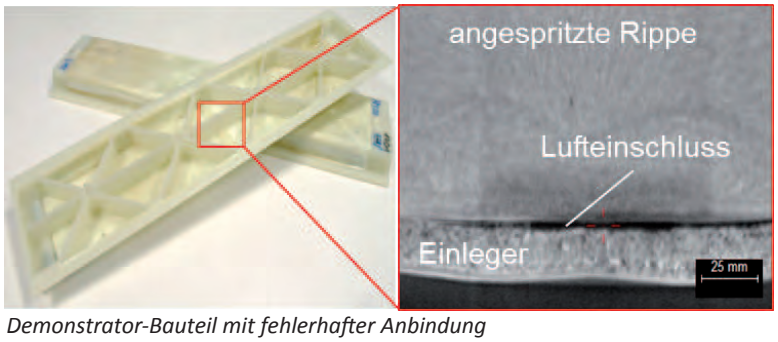
anne.geyer@imws.fraunhofer.de

**Berechenbare Leichtbaustrukturen aus faserverstärkten, thermoplastischen Werkstoffen mit lokaler Endlosfaserverstärkung in Großserienfertigung.**

Das Projekt »Untersuchung des Verarbeitungs- und Einsatzverhaltens von thermoplastbasierten Leichtbaustrukturen« (ThermoLeibaS) hat die Entwicklung einer durchgängigen, virtuellen Wertschöpfungskette und einer neuen Prozesstechnologie zur Herstellung von hochbelastbaren thermoplastbasierten Leichtbaustrukturen zum Ziel. Anhand eines ausgewählten Strukturbauteils soll mit Hilfe von Prozess- und Strukturmodellierung eine fertigungs- und beanspruchungsgerechte Bauteilgestaltung erfolgen. Die sogenannte Hybrid-Spritzguss-technologie, welche die Kombination von lastpfadangepassten TPC-Laminaten und Spritzguss-funktionalisierung mit wirtschaftlichen Zykluszeiten ermöglicht, wurde am Fraunhofer PAZ bereits in vorrangegangenen Arbeiten anhand einer vereinfachter Prüfstrukturen umgesetzt. Im Rahmen dieses geplanten Projektes sollen nun die Erkenntnisse auf ein reales Struktur-bauteil übertragen werden.

Im hier vorgestellten Teilvorhaben werden die strukturmechanischen Auswirkungen der, in Simulation und technologischem Experiment ermittelten, Prozesseinflüsse untersucht. Dazu sollen virtuelle Berechnungsansätze der strukturmechanischen Analyse genutzt werden, um auf Basis der Prozesssimulation lokale Werkstoffeigenschaften realistisch berücksichtigen zu können. Zu diesem Zweck werden Methoden zum Mapping von Ergebnissen aus der Prozesssimulation sowie geeignete Materialmodelle angewendet und weiterentwickelt. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Anbindung zwischen TPC-Laminat-einleger und Zuspritzmaterial, welche in vorangegangenen Fertigungsversuchen als fehleranfällig identifiziert wurde (siehe Abbildung 1).

Für die Analyse des Anbindungs-verhaltens wird ein spezieller Versuch konzipiert und validiert. Dabei wird eine senkrecht angespritzte Rippe vom TPC-Laminateinleger abgeschert. In Korrelation mit den Prozessparametern bei der Herstellung der Probenstrukturen und deren morphologischer Charakterisierung, beispielsweise mit Hilfe von Röntgen-Computertomographie, lassen sich die Prozesseinflüsse auf das Anbindungsverhalten quantifizieren. In den nächsten Schritten sollen dann die angewendeten Methoden für die Auslegung von einer prototypischen Struktur genutzt werden, um den Einfluss von Prozessparametern auf Bauteilstrukturen besser beurteilen zu können. Auch die Validierung der strukturmechanischen Simulationsergebnisse erfolgt schließlich anhand der Bewertung gefertigter prototypischer Teststrukturen.



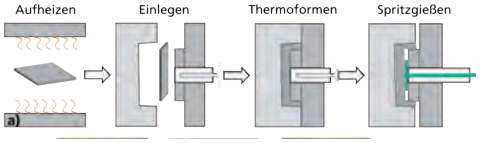

*Demonstrator-Bauteil mit fehlerhafter Anbindung*

# CBS-LSA-VP3b
# Prozessentwicklung und -optimierung für thermoplastbasierte Leichtbaustrukturen

**Wirtschaftliche Herstellung von thermoplastbasierten Leichtbaustrukturen**

In zwei parallel verlaufenden Teilprojekten am Fraunhofer PAZ und am Fraunhofer IMWS sollen die technologischen und strukturmechanischen Forschungsarbeiten zur Herstellung und Auslegung von thermoplastischen Leichtbaustrukturen in Kombination mit endlosfaserverstärkten unidirektionalen Tape-Gelegen (UD-Tapes) im Hybrid-Spritzgussprozess vorgenommen werden.

Im Rahmen des Teilprojektes am PAZ sollen prozesstechnische Untersuchungen und darauf basierend virtuelle Werkzeuge der Prozesssimulation (Fließ- und Warmumformsimulation) weiterentwickelt und am Beispiel industrierelevanter Demonstratoren durchgängig angewendet werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienen sowohl der Prozessauslegung und somit der Herstellung von reproduzierbaren Laminat- und Bauteilaufbauten als auch der Berücksichtigung der Auswirkungen der Herstellungsparameter auf die lokalen Bauteileigenschaften für die Struktur-auslegung im zweiten Teilprojekt am IMWS. Der Fokus liegt vor allem auf der korrekten Vorhersage der Faser-orientierungen unter variablen Prozessrandbedingungen (z.B. Temperatur, Druck, Prozesszeit und Werkzeuggeometrie) im kurzfaserverstärkten Spritzgussmaterial und im endlosfaserverstärkten Laminateinleger für die gesamte Prozesskette des Hybrid-Spritzgussprozesses (s. Abbildung 1 a). Zunächst erfolgt die systematische Untersuchung des Herstellungsprozesses durch die Betrachtung der einzelnen Prozessschritte in Abhängigkeit der Prozessparameter. Erste Ergebnisse zeigen die Charakterisierung der prozesstechnischen Defektphänomene, welche vor allem auf die geringe Verschiebefestigkeit der UD-Tape-Halbzeuge bei aufgeschmolzener Matrix zurückzuführen sind (s. Abb. 1b bis 1d). Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse werden für die Weiterentwicklung der Prozesstechnik und die Identifizierung der optimalen Prozessparameter zur reproduzierbaren Bauteilherstellung sowie für die Validierung der Prozesssimulationen zur hybriden Verarbeitungskette genutzt. Sowohl die simulativen als auch technologisch-experimentellen Untersuchungen werden zunächst anhand eines vereinfachten Demonstratorbauteils vorgenommen und sollen dann auf die Auslegung und Herstellung eines industrierelevanten Strukturbauteils übertragen werden.




*a) Schematische Abbildung der Prozesskette des Hybrid-Spritzgusses sowie Analyse der prozesstechnischen Defektphänomene*

*b) Oberflächenabdrücke durch Vakuumgreifer, c) Faltenbildung und Faserverschiebung*
*d) Laminatverschiebung durch Schmelzeeintritt*

**Dr. Ing. Matthias Zscheyge**
**Gruppenleiter**
**Thermoplastbasierte Faserverbund-Bauteile**

Herr Dr. Zscheyge studierte Maschinenbau an der TU Dresden und ist seit 2014 am Fraunhofer IMWS als wissen. Mitarbeiter und Gruppenleiter (2015) tätig.

Fraunhofer PAZ
Value Park A 70 | 06258 Schkopau

Telefon +49 345 5589-475
Fax +49 345 5589-101

matthias.zscheyge@imws.fraunhofer.de

**Thomas Gläßer**
**wiss. Mitarbeiter**

Herr Gläßer studierte Maschinenbau an der Hochschule Anhalt und ist seit 2015 wissenschaftlicher MItarbeiter am Fraunhofer IMWS.

Telefon +49 345 5589-476

thomas.glaesser@imws.fraunhofer.de

# CBS-LSA-VP4: Analyse der Gasphasenvorgänge in Niedertemperatur-Plasmen zur Modifizierung flexibler Substrate

**Dr. Sandra Richter**
**wiss. Mitarbeiterin**

Sandra Richter ist seit 2007 am Fraunhofer IMWS in der Arbeitsgruppe „Technologien für Biofunktionale Oberflächen“. Fokus der Arbeiten liegt auf der Modifizierung und Funktionalisierung von technischen Folien und Medizinprodukten in Anlehnung an industrielle Anforderungen. Das Studium der Werkstoffwissenschaften an der MLU Halle-Wittenberg schloss sie mit der Promotion zum Thema „Korrelationen von Plasma- und Materialparametern zur Kontrolle des industriellen Atmosphärendruck-Plasmaprozesses“ ab.2008 absolvierte sie einen Forschungsaufenthalt in Troy, New York, USA bei der Firma Evident Technologies, Inc. zum Thema: „Investigations of semiconductor nano-crystal quantum dots in emulsions“.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-259
Fax +49 3455589-101

sandra.richter@imws.fraunhofer.de

**Entwicklung und Etablierung von Diagnostikverfahren für in-line Atmosphärendruck-Plasmen zur Prozessoptimierung**

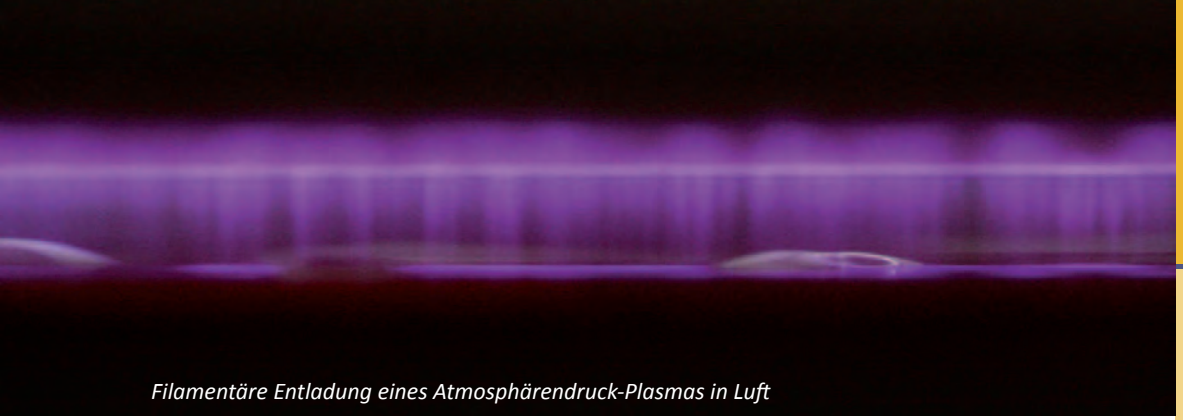
Niedertemperatur- Plasmen, d.h. ionisierte Gase, sind zur Bearbeitung von Oberflächen industriell etabliert und finden bei der Modifizierung von Kunststoffen, Metallen, Halbleitern und auch immer mehr in der medizinischen Therapie Einsatz. Bei der Produktion flexibler Substrate, z. B. Folien für die Verpackungsindustrie oder dünner multikristalliner Wafer für die Photovoltaik müssen die Hersteller den wachsenden Ansprüchen der Endverarbeiter gerecht werden und qualitativ hochwertige Produkte bereitstellen.

Mit den prozessintegrierten Atmosphärendruck-Plasmabehandlungen stehen beispielsweise den Folienherstellern bereits gute Möglichkeiten zur Seite die Folien in einem ersten Schritt während sehr kurzer Behandlungszeiten (< 1 s) in den Oberflächeneigenschaften anzupassen. Infolge der Vorgänge im Plasma und den Wechselwirkungen der reaktiven Teilchen im Plasma mit der Folie treten Effekte wie Reinigung, Aktivierung, Ätzung/ Texturierung oder Funktionalisierung/ Beschichtung der Oberflächen auf.

Eine Aktivierung der Folienober-fläche durch Radikalbildung und Oxidation der oberflächennahen Polymerkette führt zu einer Erhöhung der Oberflächenenergie und verbessert die Benetzung mit Druckfarben oder Klebstoffen. Jedoch zeigen Untersuchungen immer wieder, dass eine Vielzahl an systematischen Einflussfaktoren die Homogenität der Prozesse beeinträchtigt und dazu führt, dass Druckfarben z.T. schlecht haften. Zudem steigen über die eigentliche Polaritätserhöhung die Anforderungen nach spezifischen Oberflächeneigenschaften (Adhäsion, Antistatik, Antibeschlag, Antibakteriell), die nur durch die Anpassung der Plasmachemie realisiert werden können. In Abhängigkeit der Plasmaentladungs-bedingungen (u. a. Druck, klimatische Bedingungen, Zeit, Gasfluss, Chemie) werden so die chemischen als auch die morphologischen Eigenschaften der behandelten Folien variiert. Damit erstreckt sich ein weites Parameterfeld an Faktoren, welche den Oberflächen¬modifizierungsprozess entscheidend beeinflussen. Eine Kontrolle für die Homogenität des Prozesses ist hierfür von enormer Bedeutung.

Im Bereich der Photovoltaik werden die Plasmen mit reaktiven Sauer-stoffionen und Fluorionen eingesetzt, um organische Molekülreste von Siliziumober-flächen abzutragen, zur Oberflächenpassivierung und hauptsächlich zur Struktur-ierung der Oberfläche. Insbesondere bei den sog. „kerfless“ hergestellten Wafern stellt die Plasmatexturierung eine vielversprechende Alternative dar, die Lichtabsorption für einen höheren Modulwirkungsgrad zu verbessern. Während das Prozess-fenster zur Folienoberflächen-aktivierung einigen Behandlungsspielraum bietet, zeigt sich, dass für den neuartigen Ansatz der Plasmatexturierung von flexiblen multikristallinen Wafern nur eine sehr eng begrenzte Behandlungs-matrix zur Erzeugung definierter Strukturen genutzt werden kann. Hierbei ist es besonders wichtig sowohl die optischen als auch die elektrischen Eigenschaften gleichzeitig zu optimieren. Eine Kontrolle der Gasphase ist für das Prozess-verständnis von grundlegender Bedeutung, für eine spätere Auslegung der Großproduktion.

Da gegenwärtig der Einsatz von Prozessüberwachungstechnologien über die Plasmaphase bisher nicht



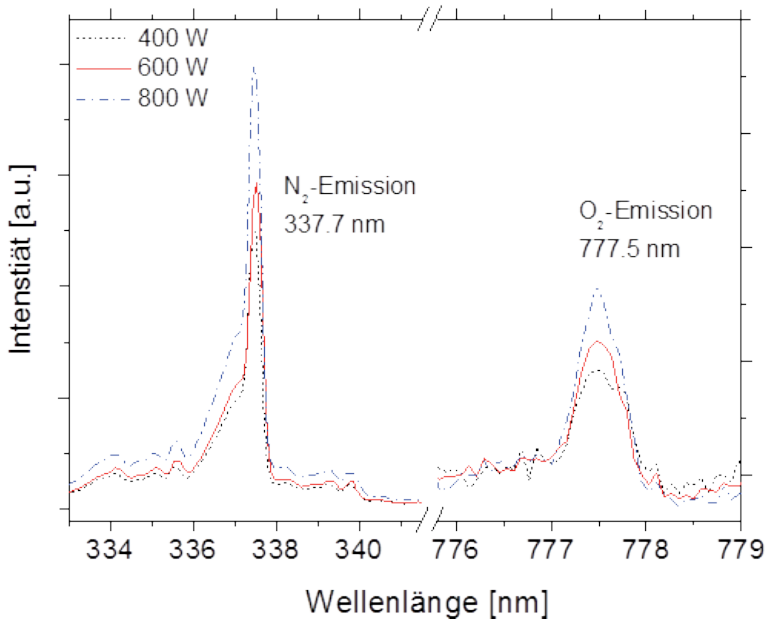
*Filamentäre Entladung eines Atmosphärendruck-Plasmas in Luft*

industriell genutzt wird, wollen Forscher des Fraunhofer-Institutes für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen im Projekt »FlexPlas«, das vom Ministerium für Wirtschaft und Wissenschaft des Landes Sachsen-Anhalt gefördert wird, aufklären, was genau im Plasma an der Oberfläche einer Verpackungsfolie sowie der Siliziumoberfläche passiert. Sie widmen sich den Frage-stellungen welche Teilchen im Plasma die entscheidenden Veränderungen hervorrufen oder wie lange die Veränderungen stabil bleiben oder wann der Prozess sein Optimum erreicht hat, ehe sich die Eigenschaften verschlechtern.

Ziel des Vorhabens ist es die in der Kunststoffindustrie etablierten Plasmabehandlungsprozesse durch die Entwicklung von in-situ Messverfahren zur Kontrolle der Prozesse wesentlich zu verbessern. Gerade im Bereich der Produktion niederenergetischer Folien wie Polyethylen oder Polytethylen-therphtalat wird der Energieeintrag in die Folien oftmals überdosiert, um die erforderlichen Oberflächen-eigenschaften zu generieren. Zudem soll für die erfolgreiche neuartige Plasmatexturierung von Solarwafern eine Diagnostik etabliert werden, um die aufwändigen Prozesse für eine Anwendung in der Massen-fertigung überwachen zu können. Hier bieten Prozessüberwachung und Diagnostik wertvolle Unter-stützung zum einen für ein detaillierteres Prozessverständnis und damit die Möglichkeit der Prozess-

steuerung und zum anderen Produktionskosten einzusparen.

Getestet werden hierfür unter anderem optische und massenspektroskopische Messtechniken zur Analyse der Plasmazusammensetzung sowie der Teilchenwechselwirkungen, die für eine spätere in-situ Prozess-überwachung an industriellen Anlagen eingesetzt werden können.




*Detailspektrum der optischen Emissionsspektroskopie bei der Prozessüberwachung der Coronabehandlung unter Variation der Plasmaleistung: Abhängigkeit der Emissionsintensität von Stickstoff (N2 – 337.7 nm) und Sauerstoff (O2 - 777.5 nm) Emissionen von der Plasmaleistung.*

**Dr. Dominik Lausch**
**wiss. Mitarbeiter**

Dominik Lausch studierte Physik an der Universität Leipzig. Während seines Studiums beschäftigte er sich in Zusammenarbeit mit Q-Cells SE mit dem Thema Bruchdetektion und schrieb seine Diplom-arbeit zum Thema „Rückwärtslumi-neszenz von Silizium-solarzellen“. Er promovierte an der MLU Halle-Wittenberg in Kooperation mit dem Fraunhofer Centrum für Silizium Photovoltaic CSP und Q-Cells SE zum The-ma „Einfluss von rekombina-tionsaktiven Defekten auf die elektrischen Eigen-schaften von Silizium-solarzellen“. Als Gewinner des PVSEC Student Award für herausragende Forschung arbeitet er seit 2012 am Fraunhofer CSP und leitet ein Team im Themen-bereich Plasmatex-turierung und Wasserstoffpassivierung.

Fraunhofer CSP
Otto-Eißfeldt-Str. 12
06120 Halle (Saale)

dominik.lausch@csp.fraunhofer.de

# CBS-LSA-VP5: Untersuchung zur Eigenschafts-verbesserung von Polyamid-Bauteilen durch den Einsatz vorvernetzter PA-Granulate

**Dr. Michael Busch**
**wiss. Mitarbeiter**

Herr Dr. Michael Busch studierte Physik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und arbeitete danach als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR. Sein Arbeitsschwerpunkt war die Entwicklung numerischer Methoden zur bruchmechanischer Bewertung von Materialien und Anlagenkomponenten, auf diesem Gebiet promovierte er im Jahr 1991. Seit 1992 ist er Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut in Halle, wo er seit fast 20 Jahren im Bereich Polymerverarbeitung tätig ist.

Fraunhofer PAZ
Value Park A 70
06258 Schkopau

Telefon +49 345 5589-111
Fax +49 345 5589-101

michael.busch@imws.fraunhofer.de

**Ziel des Vorhabens ist, ein grundlegendes Verständnis des Vernetzungsprozesses von Polyamid-Granulaten für die weitere Verarbeitung zu Formteilen mit signifikant erhöhten Eigenschaften zu erhalten.**

Die Eigenschaften von thermoplastischen Kunststoff-Formteilen können durch eine der Formgebung nachgelagerte Elektronenbestrahlung erheblich verbessert werden. Auf diese Weise lassen sich mit vergleichsweise preiswerten Kunststoffen wie Polyethylen (PE) Eigenschaften erzielen, die an die von teuren Hochleistungskunststoffen heranreichen.

Für die Vernetzung werden unter anderem aus Gründen der Wirtschaftlichkeit bevorzugt Elektronenstrahlen eingesetzt. Die Dosisenergie, der Energieeintrag bezogen auf die Masse, ist ein entscheidender Parameter des Bestrahlungsvorgangs bei der Materialbehandlung.

Die Herotron-E-Beam-Service GmbH betreibt in Bitterfeld-Wolfen einen 10 MeV-Beschleuniger zur Sterilisation von Medizinprodukten und zur Modifizierung von Polymerwerkstoffen vorrangig aus PVC, PP, PE und PA 6. Herotron setzt als einziges Unternehmen in Europa einen 20 MeV-Beschleuniger vor allem für quasi-stationäre Prozessabläufe mit hohen Dosisleistungen an Materialien mit hoher Dichte (Edelsteine, Halbleiter) ein. Bei der Einwirkung des Elektronenstrahls auf die Polymermatrix kommt es neben einer Wärmetönung unter anderem zur Bildung freier Radikale durch Bindungsaufspaltung. Diese können mit benachbarten Radikalen unter Vernetzung reagieren.

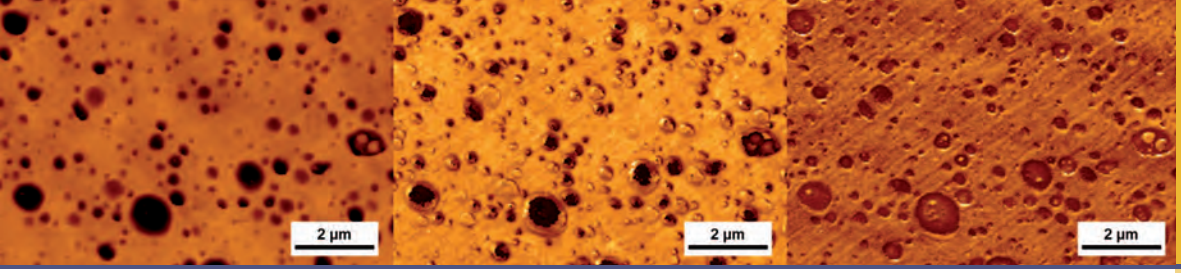
Üblich ist eine Strahlenvernetzung des mit einem Vernetzungsadditiv versehenen Polymers im Anschluss an die Formgebung, die z. B. durch Spritzgießen erfolgt. Nach der Formgebung und Verpackung werden die Teile zu einem Bestrahlungsunternehmen geschickt. Auf diese Weise kann die Fertigung der Formteile mit vorhandenen Werkzeugen und Maschinen erfolgen, so dass keine zusätzlichen Kosten für neue Werkzeuge oder Maschinen anfallen.

Der mit der nachträglichen Bestrahlung verbundene Mehraufwand stellt für viele Formteil-Hersteller eine erhebliche Hürde dar. Eine wesentlich effizientere Variante wäre, die Granulate vor ihrer Verarbeitung so zu vernetzen, dass sie danach einerseits noch wie gewohnt zu Formteilen verarbeitet werden können, andererseits aber bereits die genannten typischen Merkmale vernetzter Thermoplaste aufweisen. Die daraus hergestellten Formteile müssten dann nach der Formgebung nicht noch separat vernetzt werden.

Für den Massenkunststoff Polypropylen (PP) konnte diese Variante bereits erfolgreich erprobt werden. Anknüpfend an diese Ergebnisse soll im Vorhaben untersucht werden, ob dieser Weg auch auf den technischen Kunststoff Polyamid (PA) übertragen werden kann.

*Granulate*

Ziel des Vorhabens ist, ein grundlegendes Verständnis des Vernetzungsprozesses von Polyamid-Granulaten für die weitere Verarbeitung




*AFM Force Mapping, Verteilung Polyamid (Matrix) und Schlagzähmodifikator – vl. Topographie, E-Modul und Adhäsion*

zu Formteilen mit signifikant erhöhten Eigenschaften zu erhalten.

Mit den aufbereiteten Polyamid-Granulaten erfolgen systematische Untersuchungen zur Vernetzung und zur anschließenden Verarbeitbarkeit sowie dem Einfluss auf die Formteileigenschaften in Abhängigkeit vom Kunststoff-Compound, den Bestrahlungsparametern und den Prozessparametern bei der Formteilherstellung.

Die Untersuchungen am Fraunhofer PAZ und am Fraunhofer IMWS eröffnen die Möglichkeit, maßgeschneiderte Produkte mit Eigenschaften herzustellen, die mit den klassischen Polyamiden nicht erreicht werden können.

Das Fraunhofer PAZ beschäftigt sich mit der Auswahl von geeigneten Polyamid-Typen, Vernetzungsadditiven und weiteren Additiven für das Erreichen maßgeschneiderter, anwendungsspezifischer Eigenschaften. Es erfolgen Untersuchungen zur Compoundierung der Materialien, zum Einfluss der Bestrahlungsbedingungen und zum Verarbeitungsverhalten im Spritzguss- und Spritzgießcompoundierverfahren.

Der Einfluss der Rezeptur der Compounds auf deren Weiterverarbeitungsverhalten wird systematisch erprobt. Neben dem konventionellen Spritzguss soll auch die neue DCIM-Spritzgießcompoundiertechnologie erprobt werden, um den Einfluss einer einstufigen Verarbeitung „Compoundierung + Spritzguss“ und einer zweistufigen Verarbeitung mit einer Compoundierung im ersten Schritt und dem Spritzguss im zweiten, separaten Schritt bewerten zu können. Für ausgewählte Compounds werden Demonstrator-Formteile aus dem neuen Material hergestellt.

Am Fraunhofer IMWS sollen für die neuen vielversprechenden Materialien PA-X umfangreiche Materialkennwerte für abgesicherte Zuverlässigkeitstests bestimmt werden. Es erfolgt die Bestimmung thermophysikalischer und mechanischer Eigenschaften als auch die Kennwertermittlung für die Verarbeitbarkeit im Spritzguss. Dazu werden Basisdaten für computergestützte numerische Spritzgusssimulationen (z.B. für Mold Flow) ermittelt. Für ein fundiertes Verständnis zur Korrelation von Fertigung, Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen und mechanischem Versagensverhalten wird eine umfangreiche Datenbasis aufgebaut.

Basierend auf den in Belastungstests der Demonstrator-Teile bestimmten Kenndaten wird mittels eines einfachen isotropen Finite-Elemente-Modells das Deformationsverhalten prognostiziert und im Experiment validiert. Damit steht für potentielle Endanwender ein Baukasten zur Verfügung, welcher auch für andere Geometrien eine Vorhersage des Bauteilverhaltens ermöglichen kann.

Herotron realisiert die Bestrahlung der am Fraunhofer PAZ entwickelten Granulat-Muster. Die Bewertung der Granulate und Prüfkörper erfolgt am IMWS. Exipnos erprobt die Verarbeitung der Compounds mit seiner innovativen DCIM-Technologie. Der Kooperationspartner qtec Kunststofftechnik erprobt die Eignung des entwickelten Materials für spritzgegossene PKW-Kühlwasserrohre. Diese prototypischen Bauteile werden im Abschluss durch das IMWS bewertet.

**Torsten Theumer**
**wiss. Mitarbeiter**

Dipl.-Ing. (FH) Torsten Theumer absolvierte von 2000 bis 2005 ein Maschinenbaustudium an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur in Leipzig. Seit dem Abschluss des Studiums arbeitet Herr Theumer als graduierter Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut in Halle (Saale) im Bereich Polymere mit den Schwerpunkten Konstruktion und Simulation. In der Gruppe Naturstoffkomposite leitet er mehrere Projekte zum Thema Polymere oder polymere Verbundwerkstoffe. Herr Theumer ist Ausbilder im Bereich des Werkstoffprüfers und wirkt im Prüfungsausschuss der IHK mit.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-437
Fax +49 345 5589-101

torsten.theumer@imws.
fraunhofer.de

# CBS-LSA-VP6a
# Verfahrensentwicklung zur Direktimprägnierung von nachhaltigen Fasern (PAZ)

**Stephan Lehmann**
**wiss. Mitarbeiter**

Sein Studium des Maschinenbaus (Vertiefungsrichtung Kunststofftechnik) hat Stephan Lehmann von 10/2008 bis 4/2014 an der Technischen Universität Ilmenau absolviert. Nach seinem Studium arbeitete er an der Technischen Universität Ilmenau/ Fachgebiet Kunststoff-technik als wissenschaft-licher Mitarbeiter.

An das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung in Schkopau kam er 2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Er arbeitet im Bereich der „ Thermoplastbasierte Faserverbund- Halbzeuge“ mit den Themenschwer-punkten Verfahrenstechnik zur Herstellung von unidirektional verstärkten Tapes und Laminaten.

Fraunhofer PAZ
Value Park A 70
06258 Schkopau

Telefon +49 345 5589-491
Fax +49 345 5589-101

stephan.lehmann@imws.
fraunhofer.de

**Mittels Direktimprägnierung sollen Biobasierte, faserverstärkte, thermoplastische Materialsysteme hergestellt werden.**

Im Rahmen des Teilprojektes A soll zunächst ein neuartiges Werkzeugkonzept (Schmelzezufuhr und Werkezuggeometrie) entwickelt werden, welches es ermöglicht biobasierte Fasern und Kunststoffe zu verarbeiten. Hierbei sollen die Erkenntnisse aus den bereits vorhandenen Untersuchungen zur Imprägnierung von biobasierten Systemen und die Erkenntnisse aus dem Direktimprägnierverfahren (siehe Abbildung 1) mit Glas- und Carbonfasern einfließen. Das neue Werkzeugkonzept soll im nächsten Schritt im Projekt für Verarbeitungsversuche mit unterschiedlichen nachhaltigen Faser- und Matrixmaterialien genutzt werden. Die Prozessgeschwindigkeit soll gegenüber Pulver- oder Folienimprägnierung deutlich erhöht werden.

Vor allem ist es wichtig die Betriebsfenster zu eruieren, um hieraus die optimalen Verarbeitungsparamater für unterschiedliche Materialien zu erreichen. Für diese Untersuchungen sollen die Erkenntnisse aus der Inline Prozesskontrolle (Teiprojekt B) genutzt werden.

*Herstellung faserverstärkter Tapes mittels Direktimprägnierung*

# CBS-LSA-VP6b: Hochleistungsdirektimprägnierung von nachhaltigen Verstärkungsfasern Qualitätsbewertung und Inline-Prozesskontrolle

**Biobasierte, faserverstärkte, thermoplastische Materialsysteme sollen mittels verschiedener zerstörungsfreier Prüfmethoden hinsichtlich ihrer Qualität im Fertigungsprozess untersucht werden.**

In dem Projekt soll ein neuartiges Werkzeugkonzept für die Direkt-imprägnierung zur Herstellung vorimprägnierter Faserverbundhalb-zeuge untersucht werden, welches es ermöglicht diverse biobasierte Systeme mit nur einem „Hochleistungs-Extrusionswerkzeug“ zu verarbeiten. Ein weiterer Schwerpunkt ist die inline-Qualitätskontrolle mit Hilfe von möglichst prozessintegrierbaren zerstörungsfreien Prüfverfahren (z.B. Thermographie oder Ultraschall), um die optimalen Prozessbedingungen für die Verarbeitung der Systeme möglichst effizient zu diagnostizieren. Durch diesen Ansatz ist es möglich einen direkten Einfluss auf die Qualität der BioComposites zu nehmen.

Im Teilprojekt sollen daher die zerstörungsfreien Prüfverfahren mittels Thermographie, Ultraschall und Röntgen-CT hinsichtlich ihrer Anwend-barkeit auf biobasierte, faserverstärkte, thermoplastische Materialsysteme untersucht und in Bezug auf eine mögliche Integration in den Fertigungs-prozess (Inline Prozesskontrolle) bewertet werden. Dafür wird auf bestehendes Know-how in der Bewertung von faserverstärkten, duroplastischen Materialsystemen aufgebaut und dieses erweitert. Dabei sind insbesondere die Fragestellungen nach den detektierbaren Materialfehlertypen (Abb. 1) und ihrer jeweiligen Ausprägung, die mögliche Eindringtiefe des Verfahrens (Abb. 2) sowie die quantitative Analyse der generierten Bilddaten zu untersuchen. Im nächsten Schritt sollen dann mit geeigneten Systemen auch Messungen im laufenden Prozess (inline) durchgeführt werden (s. Abb. 3), die eine Korrelation zwischen den Prozess-parametern (z.B. bei Faserspreizung und –imprägnierung) und den hergestellten Materialqualitäten ermöglichen. Auf diese Weise sollen umfassende Daten zu Material-qualitäten bereits während der Materialherstellung erfasst und durch quantitative Bildanalyse interpretiert werden. In wie weit eine direkte Rückkopplung auf den Prozess im Sinne einer Industrie-4.0-Fähigkeit möglich ist, soll konzeptionell erforscht werden.

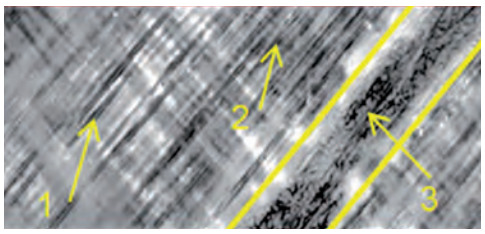
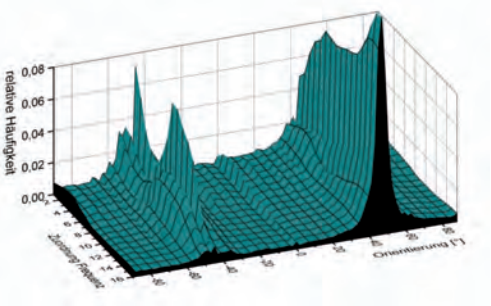



*Abb. 1: Fehlerdetektion GF-PA 6.6. [(45/-45)2]s Phasenbild 5 Hz (0,11 mm)*

*1 Gassen, 2 Welligkeiten/Fasern nicht gestreckt*
*3 Porosität*




| Zuordnung Frequenz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Frequenz [Hz] | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,17 | 0,23 | 0,42 | 0,61 | 0,85 | 0,99 | 1,24 | 1,82 | 2,50 | 4,00 | 5,00 |
| Thermische Eindringtiefe µ [mm] | 1,85 | 1,31 | 1,17 | 0,99 | 0,87 | 0,64 | 0,55 | 0,40 | 0,33 | 0,28 | 0,26 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,13 | 0,11 |

*Abb- 2: Orientierungsanalyse Phasenbilder GF-PA 6.6. [(45/-45)2]s*

**Thomas Wagner**
**wiss. Mitarbeiter**

Seit dem Studium des Wirtschaftsingenieur-wesens hat Thomas Wagner an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg absolviert. An das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik in Halle kam er 2010 zur Erstellung seiner Diplomarbeit mit dem Thema „Reduzierung von thermisch induzierten (Eigen-) Spannungen in CFK-Schaum-Sandwich-strukturen“. Nach einem halben Jahr als hilfswissenschaftlicher Mitarbeiter arbeitet er seit Juni 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich „Bewertung von Faserverbundsystemen“ mit dem Themenschwerpunkt Zerstörungsfreie Werk-stoffprüfung an Faser-verbundstrukturen (Röntgen-CT, Ultraschall, Thermographie).

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-216
Fax +49 345 5589-101

thomas.wagner@imws.fraunhofer.de

# DIE NEUE GENERATION LEICHTBAUMATERIAL

**ThermHex**
Thermoplastic Honeycomb Cores

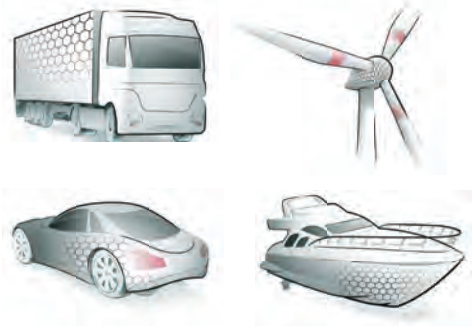
## ThermHex Wabenkerne aus Polypropylen

### Das revolutionäre Leichtbaumaterial – Made in Germany

Die ThermHex Waben GmbH mit Sitz in Halle (Saale) bietet Herstellern von Leichtbau-Sandwichelementen einen völlig neuen Typ der bewährten Wabenkerne aus Polypropylen (PP). Das international patentierte ThermHex-Verfahren zur kontinuierlichen Wabenproduktion ist dabei eine Besonderheit: Es sorgt für eine äußerst wirtschaftliche Fertigung von Sandwichbauteilen und ermöglicht den Einsatz von PP-Wabenkernen selbst in Bereichen, in denen diese bisher aus Kostengründen noch nicht verwendet wurden.

### Vielfältiger Einsatz in der Praxis

Ob zur Herstellung von Paneelen für LKW-Kastenaufbauten, für moderne Schwimmbecken, im Innenausbau von Schiffen oder für Automotive-Anwendungen: ThermHex Wabenkerne sind vielseitig einsetzbar und lösen andere Materialien aufgrund ihrer hervorragenden technischen Eigenschaften und der günstigeren Herstellungskosten ab.



**ThermHex Waben GmbH**
Merseburger Str. 237
D-06130 Halle (Saale), Deutschland
**www.ThermHex.com**

Tel.: +49 345 13 16 27 0
Fax: +49 345 13 16 27 19
**info@ThermHex.com**

# CBS-Nachwuchsgruppe
# Leitfähige Polymerkomposite als Materialien für die Elektrolyse

**Neue Materialien aus Polymerkompositen können diverse Elektrolyseanwendungen leistungsfähiger und günstiger machen.**

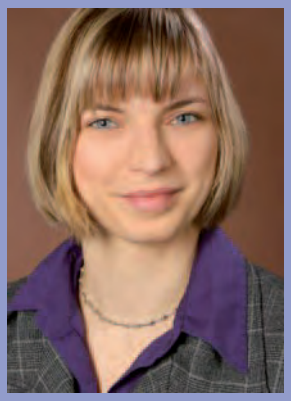
Die Elektrolyse spielt eine entscheidende Rolle bei der Herstellung von Aluminium oder Chlor. Auch für die Energiewende gewinnt das Verfahren an Bedeutung, denn mittels Elektrolyse kann aus Wind- oder Solarstrom speicherbarer Wasserstoff gewonnen werden. All diesen Anwendungen gemein ist die hohe Belastung der eingesetzten Materialien im Hinblick auf ihre chemische und mechanische Stabilität sowie die elektrische und thermische Leitfähigkeit. Im Rahmen des Projekts soll daher der Einsatz von Polymerkompositen für diverse Elektrolyseanwendungen evaluiert werden. Diese könnten kostengünstiger und leistungsfähiger sein als bisher genutzte Materialien.

Kunststoffe sind leicht, einfach zu verarbeiten und haben eine hohe chemische Beständigkeit. Metalle sind robust und belastbar, zudem verfügen sie über eine variable thermische und elektrische Leitfähigkeit. Graphit zum Beispiel ist korrosionsbeständig und kann ebenfalls Strom leiten. Vereint man diese Werkstoffe sowie weitere Füllstoffe auf geschickte Weise, entsteht ein neuartiges Komposit-Material, das all diese Eigenschaften in sich vereint. Für solche Polymerkomposite eröffnen sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten, etwa als Schutzmäntel für Kabel oder als Gehäuse für Elektronikbauteile.

Im Rahmen des Projekts sollen daher in vier Teilprojekten Polymerkomposite für spezielle Elektrolyseanwendungen entwickelt, optimiert und ggf. auch in Labortests analysiert werden.

Im ersten Teilprojekt sollen beispielsweise neue leitfähigen Polymerkomposite für Bipolarplatten für die PEM-Elektrolyse (PEM = Proton Exchange Membrane) entwickelt sowie im zweiten Teilprojekt die Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Systemen mit alkalischen Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) für Elektrolyseure und Brennstoffzellen untersucht werden. Das Herzstück der Verfahren bildet der Stack (Stapel), an dessen Komponenten extreme Anforderungen gestellt werden – hohe Temperaturen, hohe Drücke oder hohe Spannungen sorgen für sehr korrosive Bedingungen, die den einzelnen Komponenten zusetzen. Ein innovatives Kunststoffmaterial, das den extremen Betriebsbedingungen gewachsen ist und die nötige Langzeitstabilität bietet, hätte deshalb enorme Vorteile bei den Materialkosten und im Herstellungsprozess.

In einem weiteren Teilpaket wollen die Forscher Lackelektroden für die Elektrolyse von Seewasser entwickeln. Damit könnte der Bewuchs von Schiffsrümpfen mit marinen Organismen (Biofouling) verhindert werden, ohne dass giftige Lacke eingesetzt werden müssen. Im vierten Teilpaket sind die Analyse elektrochemischer Korrosionsprozesse in Polymerkompositen und elektronischen Komponenten für die Elektrolyse Themenschwerpunkte.



**Dr. Nadine Menzel**
**komm. Gruppenleiterin**
**Wasserelektrolyse**

Nadine Menzel studierte Chemie-Ingenieurwissenschaften an der Technischen Universität Berlin bis 2008 und erhielt dort ebenfalls 2012 ihren Doktorabschluss. Thema der Doktorarbeit waren kinetische Studien zur Chlor-Alkali-Elektrolyse. Seit 2013 arbeitet sie am Fraunhofer Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen mit speziellem Fokus auf die Wasserelektrolyse.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-237
Fax +49 345 5589-101
nadine.menzel@imws.fraunhofer.de

# CBS-NW1
# Entwicklung von Bipolarplatten aus leitfähigen Polymerkompositen für die Elektrolyse

**Prof. Dr. Mario Beiner**
**Wissenschaftlicher Leiter**
**Geschäftsfeld**
**Polymeranwendungen**

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-247
Fax +49 345 5589-101

mario.beiner@imws.fraunhofer.de

**Ivonne Jahn**
**Gruppenleiterin**
**Thermoplastbasierte**
**Fasaerverbund-Halbzeuge**

Fraunhofer PAZ
Value Park A 70
06258 Schkopau

Telefon +49 345 5589-474
Fax +49 345 5589-101

ivonne.jahn@imws.fraunhofer.de

**Dieses Projekt widmet sich der Entwicklung von neuartigen Polymerkompositen und Verarbei-tungsverfahren als Grundlage für die Herstellung von Bipolarplatten für Elektrolysezellen.**

Eine Schlüsseltechnologie zur Erzeug-ung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien stellt die PEM-Elektrolyse (PEM, engl. = proton exchange membrane) dar. Das Herzstück von PEM-Elektrolyse-Zellen bildet ein Stapel von hochleitfähigen Bipolarplatten, zwischen denen sich eine ionenleitende Membran-Elektroden-Einheit (MEA) befindet. Die Bipolarplatten dienen dabei hauptsächlich der elektronischen Kontaktierung und sorgen gleichzeitig für eine gleichmäßige Zu- und Abfuhr der Edukte und Produkte. Zwischen Bipolarplatte und Membran befindet sich zusätzlich noch eine Gasdiffusions-schicht. Die Bipolarplatten müssen dabei eine hohe chemische und mechanische Stabilität sowie sehr gute thermische und elektrische Leitfähig-keiten aufweisen. In der Kombination sind dies sehr hohe Anforderungen an die verwendeten Materialien. Heute werden bei Elektrolyse-Zellen üblicher-weise Bipolarplatten aus Titan, Graphit, Stahl oder Edelstahl mit einer beschich-teten Oberfläche eingesetzt. Da bei Bipolarplatten insbesondere anoden-seitig hochkorrosive Betriebsbeding-ungen vorliegen, bestehen diese Beschichtungen hauptsächlich aus Edelmetallen, wie z.B. Gold oder Platin und verursachen ca. 50% der Kosten für einen Elektrolysezelle.

In diesem Teilprojekt sollen die Möglichkeiten von hochgefüllten Polymerkompositen für den Einsatz in Bipolarplatten für Elektrolysezellen untersucht und geeignete Verarbeit-ungsverfahren evaluiert werden. Im Fokus stehen dabei insbesondere kohlenstoffbasierte Füllstoffe wie z.B. Graphit und Metallpartikel. Ein poten-tieller Vorteil entsprechender Kompo-sitmaterialien ist deren Verarbeitbarkeit mittels Formpressen oder Extrusion und die Möglichkeit einer anschließ-enden Nachbearbeitung der Grund-körper mittels spanender Verfahren wie dem CNC-Fräsen. Allerdings ist die Optimierung der Verarbeitungs-bedingungen bei der Herstellung der Grundkörper auf Grund der sehr hohen Füllstoffanteile eine Herausforderung. Daher hat dieses Teilprojekt neben der Materialentwicklung und –optimierung auch die Erforschung geeigneter Verarbeitungsverfahren zum Ziel.

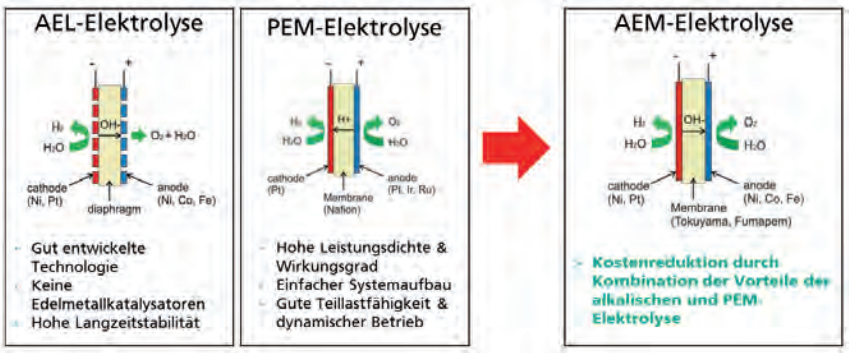
Von entscheidender Bedeutung für den erfolgreichen Einsatz von Polymerkom-positen in Bipolarplatten für Elektro-lysezellen ist die Ausbildung von hochleitfähigen Füllstoffstrukturen. Dabei reicht es nicht hochleitfähige Füllstoffe einzusetzen. Vielmehr muss sichergestellt werden, dass der Polymeranteil zwischen den Füllstoff-partikeln die Leitfähigkeit der Kompo-site nur wenig herabsetzt. Untersuchungen zur zielgerichteten Optimierung der perkolierenden Füllstoffstrukturen in thermoplast-basierten Kompositen sind deshalb ein zentraler Teil der Materialforschungs-aktivitäten im Projekt. Dabei werden zur Quantifizierung anwendungs-relevanter Eigenschaften insbesondere elektrische und thermische Leitfähig-keitsmessungen sowie mechanische Prüfverfahren eingesetzt. Bildgebende Verfahren wie die Rasterelektronen-mikroskopie (REM) oder die Rasterkraftmikroskopie (AFM) werden genutzt, um die Füllstoffstrukturen, die Füller-Matrix-Wechselwirkung und die Verteilung der Polymerkomponente zu untersuchen. Die Einbettung in den POLYMEL-Verbund bietet hervorragende Möglichkeiten zur Prüfung und Erprobung der entwickelten Polymerkomposite unter anwendungsnahen Bedingungen.

# CBS-NW2
# Zuverlässigkeit und Lebensdauer alkalischer MEAs für Elektrolyseure und Brennstoffzellen

**Durch die Vorteile des Einsatzes von kostengünstigeren Materialien bei Membran und Katalysatoren stellt die AEM eine zukunftsfähige und kosteneffiziente Lösung dar.**

Bei der klassischen Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse, aber auch bei der Brennstoffzellentechnologie kommen vorwiegend zwei Konzepte zum Einsatz. Die alkalische Technik, bei der unedle Metalle wie Nickel als Katalysator und der korrosive Flüssigelektrolyt KOH verwendet werden. Durch die Nachteile des umzuwälzenden, ätzenden Elektrolyten, der niedrigen Stromdichte und der schlechten Dynamik wurde ein weiteres Konzept entwickelt, die PEM-Technologie (PEM, engl. = proton exchange membrane). Bei diesem Verfahren werden ein saurer Festelektrolyt (Nafion) und Edelmetalle als Katalysatoren verwendet. Die elektrochemische Reaktion findet dabei an der 3-Phasengrenze statt, die aus dem Reaktand, Elektrolyt und Katalysator besteht. Die Elektroden sind dabei aus Kohlenstoff, Polymer (Elektrolyt) und Metall (Katalysator) zusammengesetzt und bilden ein Polymerkomposit. Auch bei dieser Methode gibt es jedoch einige Nachteile, wie z.B. die hohen Materialkosten und die Langzeitstabilität. Um die Nachteile der beiden genannten Verfahren zu minimieren und gleichzeitig die Vorteile zu nutzen, werden aktuell intensive Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der alkalischen Membranen durchgeführt.
Die neue AEM-Technologie (AEM, engl. = alkaline exchange membrane) basiert vom Aufbau und Funktion auf einer klassischen PEM. Jedoch besteht der Festelektrolyt aus einen Grundpolymer wie Polysulfon, Polyamid, oder PEEK an dem quaternäre Ammoniumhydroxid-Gruppen gebunden sind. Dadurch entstehen freie alkalische Ladungsträger im Elektrolyten, wodurch ein Ionenaustausch ermöglicht wird. Durch die Vorteile des Einsatzes von kostengünstigeren Materialien bei Membran und Katalysatoren stellt die AEM ein zukunftsfähiges Konzept und eine kosteneffiziente Lösung dar.

Auf diese Weise können kostengünstige und langzeitstabile Systeme für den Einsatz in der Wasserstofferzeugung oder Rückverstromung von Wasserstoff erhalten werden. Die dafür notwendigen Elektrolyse- und Brennstoffzellensysteme müssen für den praktischen Einsatz hohen technologischen Ansprüchen in Bezug auf Kosten, Effizienz, Lebensdauer und Zuverlässigkeit genügen. Dabei ist es sehr wichtig, auftretende Ausfälle und Alterungserscheinungen einer genauen Ursache, wie z.B. dem Versagen einer Einzelkomponente, zuzuordnen. Im Projekt werden neuartige Polymerkomposite aus edelmetallfreien Katalysatormaterialien und alkalischen Membranen angefertigt und mittels elektrochemischer Methoden wie Zyklovoltammetrie, RDE, Polarisation sowie physikochemischer Analysen wie REM, XPS, XRD charakterisiert und optimiert.




*Vorteile der Kombination von alkalischer und PEM-Elektrolyse*

**Stefan Ackermann**
**wiss. Mitarbeiter**

Stefan Ackermann studierte 2007 bis 2013 Chemie im Bachelor und Master an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 2011 begann er im Fraunhofer Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen seine wissenschaftliche Tätigkeit. Seit 2013 ist Herr Ackermann als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fraunhofer IMWS angestellt und baut zusammen mit Frau Dr. Nadine Menzel eine neue Gruppe mit dem Schwerpunkt Wasserelektrolyse auf.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-244

stefan.ackermann@imws.fraunhofer.de

# CBS-NW3
# Großflächige Lackelektroden für die Seewasserelektrolyse

**Christian Morig**
**Doktorand**

Christian Morig absolvierte das Bachelor- und Masterstudium der Technischen Chemie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Neben dem Studium arbeitete er bereits als wissenschaftliche Hilfskraft am Fraunhofer IMWS, wo er seine Masterarbeit zum Thema „Entwicklung von Lacken als großflächige Dünnschicht-Elektroden für das elektrochemische Antifouling“ verfasste. Seit 2015 ist er Doktorand am Fraunhofer IMWS und bearbeitet nebenstehen vorgestelltes Projekt.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-181
Fax +49 345 5589-101
christian.morig@imws.fraunhofer.de



**Verhinderung von mikrobiellen Bewuchs an Unterwasseroberflächen durch elektrochemisches Antifouling.**

Das als Biofouling bezeichnete Aufwachsen mariner Organismen auf Unterwasseroberflächen ist eine große, bisher ungelöste technische und ökonomische Herausforderung [1]. Abgesehen von hoch umwelttoxischen Anstrichen ist keine passiv wirkende Lackbeschichtung bekannt, die das marine Biofouling ausreichend und lange genug unterdrückt.
Die Antifoulingwirkung beruht auf der Inhibierung und Zurückdrängung des marinen Biobewuchses durch elektrochemisch an der Oberfläche erzeugten Redoxstress, der von einem pH-Stress begleitet ist [4, 7]. Abgesehen von den Arbeiten in [3, 6] wurden bisher keine entsprechenden Versuche beschrieben, wobei auch das hier angewendete Elektrodensystem nach 13 Monaten delaminierte. Ziel ist es, seewasserstabile, großflächige Elektroden zu entwickeln, die sich wie konventionelle Lacke durch Rollen und Sprühen abscheiden lassen und die bei der langzeitstabilen Elektrolyse eine homogene Stromdichteverteilung ermöglichen, um auch eine ausreichend hohe und langzeitstabile elektrochemische Antifoulingwirkung über mehrere Jahre zu erzielen. Um über große Flächen die dazu notwendige Stromdichte einzustellen wird ein polymeres Schichtsystem realisiert, das ausgehend von der zu schützenden Substratoberfläche aus einer elektrisch isolierenden, einer hochleitfähigen Schicht und einer seewasserstabilen Außenschicht besteht. Ausgehend von funktionalisierten Polymerlacksystemen werden elektrisch leitfähige Außenlacke entwickelt, die über eine bisher nicht erreichte Seewasserbeständigkeit und Barrierewirkung verfügen und als Elektroden für die Elektrolyse anwendbar sind. Durch Einstellung einer optimalen Grenzflächenenergie und die Anbindung nichttoxisch wachstumshemmender Molekülgruppen wird zusätzlich eine hohe passive Antifoulingwirkung ermöglicht. In einem bioelektrochemischen Laborteststand werden die Lackschichtelektroden paarweise zusammengeschaltet und bezüglich ihrer elektrochemischen Seewasserstabilität untersucht. Anschließend werden durch kontinuierliche Kultivierung verschiedene Mikroorganismenkonzentrationen, begleitet durch eine konstant eingeregelte Zusammensetzung des Kulturmediums eingestellt, um die elektrochemische Antifoulingwirkung zu quantifizieren. Auf einem Seewassermessstand erfolgt die abschließende Testung der Polymerlackelektroden bezüglich des elektrochemischen Antifoulings und der Betriebsstabilität.

[1] Hellio, C.,Yebra, D.: Advances in marine antifouling coatings and technologies. Woodhead publishing in materials. Oxford, Boca Raton, FL: Woodhead; CRC 2009
[2] Spohn, U., Rühl, M.,Ackermann, S., et al.: Elektrochemisch aktive Lackschichten für das gesteuerte Antifouling an marinen und anderen Oberflächen. Technische Systeme für die Lebenswissenschaften. 2014, S. 111–118
[3] Usami, M., Ueda, K.,Tomoshige, K. N., et al.: Anti-fouling system for objects in contact with seawater, Erteilung, 1989, EP 0 369 557 B1, 23. September 1992
[4] Sandrock, S., Scharf, E. M.,Neumann, H. G., et al.: Beschichtung von Oberflächen, die mit einer Flüssigkeit in Kontakt kommen, zur Verhinderung von biologischem Bewuchs, Erteilung, 2003, EP1570010 B1, 07. September 2005
[5] Staerzl, R. E.: Method for making a submersible surface with antifouling protection, Erteilung, 2007, US 2010/0083893 A1, 08. April 2010
[6] Huang, Y., Saito, K.,Usami, M.: A Study on Antifouling Technique through Seawater Electrolyzing Reaction on Ship Hull Surface. Journal of International Development and Cooperation 9 (2003) 2, S. 23–28
[7] Spohn, U., Rühl, M.,Ackermann, S., et al.: Antifouling-Beschichtung und dessen Verwendung sowie Verfahren zum Schutz von Oberflächen vor Biofouling, Patentanmeldung, 2014, EP 2980167 A1

# CBS-NW4: Analyse elektrochemischer Korrosionsprozesse in Polymerkompositen und elektronischen Komponenten für die Elektrolyse

**Das Verständnis elektrochemischer Korrosionsmechanismen kann elektronische Komponenten in Elektrolyseanwendungen leistungsfähiger und zuverlässiger machen.**

Neben dem im Projekt geplanten Einsatz von leitfähigen, Graphit- oder Metallpartikel-gefüllten Polymerkompositen als Bipolarplatte oder MEAs spielen hier auch isolierende Polymerkomposit-Materialien, z.B. als Kabelmäntel oder Gehäuse für die umgebenden Elektronikkomponenten eine Rolle. Die Polymerkomposit-Materialien müssen dabei, unabhängig von Ihrer spezifischen Funktion als elektrischer Leiter im Elektrolyseur oder Gehäuse für Elektronikkomponenten, eine hohe chemische und elektrochemische Stabilität (Korrosionsbeständigkeit) aufweisen, um die Funktionalität und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems zu gewährleisten. Im Elektrolyseur selbst stellen die hochkorrosiven Betriebsbedingungen eine große Herausforderung für das Material dar. Bei der umgebenden Elektronik kann die falsche Wahl des Gehäusematerials bei anliegendem elektrischem Strom bzw. Spannung, insbesondere bei hoher Feuchtigkeit und Temperatur, elektrolytische Korrosionseffekte der Polymergehäusematerialien und vor allem der zu schützenden Metallkontakte bewirken, die zu einem Bauteilversagen führen und somit den Ausfall der gesamten Anlage zur Folge haben. Für diesen Effekt verantwortlich sind Ionen, die vor allem wegen des hohen elektrischen Potentials durch die Polymerkomposit-Materialien wandern können und mit den Materialien der elektronischen Systeme (Kontakte und elektronische Schaltkreise) wechselwirken.

Ziel ist es, ein grundlegendes und umfassendes Verständnis zu den dabei ablaufenden Materialreaktionen, sowie zu elektrochemischen Korrosionsprozessen zu erlangen. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse erfolgt die Ableitung von Strategien für eine gezielte Optimierung der metallischen Kontakte abgestimmt auf die verwendeten Polymerkomposit-Materialien. Im Ergebnis soll eine Steigerung der Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Robustheit des gesamten Elektrolysesystems (Elektrolyseeinheit und Elektronikkomponenten) erreicht werden, um damit Vorteile für die Marktfähigkeit und Kostenstruktur zu ermöglichen.

Dipl.-Ing. Bianca Böttge studierte „Keramik, Glas- und Baustofftechnik“ an der TU Freiberg. Sie arbeitet am Fraunhofer IMWS in Halle daran, Materialien und Fehlermechanismen in Komponenten der Leistungselektronik zu analysieren und zu bewerten.

Telefon +49 345 5589224
bianca.boettge@imws.fraunhofer.de

**Sandy Klengel**
**Gruppenleiterin Bewertung elektronischer Systemintegration**

Dipl.-Ing. Sandy Klengel studierte „Feinwerk- und Mikrotechnik“ an der TU Dresden. Seit 2014 leitet sie die Gruppe „Bewertung elektronischer Systemintegration“ am Fraunhofer IMWS und erforscht die Mikrostruktur und elektrochemische Vorgänge in Materialien der Aufbau- und Verbindungstechnik.

Fraunhofer IMWS
Walter-Hülse-Str. 1
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-125
Fax +49 345 5589-101
sandy.klengel@imws.fraunhofer.de

# CBS-FhG-L1: Nukleinsäure-basierte Next-Generation Diagnostics für Erkennung und Überwachung von Krebserkrankungen

**Dr. Catharina Bertram**
**Projektmanagerin**

Frau Bertram ist Biochemikerin und bringt sieben Jahre Erfahrung im Bereich Qualitäts- und Projektmanagement durch ihre Tätigkeiten als Leiterin der Qualitätskontrolle bei der InnovaStem GmbH in Leipzig, einem Biotechnologie-Unternehmen mit GMP-Herstellerlaubnis mit. Ferner war sie Niederlassungsleiterin und Prokuristin der InnovaStem GmbH. Ihre Expertise bzgl. regulatorischer Anforderungen an IVDs hat Dr. Bertram als Projektmanagerin bei NanoscopiX in Dresden bzw. als Wissenschaftliche Direktorin bei der ApoCell Europe GmbH in Leipzig ausgebaut. Seit 2014 verantwortet Dr. Bertram den Aufbau des QM-Systems und die operative Projektsteuerung am RIBOLUTION Biomarker Center.

Fraunhofer IZI
Perlickstraße 1
04103 Leipzig

Telefon +49 341 35536 5221
Fax +49 341 35536 9920

catharina.bertram@izi.fraunhofer.de

**Entwicklung diagnostischer und prognostischer Tests zur Früherkennung von Tumorerkrankungen. Des Weiteren sollen Anwendungen für eine vesikelbasierte und nicht-invasive Diagnostik etabliert werden.**

Für die Früherkennung, die Prognose, das Monitoring und die begleitende Diagnostik im Rahmen von klinischen Studien bei Krebserkrankungen bieten zirkulierende Nukleinsäuren im Blut, aber auch in anderen Körperflüssigkeiten, eine hervorragende Quelle für hochspezifische Biomarker. Auf deren Basis können schließlich sehr sensitive diagnostische Tests entwickelt werden. Neben frei im Blut vorkommende DNAs und RNAs spielen dabei auch extrazelluläre Vesikel (sogenannte Exosomen und Mikrovesikel) eine wichtige Rolle. Dies sind membranumschlossene Vesikel, die von Zellen abgegeben werden und Proteine sowie RNA enthalten. Diese Vesikel bilden somit den Zustand der Zellen oder des Organs, aus dem sie stammen, ab. Eine auf der Analyse von extrazellulären Vesikeln bzw. der enthaltenen RNAs und weiteren Biomarker aufgebaute Diagnostik bietet die große Chance einer nicht-invasiven Probenahme („Liquid Biopsy“) und breiten Anwendbarkeit. Die Technologie des „Next-Generation Sequencing“ ermöglicht dabei eine äußerst umfassende, schnelle und preisgünstige Analyse solcher Nukleinsäuren und damit sehr innovative diagnostische Optionen.

In diesem Projekt zielen wir daher auf die methodische Etablierung innovativer Ansätze zur Diagnostik bei Krebserkrankungen mit Hilfe der Analyse zirkulierender Nukleinsäuren und extrazellulärer Vesikel durch Next-Generation Sequencing. Es beinhaltet die Etablierung von Methoden zur blutbasierten Analyse zirkulierender DNA bzw. RNA sowohl für die Indikation Prostatakrebs als auch bei Glioblastom, einem aggressiven Hirntumor. Darauf aufbauend werden diagnostische Tests für eine blutbasierte Tumor-Früherkennung und das Therapie-Monitoring entwickelt.

Im durch die Fraunhofer Zukunftsstiftung geförderten Projektkonsortium RIBOLUTION (Ribonucleic acid-based diagnostic solutions) wurden darüber hinaus bereits außerordentlich vielversprechende RNA-Biomarker für die Diagnose und Prognose von Prostatakrebs identifiziert und validiert. Diese sollen im vorliegenden Projekt auf ihre Anwendbarkeit für eine vesikelbasierte, nicht-invasive Diagnostik hin untersucht und daraus entsprechende Tests etabliert werden.

# CBS-FhG-L2: Lokalisationsanalyse von extrazellulären Vesikeln in Geweben - ExoLoc

**Untersuchung der Verteilung extrazellulärer Vesikel in verschiedenen Geweben durch bildgebende Verfahren und immunhistologischer Tests zur Definition eines geeigneten Trackingverfahrens.**

Extrazelluläre Vesikel (EV) haben ein hohes Potential in der Therapie verschiedener Erkrankungen, eine gute Wirksamkeit gepaart mit geringen Nebenwirkungen zu erzielen. Diese Eigenschaft wird durch den Ursprung der Vesikel, welcher zum Beispiel in körpereigenen Zellen liegt, bedingt. Ein weiterer Vorteil dieser innovativen Therapieform ist, dass es möglich sein wird, die EVs durch die Kombination von neuartigen Markierungsverfahren, spezialisierter Bildgebung und hoch entwickelten Datenanalyseverfahren im Gewebe des Patienten zu erfassen und so den Therapieerfolg besser steuern zu können.

Diese Erfassung von EVs soll hier im Projekt etabliert und am Modell Maus getestet werden. Damit wird dem Leistungszentrum eine innovative Technik zur Verfügung stehen, die verschiedenen Vesikel (Exosomen, Mikrovesikel) auf zellulärem, gewebebezogenem und dem Gesamtorganismus-Niveau darzustellen.

Um die extrazellulären Vesikel in Geweben wiederzufinden, ist es notwendig diese zu markieren. Dazu eignen sich verschiedene Technologien, wie Quantum Dots, SPION5-Partikel oder neuartige Fluorophore, die im Projekt auf ihre Praktikabilität untersucht werden. Die verschieden markierten Vesikel werden auf ihre Funktionalität hin untersucht und anschließend lokal und systemisch in Versuchstiere appliziert. Durch geeignete Bildgebungsmodalitäten, wie Biolumineszenz-Imaging und Magnetresonanztomographie wird die Verteilung der markierten Vesikel untersucht. Gewebe, in denen sich die Vesikel angereichert haben, werden entnommen und durchfluss-zytometrisch sowie histologisch analysiert. Die histologische Analyse steht dabei in besonderem Fokus. Hier wird nicht nur fluoreszenzmikroskopische Bildgebung im Laserrastermikroskop (LSM), sondern auch ein individuell modifizierbares Lichtblattmikroskop und eingesetzt. Die erhaltenen Daten werden in einer entsprechend zugeschnittenen Bildanalyse, insbesondere hinsichtlich der räumlichen Relationen der detektierten Vesikel zu den Zellarten in der betrachteten Mikroumgebung (Punktmusterstatistik) untersucht.

Durch die enge Verknüpfung dieses Projektes mit anderen Projekten im Leistungszentrum werden die geschaffenen Techniken und Erkenntnisse sofort genutzt und tragen zum Gelingen verschiedener weiterer Projekte bei. Anschließend stehen dem Leistungszentrum und externen Partnern hervorragend etablierte und validierte Techniken für extrazelluläre Vesikel hinsichtlich der Markierung, der nicht-invasiven Bildgebung, der histologischen Identifizierung und der räumlichen Verteilung in Geweben zur Verfügung.

Dr. Lange studierte Biologie an der Universität Leipzig und beschäftigt sich seit Jahren intensiv mit der Etablierung und Charakterisierung innovativer Modelle für humane Erkrankungen. Sie promovierte 2006 an der Universität Leipzig in der Immunologie und war im Anschluss am Translationszentrum für Regenerative Medizin (TRM) tätig. Sie erweiterte Ihre Expertise auf dem Gebiet der entzündlichen Gelenkserkrankungen am Karolinska Institut Stockholm. Heute leitet sie erfolgreich die AG Entzündungsmodelle und Immundiagnostik am Fraunhofer IZI in Leipzig.

Telefon +49-341-35536-1401 | franziska.lange@izi.fraunhofer.de

**Prof. Dr. -Ing.**
**Ulf-Dietrich Braumann**
**Professur**
**Biotronische Systeme**

Prof. Dr. Braumann studierte an der TH Ilmenau die Fachrichtung Elektrotechnik, Vertiefungsrichtung Biomedizinische Technik / Biokybernetik. Anschließend promovierte er an der Fakultät Informatik und Automatisierung der TU Ilmenau. Ab 2006 wirkte Herr Braumann am Translationszentrum für Regenerative Medizin (TRM) der Universität Leipzig. 2013 erhielt er einen Ruf an die HTWK Leipzig. 2014 hatte Herr Braumann die Gelegenheit, am Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie (IZI) Leipzig eine gemeinsame IZI-HTWK-Fachgruppe „Zellfunktionale Bildanalyse“ zu gründen, die er bis heute leitet und mit der er elektroingenieurswissenschaftliche Expertise direkt in den lebenswissenschaftlichen Kontext des IZI einbringt.

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Wächterstraße 13
04107 Leipzig

Telefon +49-341-3076-1299

braumann@htwk-leipzig.de

# CBS-FhG-L3: Diagnose- und Monitorsystem für die Erfassung der Graft vs. Leukemia (GvL) Reaktion während immunologischer und anti-infektiver Therapien

**PD Dr. med.**
**Stephan Fricke**

Stephan Fricke begann 1999 das Medizinstudium an der Universität Leipzig, welches er 2005 erfolgreich abschloss. Anschließend begann er seine Facharztausbildung und schloss seine Promotion im Jahr 2007 an der Universität Leipzig ab. Seit 2006 ist er neben seiner klinischen Arbeit Arbeitsgruppenleiter am Fraunhofer IZI Leipzig, hier leitete er mehrere Forschungsprojekte, die sich mit der Erhöhung der Sicherheit von Stamm-zelltransplantationen beschäftigten und entwickelt Antikörper-basierte Therapiestrategien bei Stammzelltransplan-tationen mit dem Fokus auf dier klinischen Anwendbarkeit. In dieser Zeit schloss er die Ausbildung zum Internisten ab, erwarb den Fachimmunologen der DGfI und beendete seine Habilitation.

Fraunhofer IZI
Abteilung Immunologie
Perlickstr. 1
04103 Leipzig, Germany

Telefon +49 341 35536 2205

stephan.fricke@izi.fraunhofer.de

**Entwicklung eines zellulären Testsystems für die Messung der GvL-Reaktion. Dieses soll anschließend eine anti-CD4-Antikörpertherapie bei allogenen Immunzelltherapien diagnostisch begleiten.**

Zelluläre immunonkologische Therapien sind häufig die einzige Behandlungsmöglichkeit bei Leukämien. Dazu werden dem Patienten neben Stammzellen auch immunologisch funktionelle Zellen eines passenden Spenders transplantiert. Ziel ist es dabei zum einen, eine gesunde hämatopoetische Regeneration im Patienten und zum anderen die Vernichtung restlicher verbleibender Tumorzellen zu erreichen (Transplantat-gegen-Leukämie Reaktion -GvL). Die GvL- Reaktion trägt maßgeblich zum Therapieerfolg bei und kann durch andere notwendige Therapien, z.B. immunsuppressive Medikamente oder spezifische Antikörper, beeinflusst werden. Daher ist es wichtig die GvL-Reaktion evaluieren zu können und deren Verlauf zu überwachen. Dazu soll ein spezifisches Diagnose- und Monitoringsystem entwickelt werden.

Es konnte bereits experimentell gezeigt werden, dass mit Hilfe von anti-humanen CD4 Antikörpern die Hauptkomplikation der allogenen Stammzelltransplantation, die sogenannte Transplantat-gegen-Wirt-Erkrankung (GvHD) auf ein erträgliches Maß reduziert werden kann, ohne den notwendigen anti-Tumor-Effekt des Transplantates (GvL) negativ zu beeinflussen. Um zu überprüfen, ob die GvL- Reaktion erhalten bleibt, soll in dem Projekt ein zelluläres Testsystem entwickelt werden. Dazu werden nach internationalen Standards und in enger Zusammenarbeit mit potentiellen Partnern entsprechende Protokolle entwickelt. Tumor- und Immunzellen von Patienten sowie Immunzellen gesunder Probanden werden charakterisiert und eine qualifizierte Probenbank erstellt. In in-vitro-Assays werden die Zellen hinsichtlich ihrer Funktionalität, Vitalität und spezifischen Merkmale untersucht. Zusätzlich werden in diesen Assays die Einflüsse klinisch relevanter supportiver Therapien (z.B. Immunsuppressiva, neue Antibiotika, etc.) auf immunologische Prozesse überprüft. Basierend auf diesen Ergebnissen werden die geeignetsten Marker zur Diagnose und Überwachung der GvL-Reaktion ausgewählt und mittels der erstellten Standardprotokollen in enger Zusammenarbeit mit klinischen Partnern validiert und statistisch ausgewertet.

Bereits während der Entwicklung wird eng mit klinischen Partnern zusammengearbeitet, um eine Anwendung des GvL-Testsystem-Kits im klinischen Alltag zu ermöglichen. Gezielt werden Kliniken mit hämatologisch-onkologischen Stationen angesprochen, in deren Routine-Labors das entwickelte GvL-Testsystem zum Einsatz kommen soll.

# CBS-FhG-L4: Exosomen als zellfreies therapeutisches Werkzeug im Alzheimer-Modell

**Entwicklung eines Therapiekonzeptes für Neurodegenerative Erkrankungen wie die Alzheimer'sche Krankheit mit Hilfe von Extrazellulären Vesikeln aus mesenchymalen Stammzellen.**

In den letzen 10 Jahren haben Extrazelluläre Vesikel (EV), durch ihre Eigenschaft zwischen unterschiedlichen Zellen kommunizieren zu können, als therapeutische und diagnostische Tools an Bedeutung gewonnen. Mikrovesikel und Exosomen sind kleine Zellfragmente, die unterschiedliche Moleküle der Ursprungszelle enthalten. In der Arbeitsgruppe von Frau Dr. Jaimes werden zurzeit Extrazelluläre Vesikel von Mesenchymalen Stammzellen (MSCs) als Vehikel zur Übertragung von Molekülen in das Zentrale Nervensystem (ZNS) genutzt. MSCs sind eine heterogene Population von Zellen, welche in fast allen Geweben vorkommen. Sie besitzen sehr gute Selbsterneuerungs-eigenschaften und sind sehr unkompliziert in der in vitro Kultur. MSCs sind durch ihre Kapazität die Geweberegeneration zu fördern und Entzündungen zu reduzieren für Zelltherapien sehr attraktiv. Es konnte in Experimenten gezeigt werden, dass aus MSC entstandene EVs die Kapazität haben Entzündungsantworten von Mikrogliazellen zu verändern. Dies ist für neuroinflammatorische Erkrankungen sehr wichtig. Mikrogliazellen sind die Immunzellen des Zentralen Nervensystems und werden als die Hauptvermittler bei der Entstehung von neurodegenerativen Erkrankungen bezeichnet. Kürzlich konnte gezeigt werden, das MSC-EVs auch aktive Enzyme, wie Neprilysin, das wichtigste Aβ-abbauende Enzym, beinhalten. Aβ-Aggregate sind im Gehirn von Patienten mit Alzheimer Erkrankung (AD) charakteristisch. Die Aggregation von Aβ im Gehirn führt zur Aktivierung von Mikrogliazellen und dem Beginn der folgenden Neurodegeneration. Das Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines zellfreien und Vesikel-vermittelten Ansatzes, um degenerative Erkrankungen wie AD zu behandeln. Wir beabsichtigen Neprilysin in MSC-EVs durch lentivirale Vektoren einzuführen, um den Abbau von Aβ-Aggregaten im Gehirn zu induzieren. Die Anwesenheit des Integrins αvβ3 wurde als Signatur in Exosomen beschrieben, welche zur Wanderung durch das Gehirngewebe führt. Unser Ziel ist ebenfalls die Überexprimierung dieses Integrins in MSC-EVs, um die Aufnahme von Neprilysin-enthaltenen Vesikeln im ZNS zu fördern. Mit diesem Ansatz wollen wir eine neuartige Therapie von AD entwickeln die die wichtigsten Eigenschaften von MSC-EVs nutzt: Verhinderung von Mikrogliaaktivierung, Induktion des Abbaus von Aβ-Vorräten und die gerichtete Wanderung durch das Gehirngewebe.

**Dr. Yarúa Jaimes**

Dr. Jaimes zog nach erfolgreichem Abschluss ihres Biologiestudiums aus ihrer Heimatland Venezuela nach Deutschland. Dort führte sie ihre Forschung an der Medizinischen Hochschule Hannover weiter. In der Abteilung für Transfusionsmedizin erhielt sie Ihren PhD in Molekularer Medizin mit dem Fokus Immunologie und Zelltherapie. Nach ihrer Arbeit in der Gruppe für Immunregulation am Deutschen Rheuma-Forschungszentrum Berlin fokussierte sie sich auf das Themenfeld der extrazellulären Vesikel als immuntherapeutische Werkzeuge. Zurzeit entwickelt sie am Fraunhofer Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig eine auf extrazelluläre Vesikel basierende Therapie für die Behandlung neurodegenerativer Erkrankungen.

Fraunhofer IZI

Abteilung Immunologie
Perlickstrasse 1
04103 Leipzig, Germany

Telefon +49 341 97 25 811

yarua.jaimes@izi.fraunhofer.de

# Die mitteldeutsche Chemieregion –Innovationen, die die Welt veränderten

## *Chemieentwicklung fernab der Konzernzentralen*

von Dr. Christoph Mühlhaus

Mit der Gründung des Fraunhofer Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik« hier in Mitteldeutschland fernab der Konzernzentralen der Chemieindustrie war es für mich eine spannende Aufgabe aufzuzeigen, wie die Historie der Innovationen dieses Industriezweiges mit der mitteldeutschen Region verknüpft ist. Sehr wohl war die innovative Entwicklung immer bei den Konzernzentralen konzentriert, aber die großtechnische Umsetzung folgte dann der Verfügbarkeit von Rohstoffen und insbesondere dem preiswerten Energieangebot. Spannend war die Feststellung, dass es bereits in der ersten Phase der Industrialisierung eine bemerkenswerte Verknüpfung von Chemie- und Biosystemtechnik gab, auch wenn diese Begriffe damals nicht üblich waren.

### *Nutzung regionaler Ressourcen*

Die Verwertung landwirtschaftlicher Produkte und die Verfügbarkeit von Braunkohle und Salzvorkommen bewirkten im späten 19. Jahrhundert eine rasante Industrialisierung in Mitteldeutschland. Neue Züchtungen erbrachten starke Ertragssteigerungen, die mit Einsatz von Dampfpflügen auf großen Schlägen zu einer gewissen Industrialisierung der Landwirtschaft führten. Die industrielle Zuckergewinnung und die Herstellung von Stärke und Alkohol aus Biomasse förderten die Entwicklung eines Apparatebaus für diese Zuckerindustrie sowie für die Alkoholdestillationen. Das war auch gewissermaßen die Geburtsstunde der Entwicklung chemischer Technologien, die nach heutigem Sprachgebrauch für die „Biosystemtechnik“ erfolgten. Weitere Impulse ergaben sich aus der stofflichen Verwertung der eozänen Braunkohle mit den Entwicklungen der Braunkohleverschwelung durch die Riebecksche Montanwerke AG und andere Unternehmen. Die Kalisalzverarbeitung im Raum Staßfurt und die Sodaherstellung durch Solvay in Bernburg erfolgten ebenfalls bereits im späten 19. Jahrhundert. Mit der Anilinfabrikation der Agfa im Raum Greppin gab es auch in Mitteldeutschland eine synthetische Herstellung von Farbstoffen. All diese Aktivitäten beförderten die Entwicklung eines bedarfsgerechten Pumpen-, Maschinen-, Anlagen- und Apparatebaus in Mitteldeutschland, der vorrangig in Halle konzentriert war.

Trotz allem bleibt die Feststellung, dass die Entwicklungszentralen der Pharma- und Farbenindustrie im 20. Jahrhundert an der Rheinschiene konzentriert waren und blieben. Rohstoffverfügbarkeit sowie saubere Luft und Wasser begünstigten jedoch zu Beginn des 20. Jahrhunderts zunehmend eine Produktionsverlagerung nach Mitteldeutschland. So war es die saubere Luft in Wolfen, die die Verlagerung der Filmherstellung der Agfa aus dem luftverschmutzten Berlin veranlasste. Die Konzentration der Elektrolysetechnik zur Herstellung von Chlor, Lauge und Leichtmetallen im Raum Bitterfeld (AEG und Griesheim-Elektron) und Osternienburg (Quecksilberverfahren der Solvay) basierte auf dem kostengünstig aus Braunkohle erzeugten Strom in ersten Großkraftwerken, wobei die Verfügbarkeit der mächtigen Salzvorkommen eine weitere Voraussetzung war. Weiter wurde in Bitterfeld die elektrothermische Phosphorproduktion aufgenommen.

### *Günstige geografische Lage*

Der erste Weltkrieg veranlasste frontferne Investitionen in Mitteldeutschland. Die Kriegspolitik hatte zur Folge, dass Konzerne in Leuna (BASF) und Piesteritz (Reichsstickstoffwerke) Produktionsstätten für Stickstoffdünger und Ersatz des Chilesalpeters für die Munitionsherstellung errichteten. Die großtechnische Umsetzung der innovativen Haber-Bosch-Synthese als Hochdruckverfahren erfolgte konzentriert in Leuna. In Piesteritz wurden Carbid- und Phosphorchemie großtechnisch realisiert. Autarkie bzw. die Unabhängigkeit von Importen waren die Treiber dieser Entwicklung. Die Unerreichbarkeit durch die gegnerische Luftwaffe, die Verfügbarkeit von kostengünstiger Energie (Strom und Wärme) auf Braunkohlenbasis und genügend Wasser aus Saale bzw. Elbe waren standortentscheidend. Beachtlich war das Tempo der Entscheidungsfindung und der Errichtung der Werke, die nach einem Jahr bereits lieferfähig waren. Aus heutiger Sicht ist auch bemerkenswert, dass zeitgleich Gartenstädte für die neu anzusiedelnden Mitarbeiter geplant und errichtet wurden, die eine neue Siedlungsform prägten, die noch heute in Leuna und Piesteritz interessierte Besucher findet. Die nun bedeutenden mitteldeutschen Standorte waren die großtechnischen Produktionsstätten einer neuen Ausprägung der Basischemie. Die Entwicklungsabteilungen verblieben jedoch bei den Konzernzentralen. Anders war dies bei den Mineralöl- und Paraffinwerken im Kohlerevier Zeitz-Weißenfels, die ebenfalls kriegsbedingt erheblich ausgebaut wurden.

*Steinbruch bei Petersberg*

## *Entwicklung zum Forschungsstandort*

Nach dem ersten Weltkrieg vollzog sich mit der Bildung der I.G. Farbenindustrie AG im Jahr 1925 ein beispielloser Konzentrationsprozess der Großchemie. Mit dieser Bildung der I.G. Farben waren nur die Konzernzentralen – und damit die Entwicklungsabteilungen – für Film, Elektrolyse und Fasern in Bitterfeld/Wolfen (Betriebsgemeinschaft Mitteldeutschland) sowie für Bergwerke in Halle im mitteldeutschen Raum ansässig. Jedoch wurde in Mitteldeutschland das Know-how für die technische Umsetzung neuer großindustrieller Verfahren konzentriert, aber die Zentrale für das Werk Leuna blieb immer die Betriebsgemeinschaft (BG) Oberrhein in Ludwigshafen. Bereits im Krieg lieferte ab 1917 die Ammoniak-Synthese nach Haber-Bosch die Stickstoffdünger aus Leuna. 1923 folgte die Methanolsynthese nach Pier und 1927 die Kohlehydrierung nach Bergius-Pier sowie 1929 die Kraftstofferzeugung nach Fischer-Tropsch (Entwicklung des Kaiser-Wilhelm-Institutes und der Ruhrchemie AG). Etwa 50 % des Konzernumsatzes der I.G. Farben entfiel damit auf neue Geschäftsfelder, die sich jenseits von Anilinfarben und Pharmazie entwickelt hatten.

Eine neue Etappe ergab sich mit den Kriegsvorbereitungen des NS-Regimes nach 1933, die weitere Großinvestitionen begünstigten. Die Verfügbarkeit der Braunkohle als Rohstoff oder im Fall der Carbidsynthese und Chloralkali-Elektrolyse als Stromlieferant waren für Mitteldeutschland standortentscheidend. Die Entwicklungen erfolgten vorwiegend in Ludwigshafen, Mühlheim und Leverkusen, aber die wichtigsten Großanlagen wurden in Mitteldeutschland realisiert:

- Neue Kohlehydrierungen nach Bergius-Pier bzw. Fischer-Tropsch in Lützkendorf, Schwarzheide, Zeitz, Böhlen und Magdeburg zur Kraftstofferzeugung im Jahr 1936 und wesentlicher Ausbau dieser Technik in Leuna – alles in Verantwortung der Brabag und der Sparte Hochdruck- Chemie der I.G. Farben.
- Synthesekautschuk nach dem Reppe-Verfahren in Buna/Schkopau. Dies war eine Entwicklung der BG Niederrhein (Leverkusen), aber die industrielle Umsetzung erfolgte in Verantwortung der BG Oberrhein bzw. ab 1929 der Sparte Hochdruck-Chemie der I.G. Farben mit den Werken Buna 1 in Schkopau (1936), Buna 2 in Hüls, Buna 3 in Ludwigshafen und Buna 4 in Auschwitz.
- PVC in Bitterfeld und Schkopau, Polystyrol in Schkopau als erste großtechnische Anlagen zur Kunststoffherstellung

Zu den Kriegsvorbereitungen des NS-Regimes gehörten auch die Faserentwicklungen auf Basis von Holz und Chemieprodukten als Nationales Faserstoffprogramm ab 1934, wobei bezüglich der I.G. Farben diese Sparte von Mitteldeutschland aus geleitet wurde. Damit erfolgte ein erheblicher Ausbau des Chemiefasersektors der Filmfabrik in Wolfen. Zum Nationalen Faserstoffprogramm gehörten jedoch auch die Neuinvestitionen der Thüringische Zellwolle AG in Schwarza und der Zellwolle und Zellulose AG Wittenberge mit der Rohstoffbasis Holz. Dieses Faserstoffprogramm verknüpfte nach heutigem Sprachgebrauch die Chemie- und Biosystemtechnik.

Zusammenfassend bleibt die Feststellung, dass mit der Steigerung der Chemieproduktion von 1936 bis 1939 auf 172 % Mitteldeutschland die wichtigste Region der deutschen Chemieindustrie mit 24 % aller Arbeitsplätze wurde. Zum Vergleich wurde an der Rheinschiene in diesem Zeitraum nur eine Steigerung auf 136 % erreicht.

## *Neuanfang ohne Konzernzentralen*

Das Kriegsende war für die Chemieindustrie in Mitteldeutschland ein wahrer „Zusammenbruch“. Nach 1945 stand in der sowjetischen Besatzungszone außer Kriegszerstörungen und Demontagen für Reparationen die Fragen der fehlenden Konzern-zentralen und der fehlenden Technischen Hochschulen auf der Tagesordnung: Es gab kaum Entwicklungsabteilungen. Dazu kam der freiwillige und erzwungene Fortgang der know-how-Träger. Zuerst internierten die Amerikaner sehr gezielt Führungskräfte der Chemiestandorte, von denen nur wenige später aus Westdeutschland zurückkehrten. Die Sowjets veranlassten nicht nur umfangreiche Demontagen als Reparationsleistung, sondern deportierten auch Führungskräfte zum Aufbau dieser Anlagen in ihrem Territorium. Ein Ersatz durch Absolventen war kaum gestaltbar, da es keine

*Vom Kohletagebau geprägte Landschaft bei Bitterfeld-Wolfen*

passfähige Ingenieurausbildung im Osten Deutschlands gab. Es galt also Improvisation mit dem Einsatz von teilweise fachfremden Rückkehrern und Vertriebenen. Dabei kam zustatten, dass es zunächst keine Rüstungsindustrie mehr gab und viele Betriebe des Maschinen-, Fahrzeug- und Anlagenbaus unwiederbringlich verloren waren. In den Nachkriegsjahren bis 1953 agierten die wesentlichen Chemiestandorte als Sowjetische Aktiengesellschaften. Damit wurde nur teilweise demontiert, weil die Reparationen nunmehr als Produktionsleistungen erfolgten. Dies sicherte nicht nur das Überleben, sondern gab auch die Chance der Zuweisung von Arbeitskräften, Material und Rohstoffen.

## *Bedarfsgerechte Ausbildung*

Notwendig war nun ein Neuanfang ohne Konzernzentralen. Das erforderte zunächst den Aufbau von Entwicklungsabteilungen an den Chemiestandorten, die nun mehr zu leisten hatten als die Betreuung laufender Produktionen. Die Gründung der Technischen Hochschule Merseburg im Jahr 1954 erfolgte mit Rückgriff auf Wissensträger aus den benachbarten Chemieunternehmen, die mehrere Professuren übernahmen. Damit wurde eine bedarfsgerechte Ausbildung von Chemikern, Verfahrenstechniker und Wirtschaftswissenschaftler etabliert. Weiter wurde eine eigenständige Entwicklung eines Anlagenbaus (Elektrolyseure, Destillationskolonnen, Rührbehälter usw.) erforderlich. Die Erfolge waren durchaus beachtlich. Bis ca. 1970 wurden alle wesentlichen Entwicklungen z.B. der Kunststoffe im Technikum und in Pilotanlagen zeitgleich mit den westlichen Konzernzentralen aufgenommen und teilweise umgesetzt (PAN, ABS, Polycarbonat, PET, PE, EPDM, UPE usw.). Meist fehlte jedoch die materielle Kraft für die Investitionen der Industrieanlagen. Die Mittel waren überwiegend gebunden durch das Chemieprogramm, das weiter auf Kohle und nur ansatzweise auf Erdöl setzen konnte.

Im November 1958 wurde von der Partei für die staatsgeleiteten Chemiewerke der DDR in Leuna ein Chemieprogramm verabschiedet, das eine Verdoppelung der Chemischen Produktion bis in zum Jahr 1965 vorsah. Das Motto des Programms: „Chemie gibt Brot, Wohlstand und Schönheit“ wurde DDR-weit propagiert. Ziel war eine Produktionssteigerung bei Werkstoffen für die verarbeitende Industrie. Die Chemieindustrie sollte nach dem Maschinenbau zweitgrößter Industriezweig werden. In Abstimmung mit dem Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) wurden die Vorhaben Erdölverarbeitungswerk Schwedt, Leuna 2, Chemiefaserwerk Guben, Gipsschwefelsäurewerk Coswig/Anhalt und der Ausbau der Produktion auf Kohle-Karbid Basis in Buna (Schkopau) beschlossen. Damit wurde der in der übrigen Welt anstehende Übergang zur Petrolchemie nur teilweise vollzogen, weil die Braunkohle als einheimischer Rohstoff gemäß den Autarkievorstellungen der DDR einen hohen Stellenwert besaß. Für das Werk Buna wurden die Begriffe „Plaste und Elaste aus Schkopau“ prägend und 1964 wurden für die Filme aus Wolfen der Markenname Orwo als Ersatz von Agfa erfolgreich etabliert. Man sollte nicht unterschätzen, dass diese Begriffe und der mit dem Chemieprogramm verbundene wirtschaftliche Aufschwung einschließlich eines Wohnungsbauprogramms wie z.B. in Halle-Neustadt eine Akzeptanz der Chemieindustrie begründeten, von der wir heute noch zehren.

## *Plaste und Elaste aus Schkopau*

Aus heutiger Sicht wird die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der mitteldeutschen Chemieforschung meist unterschätzt. Mit dem Aufbau des Wissenschaftlichen Koordinierungszentrums Thermoplaste und Elaste in Schkopau erfolgte eine Konzentration des know hows bezüglich der Materialeigenschaften und Verarbeitungsmöglichkeiten dieser Werkstoffe. Aufgabe des Koordinierungszentrums war in erster Linie die „Importablösung“ durch Einsatz verfügbarer Plastwerkstoffe oder Elaste. Eine umfangreiche materielle Ausstattung des Technikums und der Import von Produktproben der Wettbewerber

qualifizierte die Mitarbeiter zu fundierten Aussagen. Damit war später die Buna AG nach 1990 sofort befähigt, Neuentwicklungen anzugehen oder gezielte Produktverbesserungen gemäß den neuen Marktanforderungen zu erreichen.

Die nunmehr als Kombinate aufgestellten Chemiestandorte schufen sich teilweise einen eigenständigen Rationalisierungsmittelbau, der die Eigenentwicklung von Reaktoren sowie anderen Spezialapparaten technisch umsetzte und ganze Pilotanlagen realisierte. Auch damit wurde ein know-how erarbeitet, das nach 1990 befähigte, sehr schnell die Entwicklungen des Weltmarktes nachzuvollziehen.

Die fälschlicherweise als Wende bezeichnete Wiedervereinigung Deutschlands bewirkte mit dem Übergang zur Marktwirtschaft im Jahr 1990 einen erneuten „Zusammenbruch“ der mitteldeutschen Chemieindustrie. Die Ursachen des „Zusammenbruchs“ waren mit dem jahrzehntelangen materiellen Niedergang dieser Chemieindustrie gesetzt worden. So gab es keine Zukunft für eine Kohlechemie, die bereits in der DDR nicht mehr weiterentwickelt wurde und mit ihren Kosten und Umweltproblemen nur abstellbar war. Damit entfielen ca. 50 % der Rohstoffbasis fast von einem Tag auf den nächsten, wobei sich die Abstellung der Carbidchemie bis in das Jahr 1991 hinzog, weil erst einmal mit zügigen Neuinvestitionen der Stoffverbund gesichert werden musste. Viele Anlagen waren so verschlissen, dass nur der Abriss blieb. Die verfügbare Petrochemie und die Produktion von „Plasten und Elasten“ erforderten sofortige Entwicklungsarbeiten um neuen Umweltstandards wie der Entmonomerisierung zu entsprechen und die Produkte den Marktforderungen anzupassen. Hier half das verfügbare know how der durchaus sachkundigen Entwicklungsabteilungen. Sehr zügig wurden auch neue Produkt- und Verfahrensentwicklungen für Tenside, Expandierfähiges Polystyren (EPS), Propenoxid u.a. angegangen.

## *Die Entwicklung nach 1990*

Die in Verantwortung der Treuhandanstalt erfolgende Privatisierung setzte einseitig auf den Verkauf von Geschäftsfeldern, für die Investoren gesucht wurden, die die Anlagen ertüchtigen oder neue Anlagen bauen sollten. Das hatte zwei Konsequenzen:

- Aufgabe der Verbundstruktur
- Abwicklung oder Ausgliederung der Forschung und Entwicklung

Studien sollten die Richtigkeit dieses Denkansatzes bestätigen. So waren Forschung und Entwicklung nach Aussagen der McKinsey-Studie nicht privatisierbar und daher abzuwickeln oder auszugliedern. Als Ersatz für die Verbundstruktur entwickelten sich die Chemieparkmodelle, mit denen die Infrastruktur mit unterschiedlich ausgeprägten Ansätzen für die Betreiber der Produktionsanlagen bereitgestellt wird. Die zuerst – aus der Not heraus – in Mitteldeutschland etablierten Chemieparks wurden letztlich ein Erfolgsmodell, das überall auf der Welt Nachahmer gefunden hat. Die Betreiber der Anlagen können sich auf ihr Kerngeschäft konzentrieren, während die Sicherheit des Standortes, die Ver- und Entsorgung und der Erhalt, das Betreiben und der Ausbau der Verkehrsanbindungen weitgehend von den Spezialisten des Chemieparks wahrgenommen wird. Ganz anders muss man die Frage der Industrieforschung werten. Die Produktionsstätten sind vorwiegend „verlängerte Werkbänke“ von Konzernen, die ganz woanders ihren Sitz haben, oder es sind KMU mit oft unzureichender Innovationskraft. Die Folge ist ein Defizit der Industrieforschung, die bezogen auf den Umsatz nur ca. 25 % des normalen bundesdeutschen Wertes erreicht.  In der Endphase der Privatisierung wurde dies auch von der Politik erkannt, so dass es ganz wenige Geschäftsfelder gibt, bei denen die Forschungskompetenz in Mitteldeutschland verblieb. Verstärkt wurde diese Ignoranz der regionalen Bedeutung von Innovation durch die Abwicklung der Technischen Hochschule Merseburg. Damit ergibt sich ein Problem, das bis heute nachwirkt und das vielleicht durch die Bemühungen des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik« in Zukunft schrittweise überwunden werden kann.

## *Ausblick*

Regionale Akteure haben sehr wohl frühzeitig das Strukturproblem der Industrieforschung erkannt. Daraus ergab sich im Jahr 2000 die Idee, mit dem Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese Kompetenz des Fraunhofer-Institutes für Angewandte Polymerforschung IAP direkt an einem Chemiestandort - in Schkopau - zu etablieren. Im Jahr 2015 war es dann so weit: Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum  PAZ nahm seine Arbeit auf. Unterschiedliche Syntheseverfahren verwirklichten den Slogan „Plaste und Elaste aus Schkopau“ in einer ganz neuen Aufstellung. In einer weiteren Ausgestaltung wirkte das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM (heute: Fraunhofer IMWS) mit, das die fachliche Kompetenz für die

*Leben und Arbeiten mit und von der Chemie, Umland Halle*

Polymerverarbeitung übernahm. Letztlich wurde die bewusste Ansiedlung von Fraunhofer Kompetenz ein Alleinstellungsmerkmal des mitteldeutschen Chemieparks, das bislang keine Nachahmer gefunden hat. Dem mehrfachen Ausbau des Pilotanlagenzentrums für Polymersynthese und Polymerverarbeitung in Schkopau mit der Ergänzung durch die Modulfertigung für die Solartechnik durch das Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP folgte der Aufbau des Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP in Leuna. Der Weg ist noch nicht am Ende. Gemäß der Regionalen Innovationsstrategie des Landes Sachsen-Anhalt wird es einen weiteren Ausbau des Pilotanlagenzentrums PAZ in Schkopau geben. Dem wird alsbald eine Fraunhofer Versuchsplattform Elektrolyse in Leuna folgen. Damit kann die grüne Wasserstofftechnik eine neue Säule der Rohstoffversorgung der Chemieindustrie im mitteldeutschen Chemiedreieck werden.

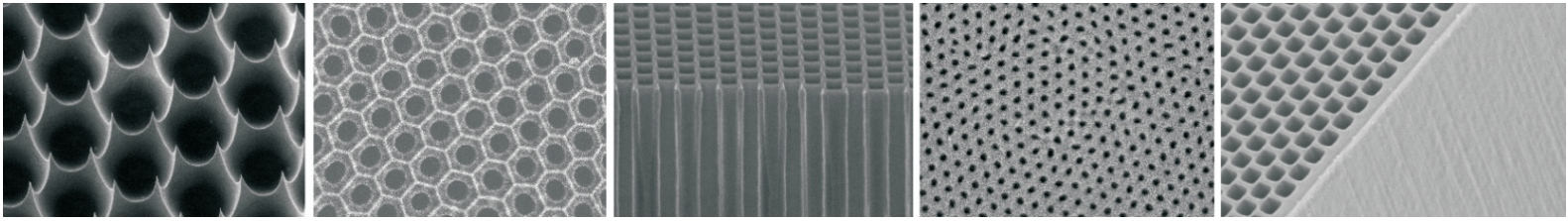
Die Konzentration von Fraunhofer in der Region ist eine vorzügliche Basis, daraus ein Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« zu gestalten. Insbesondere die Einbindung der regionalen Hochschulen und Universitäten eröffnet Chancen, die früher die Chemieregion prägende industrielle Ausrichtung von Forschung und Entwicklung wieder zu erlangen.

**Informationen zum Autor**

Dr. Christoph Mühlhaus, Cluster Chemie/Kunststoffe

Dr. Mühlhaus studierte Verfahrenstechnik an der Technischen Hochschule Merseburg. Von 1966 bis 1989 war er als Berechnungsingenieur und Konstrukteur in der Projektierungsabteilung im Kombinat Buna tätig. In seiner Zeit als Gruppenleiter der Forschung entstand unter seiner Führung eine verfahrenstechnische Berechnungsgruppe, es erfolgte der Bau und die Inbetriebnahme von Versuchsanlagen. Im Kombinat Buna arbeitete er als Projektleiter in der Verfahrensentwicklung. 1988 promovierte er an der Akademie der Wissenschaften und war von 1990 bis 1994 Vorstandsmitglied und Arbeitsdirektor der Buna AG. Im Anschluss war er Generalbevollmächtigter der Buna GmbH bzw. der Buna Dow Leuna Olefinverbund GmbH. Von 2002 bis 2007 übernahm er die Geschäftsführung der Dow Olefinverbund GmbH.

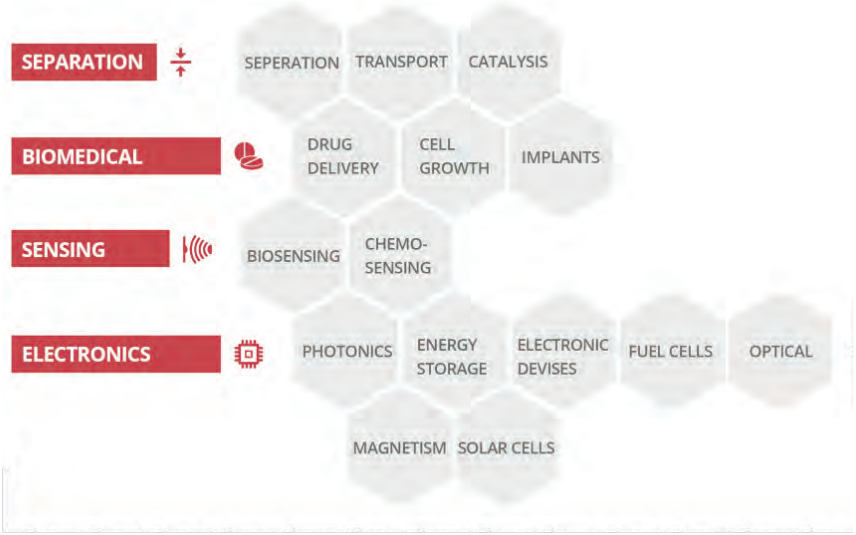
Als Beiratsvorsitzender steht er dem Leistungszentrum »Chemie- und Biosystemtechnik« beratend zur Seite.



smart MEMBRANES

Die SmartMembranes GmbH wurde am 20.07.2009 von Dr. Petra Göring und Monika Lelonek in Halle (Saale) als Spin-Off des Fraunhofer IMWS Halle gegründet. Das Unternehmen ist der weltweit führende Hersteller von hochgeordneten nanoporösen Aluminiumoxid und makroporösen Silizium mit definiert einstellbaren Membraneigenschaften und Strukturparametern.

Die SmartMembranes GmbH produziert nicht nur die Membranen nach Kundenwunsch, sondern entwickelt auch neue Prozesse und Produkte rund um das Kerngeschäft. Der Fokus innovativer Anwendungen liegt in den schematisch dargestellten Marktsegmenten Separation, Biomedizin, Sensorik und Elektronik.
Darüber hinaus bietet das Unternehmen Ingenieurdienstleistungen für Eloxierequipment sowie Beratung und Unterstützung in Prozessoptimierung, Anwendungsentwicklung und Engineering an.



www.smartmembranes.de

petra.goering@smartmembranes.de