



Fraunhofer

IAP

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE POLYMERFORSCHUNG IAP | INSTITUTE FOR APPLIED POLYMER RESEARCH IAP



25 Jahre Fraunhofer IAP

JAHRESBERICHT ANNUAL REPORT 2017





FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE POLYMERFORSCHUNG IAP
FRAUNHOFER INSTITUTE FOR APPLIED POLYMER RESEARCH IAP

INHALTSVERZEICHNIS

CONTENTS

25 Jahre Fraunhofer IAP – Tradition und Aufbruch | 4
25 years of Fraunhofer IAP – Tradition and change

8 DAS INSTITUT THE INSTITUTE

Start des Leistungszentrums
»Funktionsintegration« | 10
High-Performance Center
Functional Integration started
25 Jahre Fraunhofer IAP | 12
25 years of Fraunhofer IAP
Neue Professur an der BTU Cottbus-Senftenberg | 14
New chair at BTU Cottbus-Senftenberg
Neuer Forschungsbereich Fraunhofer CAN | 16
New research division Fraunhofer CAN
Das Fraunhofer IAP im Überblick | 18
Fraunhofer IAP at a glance
Unsere Kompetenzen | 20
Our competences
Organisation | Organization | 22
Das Institut in Zahlen | 24
The institute in figures
Kuratorium | Advisory board | 26
Rückblick 2017 | Review 2017 | 28
Die Fraunhofer-Gesellschaft | 30
The Fraunhofer-Gesellschaft
Fraunhofer-Verbund MATERIALS | 32
Fraunhofer Group MATERIALS

36 BIOPOLYMERE BIOPOLYMERS

Neue Produkte aus nachwachsenden
Rohstoffen | 38
New products made from renewable raw materials
Anwendungen und Dienstleistungen | 42
Applications and services
Biobasierte Composite mit Flammenschutz
für Anwendungen in der Automobil- und
Elektroindustrie | 46
Biobased composites for automotive and
E&E applications
Untersuchungen zum physikalischen Schäumen von
Biopolymeren während des Extrusionsprozesses | 48
Investigations into the physical foaming behavior
of biopolymers in the foam extrusion process

50 FUNKTIONALE POLYMERSYSTEME FUNCTIONAL POLYMER SYSTEMS

Funktionswerkstoffe und Technologien | 52
Functional materials and technologies
Anwendungen und Dienstleistungen | 56
Applications and services
Entwicklung neuer Absorberpolymere und
Fertigungsprozesse für die individualisierte
organische Photovoltaik | 60
From new absorber polymers to the development
of manufacturing processes for customized organic
photovoltaics
Displaytechnologie der nächsten Generation –
Indiumphosphid-basierte Quantenpunkt-LEDs | 62
Next generation display technology –
indium phosphide-based quantum dot LEDs

64 SYNTHESE- UND POLYMERTECHNIK SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY

Synthese- und Polymertechnik | 66
Synthesis and polymer technology
Anwendungen und Dienstleistungen | 70
Applications and services
Polydopamin – ein neues Wandmaterial
zur Mikroverkapselung | 74
Polydopamine – a new microencapsulation material
Isocyanatfreie Herstellung von Polyurethanen –
auf dem Weg zur industriellen Umsetzung | 76
Isocyanate-free production of polyurethanes –
approaching industrial feasibility

78 LIFE SCIENCE UND BIOPROZESSE

LIFE SCIENCE AND BIOPROCESSES

Life Science und Bioprozesse | 80

Life science and bioprocesses

Anwendungen und Dienstleistungen | 84

Applications and services

Maßgeschneiderte Kosmetikformulierungen | 88

Tailored cosmetic formulations

Enzymatisch aktive Dünnschichten als Katalysatoren

für die Synthese von Feinchemikalien | 90

Enzymatically active thin films as catalysts

for the synthesis of fine chemicals

92 PILOTANLAGENZENTRUM PAZ

PILOT PLANT CENTER PAZ

Polymertechnologie im Pilotanlagenzentrum PAZ | 94

Polymer technology at the Pilot Plant Center PAZ

Anwendungen und Dienstleistungen | 98

Applications and services

Biobasierte Materialien auf Basis von Itaconsäure und Isopren im Rahmen des Leistungszentrums »Chemie-

und Biosystemtechnik« | 100

Biobased materials based on itaconic acid and isoprene

within the framework of the High-Performance Center

for Chemistry and Biosystems Engineering

102 POLYMERMATERIALIEN UND COMPOSITE PYCO

POLYMERIC MATERIALS AND COMPOSITES PYCO

Polymermaterialien und Composite | 104

Polymeric materials and composites

Anwendungen und Dienstleistungen | 108

Applications and services

Schnelle und ortsgenaue Bestimmung

von Monomeren in Harzsystemen und

Restmonomeren in Leichtbaumaterialien | 110

Fast and space-resolved determination of monomers

in resin systems and residual monomers in lightweight

materials

UV-härtbare Noppenwaben als Kernmaterial

für Leichtbauanwendungen | 112

Using UV-curable nap cores as a core material

in lightweight applications

114 FAKTEN, PUBLIKATIONEN, STANDORTE

FACTS, PUBLICATIONS, LOCATIONS

Ausstattung | 116

Equipment

Zusammenarbeit | 122

Collaboration

Patente | 132

Patents

Publikationen | 136

Publications

Anfahrt | 144

How to reach us

Standorte | 145

Locations

25 JAHRE FRAUNHOFER IAP TRADITION UND AUFBRUCH

Das Jahr 2017 stand für das Fraunhofer IAP ganz im Zeichen der Tradition und des Aufbruchs. Wir blicken auf eine 25-jährige Erfolgsgeschichte zurück – wie auch einige andere Fraunhofer-Institute im Osten Deutschlands. Dieses Jubiläum wurde im Rahmen der Fraunhofer-Jahrestagung im Mai 2017 im Dresdner Kongresszentrum gebührend gefeiert. Kernstück der Veranstaltung war eine Ausstellung der Jubiläumsinstitute, die ich gemeinsam mit Professor Reimund Neugebauer, dem Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft, eröffnen durfte. Das Fraunhofer IAP war mit seinen vielfältigen Entwicklungen, unter anderem einem Augenhornhaut-Implantat sowie OLEDs, prominent vertreten und konnte die ungebrochene Leistungskraft und das große Potenzial der Institute Ostdeutschlands eindrucksvoll unter Beweis stellen. Bei der Vorbereitung dieses Ereignisses wurde mir klar, mit welcher großer Selbstverständlichkeit und Offenheit die Fraunhofer-Gesellschaft in der Wendezeit auf die großen und traditionsreichen Forschungsinstitute Ostdeutschlands zugegangen war und sie mit Vertrauen und Entwicklungsperspektiven für sich gewinnen konnte.

Ebenfalls im Frühjahr fiel der Startschuss für das Leistungszentrum »Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen« im Beisein des Brandenburgischen Ministerpräsidenten Dr. Dietmar Woidke, der Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg, Dr. Martina Münch, des Fraunhofer-Vorstandsmitglieds Professor Alexander Kurz, des Vizepräsidenten der Universität Potsdam, Professor Robert Seckler und weiteren Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Forschung. Die Initiative wird von den Fraunhofer-Instituten IAP und IZI-BB koordiniert, wobei

die Universität Potsdam als Ankeruniversität fungiert. Das Leistungszentrum wird mit Millionenbeträgen maßgeblich vom Land Brandenburg (MWFK und MWE) mit EFRE-Projektmitteln im Rahmen der Programme InfraFEI, StaF und ProFIT sowie der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt. Seitdem sind eine Reihe von Projekten erfolgreich angelaufen, darunter die Entwicklung neuartiger Blutschnelltests und verbesserter Wirkstoffschnelltests, neuartiger Oberflächen für Zellkulturen, schalldämpfender Materialien für Flugzeugkabinen oder Schadenssensoren für Rotorblätter von Windrädern, um nur einige zu nennen.

Im Sommer konnte sich das Fraunhofer IAP schließlich über die erfolgreiche Beteiligung an den Anträgen der Universität Potsdam (GO:UP) und der Technischen Hochschule Wildau/Brandenburgischen Technischen Hochschule (BTU) Cottbus-Senftenberg (Innovation Hub 13 – fast track to transfer) im Rahmen der »kleinen Exzellenzinitiative« des Bundes zum Call »Innovative Hochschule« freuen. In beiden Fällen profitieren wir mit Joint Labs und Transferscouts von den Erfahrungen beim Wissens- und Technologietransfer.

Die enge Kooperation mit den universitären Einrichtungen in Potsdam, Wildau, Cottbus und Senftenberg trägt der stärkeren Vernetzung des Fraunhofer IAP im Land Brandenburg Rechnung und soll in Zukunft weiter ausgebaut werden. Hierzu passt die gemeinsame Besetzung einer W2-Professur zum Thema Faserverbund-Materialtechnologien an der TH Wildau im Rahmen des Fraunhofer-Kooperationsprogramms mit Fachhochschulen als auch die weitere personelle Verzahnung des Fraunhofer IAP und der BTU Cottbus - Senftenberg.



So wurde Johannes Ganster, Leiter des Forschungsbereichs Biopolymere, im Frühjahr auf eine Professur für Biopolymere und Kunststoffverarbeitung an der BTU Cottbus - Senftenberg berufen. Weiterhin läuft zurzeit das Verfahren zur gemeinsamen Berufung einer W3-Professur für polymerbasierten Leichtbau, die mit der künftigen Leitung des Forschungsbereichs Polymermaterialien und Composite PYCO des Fraunhofer IAP verknüpft ist.

Im Rahmen der Fraunhofer-internen Exzellenzinitiative, die aus dem Aufwuchs der Grundfinanzierung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) für die Fraunhofer-Gesellschaft finanziert wird, konnte sich das Fraunhofer IAP als federführendes Institut gemeinsam mit dem Fraunhofer IWM Freiburg mit dem Fraunhofer-Exzellenzcluster »Programmierbare Materialien« durchsetzen. Zusammen mit den Fraunhofer-Instituten ICT in Pfinztal, IWU in Chemnitz und IBP in Holzkirchen sollen in den nächsten drei Jahren neue Konzepte für Materialien entwickelt werden, deren Eigenschaften lokal und nach dem Herstellungsprozess maßgeschneidert verändert, das heißt programmiert, werden können.

Gespräche und Verhandlungen zur Integration des Hamburger Centrums für Angewandte Nanotechnologie CAN GmbH in das Fraunhofer IAP waren ein weiteres Thema, das uns im Jahr 2017 beschäftigt hat. Nachdem im November 2017 alle Gremien aus Bund, Land und der Fraunhofer-Gesellschaft zugestimmt haben, wird die ehemalige GmbH, die von Professor Horst Weller geleitet wird, zum 1. Januar 2018 als siebter Forschungsbereich unter dem Dach des Fraunhofer IAP in die Fraunhofer-Gesellschaft

aufgenommen. Das CAN ergänzt auf ideale Weise unsere Kompetenzen im Bereich der anwendungsgetreu maßgeschneiderten Nanopartikelsynthese. Zusammen mit der Verarbeitungs- und Devicebau-Kompetenz des Fraunhofer IAP sollen unter anderem neue Aktivitäten in den Bereichen Optoelektronik und Healthcare angegangen werden. Die Integration des CAN wird finanziell durch die Freie und Hansestadt Hamburg und die Fraunhofer-Gesellschaft durch Projektmittel unterstützt.

Das Jahr 2017 war für uns also äußerst ereignisreich. Zudem konnte das Fraunhofer IAP seine erfolgreiche wirtschaftliche und wissenschaftliche Entwicklung fortsetzen und befindet sich weiterhin im Aufwind. Dieser erfolgreiche Werdegang wäre ohne das Vertrauen, das uns unsere Industriepartner und die öffentlichen Auftraggeber entgegengebracht haben, nicht möglich gewesen. Dafür möchte ich ihnen an dieser Stelle sehr herzlich danken. Auch den Mitgliedern des Kuratoriums gebührt Dank für ihre allseits kritische und wohlwollende Begleitung und Unterstützung unserer Aktivitäten. Last but not least danke ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fraunhofer IAP für ihren unermüdlichen Einsatz, ihre kreativen Beiträge in Forschung, Innovation, Verwaltung und Strategieentwicklung. Sie, die Menschen im Institut, stellen die unentbehrliche Erfolgsgrundlage des Fraunhofer IAP dar.

Prof. Dr. Alexander Böker

25 YEARS OF FRAUNHOFER IAP TRADITION AND CHANGE

2017 was marked by tradition and change at the Fraunhofer IAP. Like several other Fraunhofer Institutes in Eastern Germany, we have the pleasure of looking back at 25 years of success. This 25-year anniversary was duly celebrated in May 2017 at the Congress Center in Dresden. The core element of the event was an exhibition hosted by the jubilee institutes, which I and Professor Reimund Neugebauer, president of the Fraunhofer-Gesellschaft, had the honor of opening. The Fraunhofer IAP was prominently represented and was able to present its many innovations, including a cornea implant and OLEDs. It was an impressive demonstration of the unwavering performance and high potential of the East German institutes. While preparing for the event I realized the degree to which the Fraunhofer-Gesellschaft approached the major, long-standing research institutes in East Germany in a natural way and with such openness at the time of the German reunification, and how it was able to win them over with trust and prospects for development.

The spring also saw the opening of the High-Performance Center Integration of Biological and Physical-Chemical Material Functions. The kick-off was attended by Brandenburg's Minister President Dr. Dietmar Woidke, Brandenburg's Minister of Science, Research and Culture, Dr. Martina Münch, member of the Fraunhofer Executive Board, Professor Alexander Kurz, the University of Potsdam's Vice President, Professor Robert Seckler, and other representatives from politics, the economy and research.

The initiative is coordinated by the Fraunhofer Institutes IAP and IZI-BB, with the University of Potsdam acting as an anchor university. The High-Performance Center receives millions in support, primarily from the State of Brandenburg (the Ministry of Science, Research and Culture and the Ministry of Economic Affairs and Energy) through ERDF project funding as a participant in the programs InfraFEI, StaF and ProFIT and also from the Fraunhofer-Gesellschaft. So far, a series of projects has been successfully initiated, including the development of innovative rapid blood tests, improved rapid tests for active ingredients, innovative surfaces for cell cultures, damage sensors for wind turbine rotor blades and sound-adsorbing materials for airplane cabins – to name just a few.

In the summer the Fraunhofer IAP was thrilled to successfully participate in the applications of the University of Potsdam (GO:UP), and the Technical University of Applied Sciences Wildau and the Brandenburg University of Technology (BTU) Cottbus - Senftenberg (Innovation Hub 13 – fast track to transfer) as part of the Small Excellence Initiative of the federal government's funding measure Innovative Hochschule. In both cases we will profit, through joint labs and transfer scouts, by experience in knowledge and technology transfer.

Our strong collaboration with the universities in Potsdam, Wildau, Cottbus and Senftenberg increases the interconnectedness of the Fraunhofer IAP in the state of Brandenburg, which is set to expand in the future. This includes the joint appointment of a W2-level professorship for fiber composite material technologies at TU Wildau as part of the Fraunhofer cooperation program with technical universities, as well as other personnel links between the Fraunhofer IAP and BTU Cottbus - Senftenberg. In spring, Johannes Ganster, head of the Biopolymers research division, was appointed Chair of Biopolymers and Plastic processing at BTU Cottbus - Senftenberg. Furthermore, the joint appointment of a W3-level professorship for polymer-based lightweight design is currently underway. The professorship is connected with the future leadership of the research division Polymer Materials and Composites PYCO at the Fraunhofer IAP.

As part of the internal Fraunhofer excellence initiative, which is financed through the increase in basic funding for the Fraunhofer-Gesellschaft by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), the Fraunhofer IAP, as the coordinating institute, was able to prevail along with the Fraunhofer IWM Freiburg in the Fraunhofer excellence cluster Programable Materials. Together with the Fraunhofer Institutes ICT in Pfinztal, IWU in Chemnitz and IBP in Holzkirchen, new material concepts will be developed in the next three years whose properties are tailored (i.e. programmed) in situ as well as after the production process.

Talks and negotiations for integrating the Center for Applied Nanotechnology CAN in Hamburg into the Fraunhofer IAP was a further topic that occupied us in 2017. In November 2017 all federal, state and Fraunhofer-Gesellschaft committees gave their approval for the former limited company, managed by Professor Horst Weller, to be integrated into the Fraunhofer-Gesellschaft as a seventh research division of the Fraunhofer IAP as of January 1, 2018. CAN perfectly expands our competencies in application-tailored nanoparticle synthesis. Combining these with the Fraunhofer IAP's competencies in processing and device construction will enable new activities to be pursued in the areas of optoelectronics and healthcare. The integration of CAN will be financially supported through project funding by the Free and Hanseatic City of Hamburg and the Fraunhofer-Gesellschaft.

2017 was an extremely eventful year for us. The Fraunhofer IAP was also able to continue along its path of successful economic and scientific development and our future remains bright. This success would not have been possible without the trust that our industry partners and public-sector clients placed in us. Therefore I would like to take the opportunity to thank them. The members of the advisory board also deserve thanks for their ever-critical and benevolent backing and support of our activities. Last but not least I would like to thank all of the employees of the Fraunhofer IAP for their untiring efforts and their creative contributions to research, innovation, administration and strategy development. You, the people of the Institute, form the basis of our success at the Fraunhofer IAP.



Prof. Dr. Alexander Böker

DAS INSTITUT THE INSTITUTE

- 10** Start des Leistungszentrums »Funktionsintegration«
High-Performance Center Functional Integration started
- 12** 25 Jahre Fraunhofer IAP
25 years of Fraunhofer IAP
- 14** Neue Professur an der BTU Cottbus - Senftenberg
New chair at BTU Cottbus - Senftenberg
- 16** Neuer Forschungsbereich Fraunhofer CAN
New research division Fraunhofer CAN
- 18** Das Fraunhofer IAP im Überblick
The Fraunhofer IAP at a glance
- 20** Unsere Kompetenzen | Our competences
- 22** Organisation | Organization
- 24** Das Institut in Zahlen | The institute in figures
- 26** Kuratorium | Advisory board
- 30** Die Fraunhofer-Gesellschaft
The Fraunhofer-Gesellschaft
- 32** Fraunhofer-Verbund MATERIALS
Fraunhofer Group MATERIALS



pioneers in polymers



START DES LEISTUNGSZENTRUMS »FUNKTIONSINTEGRATION« HIGH-PERFORMANCE CENTER FUNCTIONAL INTEGRATION STARTED

Das Leistungszentrum »Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen« startete am 26. April 2017 mit einer Kick-off Veranstaltung im Fraunhofer-Konferenzzentrum. Ziel des Leistungszentrums ist die Entwicklung von Produkten mit integrierten Materialfunktionen, die in möglichst wenigen Prozessschritten gefertigt werden können und dabei über möglichst viele technisch relevante Funktionen verfügen. Das Leistungszentrum wird von den Fraunhofer-Instituten für Angewandte Polymerforschung IAP und für Zelltherapie und Immunologie, Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse IZI-BB koordiniert und soll das Know-how vieler Forschungseinrichtungen verschiedener Wissenschaftsorganisationen in Brandenburg und Berlin bündeln.

Am 29. November 2017 trafen sich die Beteiligten zum 1. Projekt-Workshop, um die Fortschritte einiger Projekte seit dem Start vorzustellen, unter anderem einen Schnelltest, mit dem der Medikamentenspiegel im Blut mit bloßem Auge sichtbar gemacht werden kann und das direkt vor Ort und ohne den Einsatz teurer Messgeräte. Die Entwicklung des Schnelltests ist eines von 18 Projekten im Leistungszentrum. Über 30 Unternehmen haben bereits Interesse bekundet, die Entwicklungen des Leistungszentrums verwerten zu wollen.

www.funktionsintegration.de

»Es gibt eine Reihe von Funktionalitäten, die wir überwiegend in Kunststoffe integrieren werden. Funktionsintegrierte Produkte wie beispielsweise neuartige Lab-on-a-Chip-Module für die Medizin, in Leichtbaumaterialien integrierte Sensoren oder Smartcards für die Sicherheitswirtschaft bieten ein außerordentliches Innovationspotenzial. Das Leistungszentrum könnte daher eine Pilotfunktion für die Region und Deutschland haben.«

Professor Alexander Böker, Leiter des Fraunhofer IAP

Akteure

- Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP (Koordinator)
- Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie, Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse IZI-BB (Koordinator)
- Universität Potsdam (Ankeruniversität des Leistungszentrums)
- regionale Industrieunternehmen

Förderung

Das Leistungszentrum wird vorerst vom Land Brandenburg und der Fraunhofer-Gesellschaft gefördert.

MWFK/InfraFEI ¹	17,5 Mio. Euro
MWFK/StaF	4,2 Mio. Euro (bisher bewilligt)
MWE/ProFIT	4,2 Mio. Euro (Förderzusage)
Fraunhofer-Gesellschaft ²	2,5 Mio. Euro

1 | für den Neubau eines Labor- und Bürogebäudes für die Leichtbauaktivitäten des Fraunhofer IAP am Standort Wildau

2 | anteilig für Initialprojekte von Fraunhofer IAP und IZI-BB



MinR H.-P. Hiepe, Prof. R. Seckler, Prof. H.-U. Demuth,
 Prof. A. Böker, Dr. M. Münch, Dr. D. Woidke, Prof. A. Kurz (v.l.n.r.)

The High-Performance Center Integration of Biological and Physical-Chemical Material Functions started on April 26, 2017. The event took place at the Fraunhofer Conference Center in Postdam-Golm. The aim of the Center is to manufacture products with integrated material functions using the fewest process steps possible. The Center is coordinated by the Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP and the Bioanalytics and Bioprocesses Branch of the Fraunhofer Institute for Cell Therapy and Immunology IZI-BB. Its purpose is to bundle the expertise of the many research institutes of various scientific organizations in Brandenburg and Berlin.

Participants met at the first project workshop on November 29, 2017 to present the progress of several projects since the center's inauguration. This included a rapid test that makes the level of medication in the blood visible with the naked eye without requiring expensive measuring equipment. The development of the rapid test is one of 18 projects being conducted at the High-Performance Center. Over 30 companies have already expressed interest in wanting to utilize the developments of the Center.

“We aim to integrate a range of functionalities into plastics. Functionally integrated products, such as novel lab-on-a-chip modules for medical applications, sensors integrated into lightweight materials, and smartcards for the security industry, offer outstanding potential for innovation. This means the Center could take on a pilot function for the region and Germany.”

Professor Alexander Böker, Director of the Fraunhofer IAP

Funding

The High-Performance Center is initially funded by the State of Brandenburg and the Fraunhofer-Gesellschaft.

MWFK/InfraFEI ¹	€ 17.5 million
MWFK/StaF	€ 4.2 million
MWE/ProFIT	€ 4.2 million
Fraunhofer-Gesellschaft ²	€ 2.5 million

Actors

- Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP (coordinator)
- Fraunhofer Institute for Cell Therapy and Immunology, Bioanalytics and Bioprocesses IZI-BB (coordinator)
- University of Potsdam (anchor university of the High-Performance Center)
- regional industrial companies

1 | for the construction of a new laboratory and office building for the lightweight construction activities of the Fraunhofer IAP at the Wildau site

2 | proportionately for initial projects of the Fraunhofer IAP and IZI-BB

25 JAHRE FRAUNHOFER IAP

25 YEARS OF FRAUNHOFER IAP

Seit 1992 treibt das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP zusammen mit namhaften Partnern aus der Industrie die Zukunft von Polymeranwendungen voran. 2017 konnte das Fraunhofer IAP auf 25 erfolgreiche Jahre zurückblicken.

Gegründet wurde das Institut im Zuge der deutschen Wiedervereinigung als eines von neun neuen Fraunhofer-Instituten und -Einrichtungen. Wie die Mehrzahl dieser Institutionen ist es aus der Akademie der Wissenschaften (AdW) der DDR hervorgegangen. Aus dem Institut für Polymerchemie in Teltow-Seehof entwickelten sich zwei Fraunhofer-Institutionen: Das Fraunhofer IAP und die Fraunhofer-Einrichtung für Polymermaterialien und Composite PYCO. Heute sind beide wieder vereint. Im Januar 2016 wurde PYCO mit seinen Standorten Teltow und Wildau als sechster Forschungsbereich in das Fraunhofer IAP integriert.

Im Jahr 2000 zog das Fraunhofer IAP von Teltow in ein neues Gebäude im Wissenschaftspark Potsdam-Golm. Schon damals standen Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen wie Cellulose, Stärke und Polysaccharide sowie synthetische Polymere im Fokus. Mittlerweile hat sich das Repertoire an Forschungsleistungen und Anwendungsfeldern deutlich erweitert. Mit inzwischen sieben Forschungsbereichen verfügt das Fraunhofer IAP heute über eine Vielzahl ausgewiesener Expertisen in unterschiedlichsten Anwendungsfeldern.

Forschung und Entwicklung im industrienahe Maßstab

Mit dem 2005 eröffneten Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau – einer gemeinsamen Initiative der Fraunhofer-Institute IAP in Potsdam-Golm und IMWS in Halle – wurde es möglich, industrienahe Forschung zu Polymersynthese und -verarbeitung im Tonnenmaßstab zu betreiben.

Als zweite Ausbaustufe des Fraunhofer IAP eröffnete 2012 das Anwendungszentrum für Innovative Polymertechnologien. Eine Pilotanlage für organische Elektronik erlaubt es, auch größere Musterserien von flexiblen oder starren OLEDs und organischen Solarzellen herzustellen. Zudem können in einem Biotechnikum biotechnologische Prozesse entwickelt werden, um nachwachsende Rohstoffe wie Stärke, Cellulose oder Lignin effizienter nutzen zu können oder Funktionsproteine aus der Natur in größeren Mengen für technische Anwendungen zu produzieren.

Das 2013 eröffnete Verarbeitungstechnikum Biopolymere Schwarzheide ist ebenfalls stark auf den industrienahe Maßstab ausgerichtet, mit dem Fokus auf Biopolymere, die zu Folien verarbeitet werden.

Im Forschungsbereich Polymermaterialien und Composite PYCO, der seit Januar 2016 besteht, werden hochvernetzte Polymere für Industriepartner entwickelt und im großtechnischen Maßstab unter anderem mit Prepreg- und Beschichtungsanlagen verarbeitet.

Forschung für die Zukunft

»In den kommenden 25 Jahren werden Innovationen im Bereich der Polymerforschung entstehen, indem Disziplinen wie Physik, Chemie, Biologie, Medizin, Informationstechnologie und Maschinenbau noch stärker miteinander verschmelzen. Durch diese Kombination werden Werkstoffe entstehen, die bisher nicht möglich erschienen und völlig neue Anwendungsgebiete eröffnen.«

Professor Alexander Böker, Leiter des Fraunhofer IAP

2000 – POTSDAM-GOLM

1992 – TELTOW



Since 1992 the Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP in Potsdam-Golm has been working with industry partners to advance polymer applications. In 2017 the Fraunhofer IAP had the pleasure of looking back at 25 successful years.

The Fraunhofer IAP was founded in 1992 in Teltow-Seehof as one of nine new Fraunhofer Institutes and Institutions established in the course of Germany's Reunification. Like most of these institutions, it emerged out of the GDR's Academy of Sciences (ADW). Two Fraunhofer Institutes were established from the ADW's institute of Polymer Chemistry in Teltow-Seehof: the Fraunhofer IAP and the Fraunhofer Institutions for Polymeric Materials and Composites PYCO. Today they are reunited. Fraunhofer PYCO, with its sites in Teltow and Wildau, became the Fraunhofer IAP's sixth research division in January 2016.

In 2000 the Fraunhofer IAP moved from Teltow to its new building in the Science Park Potsdam-Golm. It had already begun focusing on polymers made from renewable raw materials such as cellulose, starch and polysaccharides, and on synthetic polymers. Since then its repertoire of research services and application fields has been considerably enhanced. With seven research divisions, the Fraunhofer IAP now has a range of proven expertise in various fields of application.

Research and development on an industrial scale

2005 saw the grand opening of the Fraunhofer Pilot Plant Center for Polymer Synthesis and Processing PAZ in Schkopau, a joint initiative of the Fraunhofer Institute IAP in Potsdam-Golm and IMWS in Halle. The pilot plant center enables industry-relevant research on polymer synthesis and processing to be conducted on a ton scale.

In 2012 the Application Center for Innovative Polymer Technologies opened as part of the second expansion phase of the Fraunhofer IAP. A pilot plant for organic electronics allows for the manufacturing of larger sample series of flexible or rigid OLEDs and organic solar cells. Biotech processes are also able to be developed in a biotech pilot plant. These processes enable renewable raw materials, like starch, cellulose and lignin, to be more efficiently utilized and natural functional proteins to be produced in larger quantities for technical applications.

The Processing Pilot Plant for Biopolymers Schwarzheide opened in 2013. It is also designed for industry-relevant scales with a focus on biopolymers that are processed into films.

In the PYCO research division, which has been up and running since January 2016, highly crosslinked polymers are developed for industry partners and processed on an industrial scale using, for example, prepreg and coating machines.

Research for the future

“The next 25 years will see innovations in polymer research as a result of an increasing integration of disciplines such as physics, chemistry, biology, medicine, information technology and mechanical engineering. Combining these disciplines will create new materials that previously seemed impossible and unlock fully new application areas.”

Professor Alexander Böker, Director of the Fraunhofer IAP

NEUE PROFESSUR AN DER BTU COTTBUS - SENFTENBERG NEW CHAIR AT BTU COTTBUS - SENFTENBERG

Für das Fachgebiet »Biopolymere und Kunststoffverarbeitung« wurde Professor Johannes Ganster an die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg berufen. Der Leiter des Forschungsbereichs Biopolymere trat am 21. April 2017 sein Amt mit einer offiziellen Antrittsvorlesung zum Thema »Plaste und Elaste aus nachwachsenden Rohstoffen – Vision, Phantasterei oder Realität?« in Senftenberg an.

Die Studierenden des Masterstudiengangs Maschinenbau können die vielfältigen Möglichkeiten biobasierter Werkstoffe in Gansters Vorlesung sehr praxisnah erleben.

Ein großer Vorteil für die Studierenden ist es, dass sie im Verarbeitungstechnikum Biopolymere Schwarzheide, einer Abteilung des Forschungsbereichs Biopolymere, intensive praktische Erfahrungen sammeln können. Hier werden den Studierenden die wichtigsten Verarbeitungsverfahren für Kunststoffe im Technikumsmaßstab vermittelt. Über die Anbindung an das Fraunhofer IAP erhalten die Studierenden darüber hinaus Einblicke in die aktuelle angewandte Forschung auf diesem Gebiet. So soll der Blick der angehenden Ingenieure für Aspekte der Nachhaltigkeit geschärft werden.

»Mir ist wichtig, dass die künftigen Ingenieure praxisnah mit Materialien umgehen und neue Anwendungen erschließen können. Das setzt Stoffkenntnis auf dem Gebiet der Biopolymere, aber auch umfangreiches Wissen über das Verarbeitungsverhalten und gegebenenfalls über die biologische Abbaubarkeit voraus.«

Professor Johannes Ganster, Forschungsbereichsleiter Biopolymere

Sowohl die Professur an der BTU Cottbus-Senftenberg als auch das Verarbeitungstechnikum Biopolymere Schwarzheide werden von der Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen einer Kooperation maßgeblich finanziell unterstützt. Das Technikum arbeitet zudem aktiv im Kompetenznetzwerk zur Verarbeitung von Biopolymeren mit, das von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft gefördert wird.

Seit dem Beginn seiner beruflichen Laufbahn beschäftigt sich Johannes Ganster mit Polymeren. Von Anfang an ist er am Fraunhofer IAP beschäftigt, wo er 2006 die Leitung der Abteilung Materialentwicklung und Strukturcharakterisierung und 2013 zusätzlich die des Forschungsbereichs Biopolymere übernahm. Er beschäftigt sich seit etwa zehn Jahren mit biobasierten Kunststoffen, Polymermischungen und Verbundwerkstoffen mit dem Fokus auf Materialentwicklung, Polymerverarbeitung und Strukturcharakterisierung.



Professor Johannes Ganster was appointed to Biopolymers and Plastic Processing at BTU Cottbus - Senftenberg. The head of the Biopolymers research division assumes office on April 21, 2017 with an official inaugural lecture in Senftenberg entitled "Plastics and elastomers from renewable raw materials – vision, fantasy or reality?".

Ganster's lecture enables master students studying mechanical engineering to experience, in a practical way, the diverse range of possibilities offered by biobased materials.

Students can benefit greatly from the practical experience they acquire at the Fraunhofer Processing Pilot Plant for Biopolymers Schwarzheide, a department in Ganster's research division. Here students learn about the most important processing methods for plastics on a pilot plant scale. Accessibility to the Fraunhofer IAP means students also receive insight into the applied research currently being conducted in this area. This sharpens the awareness of up-and-coming engineers for aspects of sustainability.

"I feel it is important that future engineers are able to deal with materials on a practical level and to develop new applications. This requires knowledge about the biopolymeric materials as well as extensive expertise on processing behavior and, where applicable, biodegradability."

Professor Johannes Ganster, Division director Biopolymers

Within the framework of a cooperation, the Fraunhofer-Gesellschaft provides significant financial support for both the chair at BTU Cottbus - Senftenberg and the Processing Pilot Plant for Biopolymers Schwarzheide. The pilot plant also actively contributes in the Competence Network for the Processing of Biopolymers which is funded by the Agency for Renewable Resources (FNR) at the Federal Ministry of Agriculture.

Johannes Ganster has been studying polymers since the start of his professional career. Johannes Ganster has been working at the Fraunhofer IAP since the beginning. He became head of the Material Development and Structure Characterization department in 2006 and of the Biopolymers research division in 2013. In this capacity he has spent the last ten years studying biobased plastics, polymeric compounds and composite materials with a focus on material development, polymer processing and structure characterization.

NEUER FORSCHUNGSBEREICH FRAUNHOFER CAN NEW RESEARCH DIVISION FRAUNHOFER CAN

Das Centrum für Angewandte Nanotechnologie (CAN GmbH) wurde am 1. Januar 2018 als siebter Forschungsbereich in das Fraunhofer IAP integriert. Unter der Leitung des renommierten Chemikers Professor Horst Weller setzen die 23 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihre Forschungsarbeiten am Standort Hamburg fort. Im Fokus steht die Herstellung und Charakterisierung einer Vielzahl von Materialien in Form von Nanopartikeln und Nanocompositen.

Erste gemeinsame Projekte, die die Integration vorantreiben, sind beispielsweise die Entwicklung von Sicherheitsmerkmalen für den Plagiatschutz, von optischen Sensoren für Hyperspektralkameras oder Schnelltests in der medizinischen Diagnostik.

»Das Portfolio vom CAN ergänzt das Kompetenzspektrum des Fraunhofer IAP hervorragend, da die Expertisen beider Einrichtungen komplementär sind. Das ermöglicht uns eine Erweiterung der Aktivitäten in den Geschäftsfeldern Optoelektronik und Medizintechnik.«

Professor Alexander Böker, Leiter des Fraunhofer IAP

Kompetenzen

Nanopartikel, Oberflächenmodifikation und Charakterisierung

- fluoreszente Nanopartikel (Quantum Dots, Seltene Erden dotierte Nanopartikel)
- plasmonische Nanopartikel (Gold-Nanopartikel)
- magnetische Nanopartikel (Eisenoxide, Seltene Erden dotierte Nanopartikel)
- nanoskalige Füllstoffe und Strukturgeber (Oxide, Sulfate, Fluoride)
- nanostrukturierte Polymersysteme/-partikel
- (elektro-)katalytisch aktive Nanopartikel
- Oberflächenmodifikation spezifisch für jede Anwendung bzw. Matrix in der die Nanopartikel eingesetzt werden
- Charakterisierung der nanoskaligen Systeme mittels Mikroskopie, Spektroskopie und anderer Methoden nach SOP

Forschung und Entwicklung

Innovative Inhaltsstoffe für Kosmetika und Haushaltsprodukte

- Antischuppenwirkstoff
- Bakteriostatika und Fungizide
- antimikrobielle Cu- bzw. Mg-dotierte Zinkoxid-Nanopartikel
- Rheologieadditive für Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittel
- maßgeschneiderte Oberflächeneigenschaften für Nanopartikelsysteme
- Rheologieverstärker

Lebenswissenschaften/Nanomedizinische Anwendungen

- Detektion von Proteinen, Assayentwicklung
- Diagnostika
- Markermaterialien (Biolabel)

Materialwissenschaften

- Brennstoffzellen, Elektrokatalyse
- Sicherheitslabel
- Solarzellen
- Sensorik
- Beleuchtungs- und Displayanwendungen
- Dentalmaterialien
- (Magnet- und Röntgen-)Kontrastmittel
- Composit-/Hybridmaterialien



Prof. A. Böker, Prof. Dr. H. Weller (v.l.n.r.)

The Center for Applied Nanotechnology (CAN GmbH) was integrated into the Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP on January 1, 2018. Lead by the world-wide renowned chemist, Professor Horst Weller, the current staff of 23 employees will continue working on applied R&D topics at the location in Hamburg. Focusing on manufacturing and characterization of nanoscale materials in the form of particles and composites, distinct joint projects promote fast

integration. The projects range from development of security features/anti-counterfeiting taggants, optical sensors for hyperspectral cameras, to rapid tests used in medical diagnostics.

“CAN’s portfolio adds perfectly to the range of competencies offered by the Fraunhofer IAP, with the experts at both institutions building on complementary expertise. This enables us to expand our activities within the business areas of optoelectronics and medical technology.”

Professor Alexander Böker, Director of the Fraunhofer IAP

Research and development

Innovative ingredients for cosmetics and household products

- anti-dandruff ingredient
- bacteriostats and fungicides
- antimicrobial Cu- or Mg-doped zinc oxide nanoparticles
- rheological additives for detergents, care and cleaning agents
- tailor-made surface properties for nanoparticle systems
- rheology modifiers

Life sciences/nanomaterial applications

- detection of proteins, assay development
- diagnostics
- marker materials (biolabel)

Material sciences

- fuel cells, electrocatalysis
- security labels
- solar cells
- sensors
- lighting and display applications
- dental materials
- (magnetic and X-ray) contrast media/agent
- composite/hybrid materials

Competencies

Nanoparticles, surface modification and characterization

- fluorescent nanoparticles (quantum dots, rare earth doped nanoparticles)
- plasmonic nanoparticles (gold nanoparticles)
- magnetic nanoparticles (iron oxides, rare earth doped nanoparticles)
- nanoscale fillers and structuring agents (oxides, sulphates, fluorides)
- nanostructured polymer systems/particles
- (electro)catalytically active nanoparticles
- surface modification tailored to every application or matrix nanoparticles are used in
- characterization of nanoscale systems by microscopy, spectroscopy and other methods according to SOP



DAS FRAUNHOFER IAP IM ÜBERBLICK

FRAUNHOFER IAP AT A GLANCE

Das Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm bietet ein breites Spektrum an Forschungsleistungen rund um das Thema Polymere. Wir arbeiten daran, dass biobasierte und synthetische Polymere die wachsenden Anforderungen unserer Auftraggeber erfüllen. Die Endprodukte werden immer langlebiger, stabiler, säureresistenter, pflegeleichter, temperaturbeständiger, gesundheitsverträglicher, umweltfreundlicher, kostengünstiger, ... und immer energiesparender und einfacher in der Herstellung.

Wir entwickeln innovative und nachhaltige Materialien, Verfahren und Produkte, die speziell auf die Bedürfnisse der jeweiligen Anwendung zugeschnitten sind und schaffen die Voraussetzungen dafür, dass die entwickelten Verfahren nicht nur im Labormaßstab, sondern auch unter Produktionsbedingungen funktionieren.

Anwendungsfelder

Kunststoffindustrie, Leichtbau, Luft- und Raumfahrt, Automotive, Elektronik, Optik, Sicherheitstechnik, Energietechnik, Textilindustrie, Verpackungs-, Umwelt- und Abwassertechnik, Papier-, Bau- und Lackindustrie, Medizin, Pharmazie, Kosmetik, Biotechnologie

Leistungen

Synthese und Modifizierung von Polymeren, Materialentwicklung, Polymerverarbeitung, Scale-up bis in den Tonnenmaßstab, Prozessoptimierung, Technologie- und Verfahrensentwicklung, Oberflächenanalytik, Strukturcharakterisierung, Materialprüfung, Verwertung biogener Reststoffe, Biotechnologie, Beratung

Materialien

(Bio)Kunststoffe, faserverstärkte Composite, Elastomere, Thermoplaste, Thermosets, Leichtbauwerkstoffe, Harze, Kautschuk, optische und photosensitive Funktionsmaterialien, Quantum Dots, chromogene Polymere, Seltene Erden dotierte Nanopartikel, Edelmetallnanopartikel, polymere Oberflächen, funktionale Kolloide, Polymerdispersionen, Hydrogele, Tenside, Additive, Formgedächtnispolymere, biomedizinische Materialien, Funktionsproteine, proteinogene Materialien

Produkte

Fasern, biobasierte Carbonfasern, Folien, Nonwovens, Prepregs, gedruckte Elektronik, flexible OLEDs, flexible organische Solarzellen, Sensoren, Aktoren, polymerelektronische Bauelemente, Verdickersysteme, (nanoskalige) Elektrokatalysatoren, nanopartikelbasierte Tintensysteme, Mikrokapseln, Membranen, künstliche Augenhornhaut, Implantate, Drug delivery, Kosmetika, künstliche Blutgefäße (3D-Druck), Biosensoren



The Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm, Germany, offers a broad range of research on polymers. We work on biobased and synthetic polymers that meet the growing demands of our partners. The end products are becoming more durable and stable, more acid and heat resistant, easier to care for, healthier, more environmentally-friendly, more cost-effective ... as well as easier and more energy efficient to manufacture.

We develop innovative and sustainable materials, processes and products that are specifically tailored to the application's requirements. We also create conditions which ensure that the developed methods not only work on a laboratory scale, but also under production conditions.

Application fields

plastics industry, lightweight construction, aerospace, automotive, electronics, optics, security technology, energy technology, textile industry, packaging, environmental and waste water technology, paper, construction and paint industries, medicine, pharmacy, cosmetics, biotechnology

Services

synthesis and modification of polymers, material development, polymer processing, scale-up up to ton scale, process optimization, technology and process development, surface analysis, structural characterization, material testing, utilization of biogenic residues, biotechnology, consulting

Materials

(bio)plastics, fiber-reinforced composites, elastomers, thermoplastics, thermosets, lightweight materials, resins, rubber, optical and photo-sensitive, functional materials, quantum dots, chromogenic polymers, rare earth doped nanoparticles, precious metal nanoparticles, polymeric surfaces, functional colloids, polymer dispersions, hydrogels, surfactants, functional proteins, proteinogenic materials

Products

fibers, biobased carbon fibers, films, nonwovens, prepregs, printed electronics, flexible OLEDs, flexible organic solar cells, sensors, actuators, polymeric electronic components, thickener systems, (nanoscale) electrocatalysts, nanoparticle-based ink systems, microcapsules, membranes, artificial cornea, drug delivery, cosmetics, artificial blood vessels (3D printing)



PREPREG AND COATING PLANTS TETLOW AND WILDAU
 PREPREG AND COATING PLANTS SCHWARZEIDE
 PROCESSING PILOT PLANT FOR BIOPOLYMERS

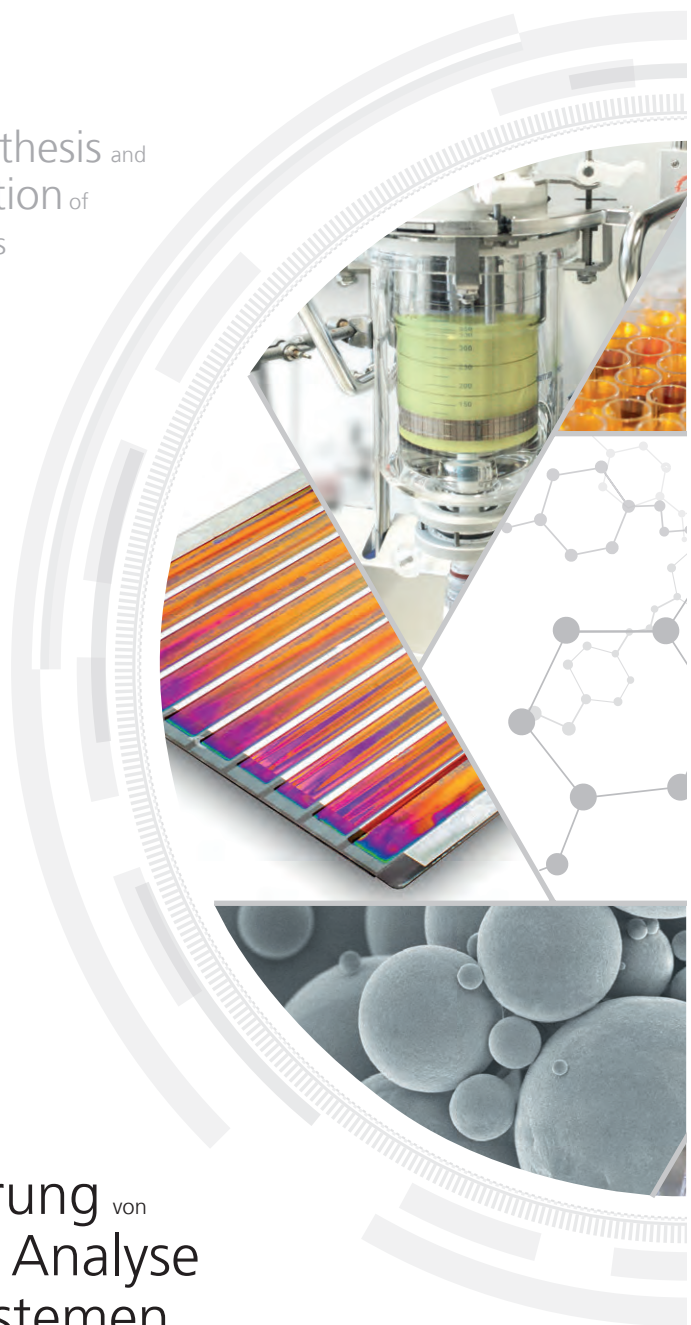
UNSERE KOMPETENZEN OUR COMPETENCES

Synthese und
Modifizierung
von (Bio)Polymeren
Synthesis and
Modification of
(Bio)Polymers

Druck- und
Dünnschicht-
technologien
Printing
and Thin Film
Technologies

Funktionalisierung von
Functionalization of
Surfaces
Oberflächen
Surfaces

Charakterisierung von
Materialien und Analyse
von Polymeren und partikulären Systemen
Characterization of Materials
and Analysis
of Polymers and particulate Systems

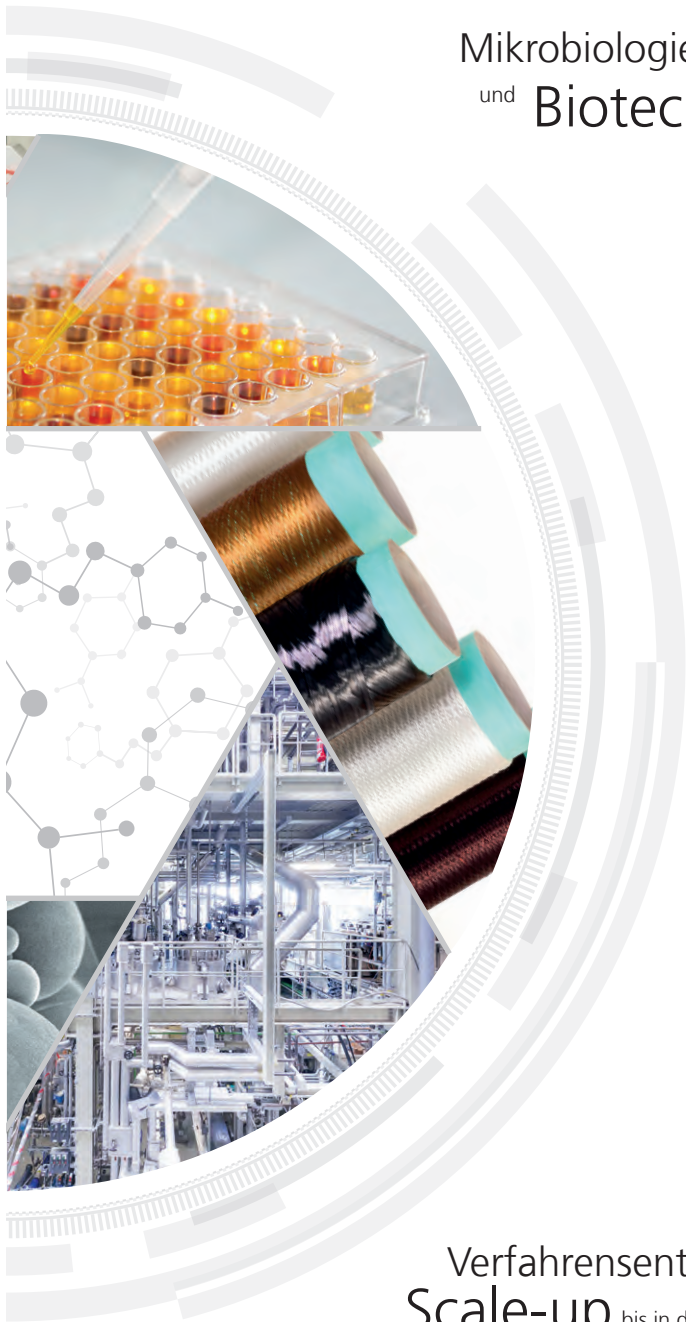


Mikrobiologie
und **Biotechnologie** Microbiology and
Biotechnology

Nanotechnologie
und Selbstassemblierung
Nanotechnology
and Self-assembly

Verarbeitung
aus Lösung und
Schmelze Processing
from Solution and Melt

Verfahrensentwicklung und
Scale-up bis in den Tonnenmaßstab
Process Development
and **Scale-up** up to Ton Scale



ORGANISATION | ORGANIZATION

STAND MÄRZ 2018 | STATUS MARCH 2018

Biopolymere | Prof. Dr. Johannes Ganster



Materialentwicklung und Strukturcharakterisierung | Material Development and Structure Characterization

Prof. Dr. Johannes Ganster

Telefon +49 331 568-1706
johannes.ganster@iap.fraunhofer.de



Lignocellulose | Lignocellulose

Dr. Bert Volkert

Telefon +49 331 568-1516
bert.volkert@iap.fraunhofer.de

Funktionale Polymersysteme | Dr. Armin Wedel



Funktionsmaterialien und Bauelemente | Functional Materials and Devices

Dr. Armin Wedel

Telefon +49 331 568-1910
armin.wedel@iap.fraunhofer.de



Polymere und Elektronik | Polymers and Electronics

Priv.-Doz. Dr. Silvia Janietz

Telefon +49 331 568-1208
silvia.janietz@iap.fraunhofer.de

Synthese- und Polymertechnik | Dr. Thorsten Pretsch



Formgedächtnispolymere | Shape-Memory Polymers

Dr. Thorsten Pretsch

Telefon +49 331 568-1414
thorsten.pretsch@iap.fraunhofer.de



Mikroverkapselung/Partikelanwendungen | Microencapsulation/ Particle Applications

Dipl.-Ing. Monika Jobmann

Telefon +49 331 568-1213
monika.jobmann@iap.fraunhofer.de

Life Science und Bioprozesse | Prof. Dr. Alexander Böker (acting)



Funktionale Proteinsysteme | Functional Protein Systems

Prof. Dr. Alexander Böker

Telefon +49 331 568-1112
alexander.boeker@iap.fraunhofer.de



Biomaterialien und Healthcare | Biomaterials and Healthcare

Dr. Joachim Storsberg

Telefon +49 331 568-1321
joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

Pilotanlagenzentrum PAZ* | Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke



Polymersynthese | Polymer Synthesis

Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke

Telefon +49 3461 2598-120
michael.bartke@iap.fraunhofer.de



Synthese und Produktentwicklung | Synthesis and Product Development

Dr. Ulrich Wendler

Telefon +49 3461 2598-210
ulrich.wendler@iap.fraunhofer.de

* gemeinsam betrieben mit dem Fraunhofer IMWS

Polymermaterialien und Composite PYCO | Dr. Christian Dreyer (acting)



Harzformulierung und Charakterisierung | Resin Formulation and Characterization

Dr. Christian Dreyer

Telefon +49 3328 330-284
christian.dreyer@iap.fraunhofer.de

Thermosets im Leichtbau | Thermosets for Lightweight Applications

Dr. Christian Dreyer (acting)

Telefon +49 3328 330-284
christian.dreyer@iap.fraunhofer.de

Zentrum für Angewandte Nanotechnologie CAN | Prof. Dr. Horst Weller



Prof. Dr. Horst Weller

Telefon +49 40 42838-3463
horst.weller@iap.fraunhofer.de



Quantenmaterialien | Quantum Materials

Dr. Jan Niehaus

Telefon +49 40 42838-8275
jan.niehaus@iap.fraunhofer.de



Institutsleiter | Director

Prof. Dr. Alexander Böker

Telefon +49 331 568-1112
alexander.boeker@iap.fraunhofer.de



Verwaltungsleiterin | Head of Administration

Dipl.-Ing. Marina Hildenbrand

Telefon +49 331 568-1157
marina.hildenbrand@iap.fraunhofer.de



Strategie und Marketing | Strategy and Marketing

Prof. Dr. Dieter Hofmann

Telefon +49 331 568-1114
dieter.hofmann@iap.fraunhofer.de

Biopolymers



Stärkemodifikation/Molekulare Eigenschaften | Starch Modification/Molecular Properties

Dr. Jens Buller

Telefon +49 331 568-1478
jens.buller@iap.fraunhofer.de



Fasertechnologie | Fiber Technology

Dr. André Lehmann

Telefon +49 331 568-1510
andre.lehmann@iap.fraunhofer.de



Verarbeitungstechnik Biopolymere Schwarzheide | Processing Pilot Plant for Biopolymers

Dipl.-Ing. Thomas Büsse

Telefon +49 331 568-3403
thomas.buesse@iap.fraunhofer.de

Functional Polymer Systems



Chromogene Polymere | Chromogenic Polymers

Dr. Christian Rabe

Telefon +49 331 568-2320
christian.rabe@iap.fraunhofer.de



Sensoren und Aktoren | Sensors and Actuators

Dr. Michael Wegener

Telefon +49 331 568-1209
michael.wegener@iap.fraunhofer.de

Synthesis and Polymer Technology



Polymersynthese | Polymer Synthesis

Dr. Antje Lieske

Telefon +49 331 568-1329
antje.lieske@iap.fraunhofer.de



Membranen und funktionale Folien | Membranes and Functional Films

Dr.-Ing. Murat Tutuş

Telefon +49 331 568-3211
murat.tutus@iap.fraunhofer.de

Life Science and Bioprocesses



Biologische Bausteine und Bioprozessentwicklung | Biological Building Blocks and Bioprocess Development

Dr. Maren Wandrey

Telefon +49 331 568-1330
maren.wandrey@iap.fraunhofer.de

Pilot Plant Center PAZ *



Scale-up und Pilotierung | Scale-up and Pilot Testing

Dipl.-Ing. Marcus Vater

Telefon +49 3461 2598-230
marcus.vater@iap.fraunhofer.de

* jointly operated with the Fraunhofer IMWS

Polymeric Materials and Composites PYCO



Strahlungs- und schnellhärtende Systeme | Radiation and Rapid Curing Systems

Dr. Mathias Köhler

Telefon +49 3328 330-278
mathias.koehler@iap.fraunhofer.de



Harzsynthese und Halbzeuge | Resin Synthesis and Semi-finished Components

Dr. Sebastian Steffen

Telefon +49 3328 330-246
sebastian.steffen@iap.fraunhofer.de

Center for Applied Nanotechnology CAN



Nanommedizinische Anwendungen | Nano-medical Applications

Dr. Theo Schotten

Telefon +49 40 42838-6873
theo.schotten@iap.fraunhofer.de



Home and Personal Care

Dr. Vesna Aleksandrovic-Bondzic

Telefon +49 40 42838-2090
vesna.aleksandrovic-bondzic@iap.fraunhofer.de



Nanoskalige Energie- und Strukturmaterialien | Nanoscale Energy and Structure Materials

Dr. Christoph Gimmler

Telefon +49 40 42838-4197
christoph.gimmler@iap.fraunhofer.de

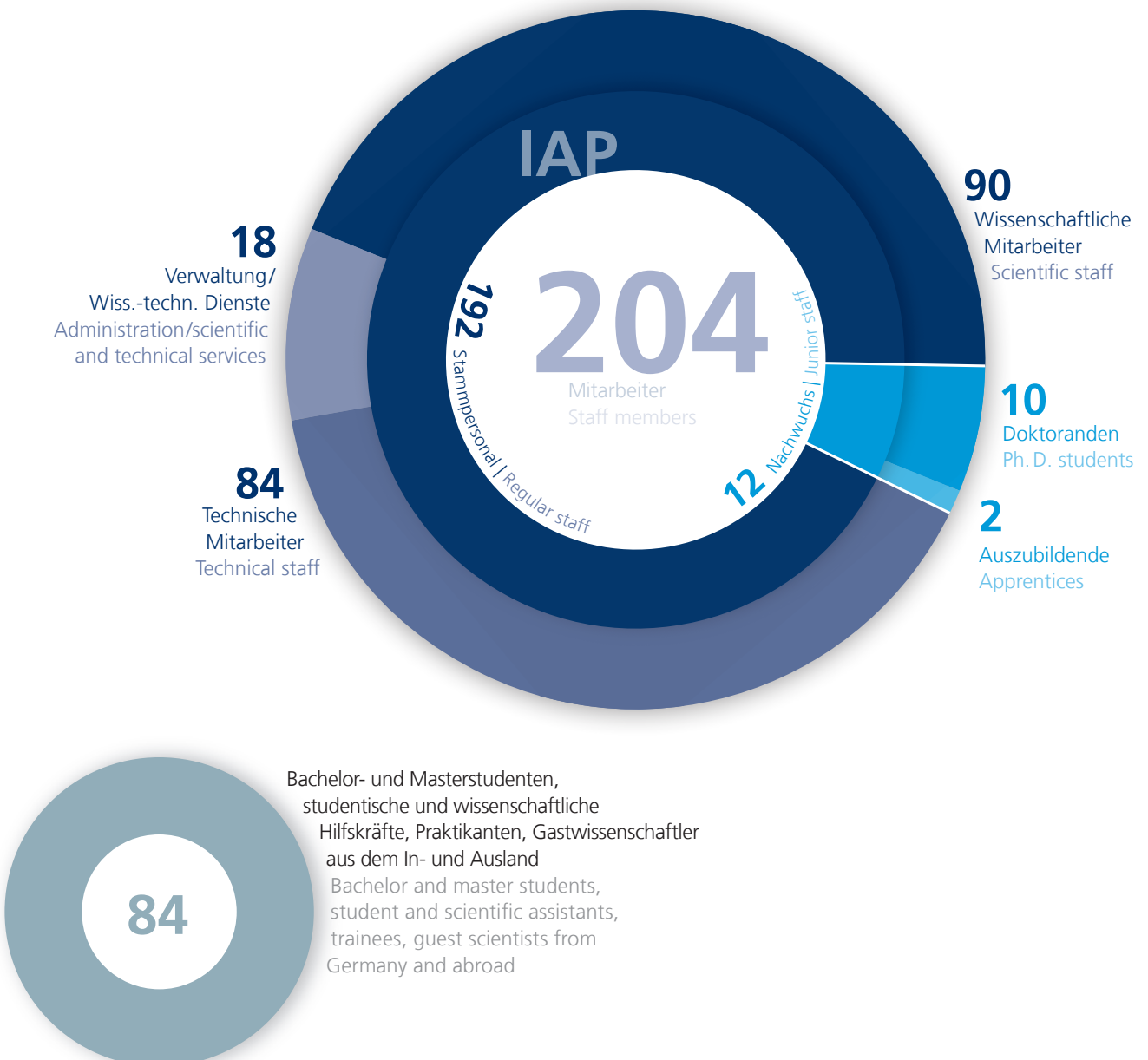
DAS INSTITUT IN ZAHLEN THE INSTITUTE IN FIGURES

Mitarbeiter des Fraunhofer IAP

Ende 2017 waren im Fraunhofer IAP insgesamt 204 Personen beschäftigt.

Human resources of the Fraunhofer IAP

At the end of 2017, the Fraunhofer IAP employed 204 people.



Betriebshaushalt

Im Jahr 2017 betrug der Betriebshaushalt 19,3 Millionen Euro. Die externen Erträge beliefen sich auf 14,4 Millionen Euro, davon 42,1 Prozent Erträge aus der Wirtschaft.

Investitionsaushalt

2017 wurden Investitionen in Höhe von 1,6 Millionen Euro getätigt. Angeschafft wurden u.a. ein Rasterelektronenmikroskop (400 000 Euro) sowie Geräte für biobasierte Funktionspolymere (380 000 Euro | 80 % EFRE-Mittel des Landes Brandenburg).

Operating budget

The operating budget for 2017 was approximately 19.3 million euros.

External income amounted to 14.4 million euros, 42.1 percent of this was income from industry.

Investment budget

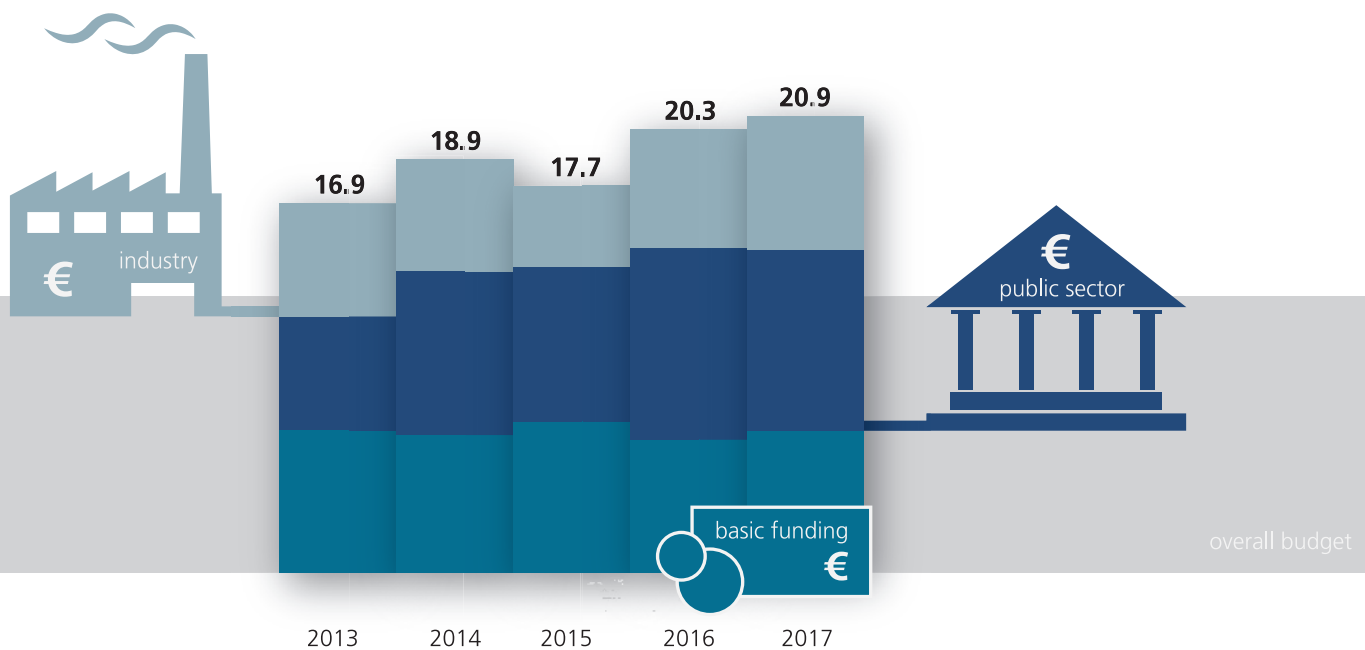
In 2017 investments amounted to 1.6 million euros. Among other things, a scanning electron microscope (400,000 euros) and equipment for biobased functional polymers (380,000 euros | 80 % from ERDF/European Regional Development Fund of the State of Brandenburg) were purchased.



Verwaltungsleiterin | Head of administration
Dipl.-Ing. Marina Hildenbrand

Telefon +49 331 568-1157
marina.hildenbrand@iap.fraunhofer.de

Kontakt Contact





KURATORIUM ADVISORY BOARD

Das Kuratorium berät und unterstützt die Organe der Fraunhofer-Gesellschaft sowie die Institutsleitung. Mitglieder des Kuratoriums des Fraunhofer IAP waren 2017:

The advisory board advises and supports the Fraunhofer-Gesellschaft as well as the institute's director. The following persons were members of the advisory board of the Fraunhofer IAP in 2017:

Prof. Dr. Thomas Müller-Kirschbaum

Vorsitzender des Kuratoriums
Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf

Prof. Dr. Herwig Buchholz

Merck KGaA, Darmstadt

Dr. Daniel Decker

Clariant Produkte (Deutschland) GmbH, Frankfurt am Main

Prof. Dr. Alex Dommann

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa,
St. Gallen (Schweiz)

Dr. Stefan Dreher

BASF SE, Ludwigshafen

Ministerialdirigent Carsten Feller

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur
des Landes Brandenburg

Dipl.-Ing. Ulrich Hamann

Bundesdruckerei GmbH, Berlin

Prof. Dr. Hans-Peter Heim

Universität Kassel

Dr. Claudia Herok

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur
des Landes Brandenburg

Dr. Steffen Kammradt

Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH (WFBB),
Potsdam

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. phil. Sabine Kunst

Präsidentin der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Christine Lang

ORGANOBALANCE GmbH, Berlin

Prof. Dr. Michael W. Linscheid

Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Reinhard Lorenz

Fachhochschule Münster, Steinfurt

Prof. Dr. Patrick O'Brien

Universität Potsdam

Prof. Dr. Friedhelm Pracht

Alfred Pracht Lichttechnik GmbH, Dautphetal

Dr. Felix Reiche

hesco Kunststoffverarbeitung GmbH, Luckenwalde

Dr.-Ing. Andreas Schütte

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow

Prof. Dr. Ulrich Schwaneberg

Institut für Biotechnologie, RWTH Aachen

Prof. Dr. Robert Seckler

Vizepräsident für Forschung und wissenschaftlichen
Nachwuchs der Universität Potsdam

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. (NUWM, UA) DSc. h. c. Jörg Steinbach
Hon.-Prof. (ECUST, CN)**

Präsident der Brandenburgischen Technischen Universität
Cottbus-Senftenberg

Prof. Dr.-Ing. Manfred H. Wagner

Technische Universität, Berlin

Dr. Bernd Wohlmann

Toho Tenax Europe GmbH, Wuppertal

RÜCKBLICK 2017

REVIEW 2017



Veranstaltung Funktionsintegration in Kunststoffe, VDI, Potsdam-Golm, 30.11.2017



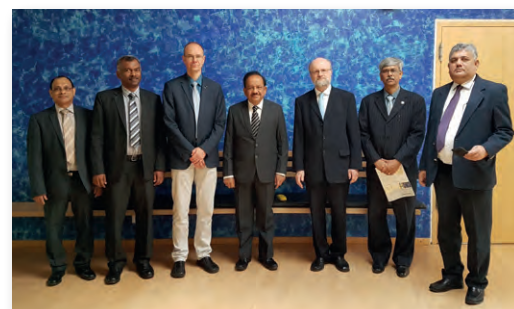
25 Jahre Fraunhofer OST, Dresden, 29.5.2017



Antrittsvorlesung von Prof. Johannes Ganster an der BTU Cottbus - Senftenberg, 21.4.2017



Firmenlauf Westlausitz 2017, Schwarzheide, 13.9.2017



Besuch des indischen Wissenschaftsministers Dr. Harsh Vardhan, Potsdam-Golm, 6.7.2017



5. Potsdamer Tag der Wissenschaften, Potsdam-Golm, 13.5.2017



Lange Nacht der Wirtschaft, Wildau, 23.6.2017



16. Schwarzheider Kunststoffkolloquium, Schwarzheide, 27.-28.9.2017



International Technology Exchange, Potsdam-Golm, 26.10.2017



Kick-off-Veranstaltung Leistungszentrum Funktionsintegration, Potsdam-Golm, 26.4.2017



Pearls-FORUM Wissenschaft und Gesellschaft, Potsdam-Golm, 6.7.2017



Besuch der brandenburgischen Wissenschaftsministerin Dr. Martina Münch und der IHK Präsidentin Beate Fernengel, Potsdam-Golm, 9.6.2017



Besuch von Dr. Manja Schüle (SPD), Potsdam-Golm, 22.2.2017



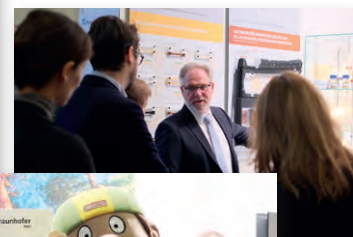
Preisverleihung – Hilal Bahececi und Matthias Müller erhalten den SEPAWA-Förderpreis, Berlin, 18.10.2017



8. Biopolymerkolloquium, Potsdam-Golm, 26.1.2017



Internationale Grüne Woche, Berlin, 20.–29.1.2017



DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Milliarden Euro. Davon fallen 2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

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

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

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

www.fraunhofer.de





Research of practical utility lies at the heart of all activities pursued by the Fraunhofer-Gesellschaft. Founded in 1949, the research organization undertakes applied research that drives economic development and serves the wider benefit of society. Its services are solicited by customers and contractual partners in industry, the service sector and public administration.

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains 72 institutes and research units. The majority of the 25,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of 2.3 billion euros. Of this sum, 2 billion euros is generated through contract research. More than 70 percent of the Fraunhofer Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Almost 30 percent is contributed by the German federal and state governments in the form of base funding, enabling the institutes to work ahead on solutions to problems that will not become acutely relevant to industry and society until five or ten years from now.

International collaborations with excellent research partners and innovative companies around the world ensure direct access to regions of the greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

With its clearly defined mission of application-oriented research and its focus on key technologies of relevance to the future, the Fraunhofer-Gesellschaft plays a prominent role in the German and European innovation process. Applied research has a knock-on effect that extends beyond the direct benefits perceived by the customer: Through their research and development work, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their local region, and throughout Germany and Europe. They do so by promoting innovation, strengthening the technological base, improving the acceptance of new technologies, and helping to train the urgently needed future generation of scientists and engineers.

As an employer, the Fraunhofer Gesellschaft offers its staff the opportunity to develop the professional and personal skills that will allow them to take up positions of responsibility within their institute, at universities, in industry and in society. Students who choose to work on projects at the Fraunhofer Institutes have excellent prospects of starting and developing a career in industry by virtue of the practical training and experience they have acquired.

The Fraunhofer-Gesellschaft is a recognized non-profit organization that takes its name from Joseph von Fraunhofer (1787–1826), the illustrious Munich researcher, inventor and entrepreneur.

www.fraunhofer.com

FRAUNHOFER-VERBUND MATERIALS

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS bündelt seit 20 Jahren die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Mit über 2.500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und einem Gesamthaushalt von jährlich ca. 500 Millionen Euro im Leistungsbereich Vertragsforschung ist er der größte Verbund innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfassen bei Fraunhofer die gesamte Wertschöpfungskette, von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien und Werkstoffe über die passenden Fertigungsverfahren im quasi-industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Werkstoffen hergestellten Bauteile und Produkte und deren Verhalten in den jeweiligen Anwendungssystemen.

In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors, Technika und Pilotanlagen stets gleichrangig Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt, dies über alle Skalen, vom Molekül über das Bauteil bis hin zum komplexen System und zur Prozesssimulation.

Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund MATERIALS den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab. Eine große Bedeutung haben in den letzten Jahren hybride Materialien und Verbundwerkstoffe gewonnen.

Mit strategischen Vorschauen unterstützt der Verbund die Entwicklung von Materialien und Technologien für die Zukunft.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den Verbundinstituten setzen ihr Know-how und ihre Expertise im Kundenauftrag vor allem in den Geschäftsfeldern Energie & Umwelt, Mobilität, Gesundheit, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen & Wohnen, Mikrosystemtechnik und Sicherheit ein. Sie sind national und international gut vernetzt und tragen in einer großen Spannweite zu werkstoffrelevanten Innovationen und Innovationsprozessen bei.

Mit der 2015 gegründeten Initiative Materials Data Space® (MDS) legt der Verbund eine Roadmap zu Industrie-4.0-tauglichen Werkstoffen vor. In der Digitalisierung von Werkstoffen entlang ihrer gesamten Wertschöpfungskette sieht der Verbund eine wesentliche Voraussetzung für den nachhaltigen Erfolg von Industrie 4.0. Mit dem Materials Data Space® verbindet sich das Konzept einer neuen Plattform, die unternehmensübergreifend digitale Informationen zu Materialien und Werkstoffeigenschaften entlang der gesamten Wertschöpfungskette bereitstellt.

Ziele des Verbunds sind:

- Unterstützung beschleunigter Innovationen in den Märkten unserer Kunden und Partner
- Erfolgssteigerung von Industrie 4.0 durch passende Werkstoffkonzepte (digitale Zwillinge, Materials Data Space®)
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik
- Verbesserung der Nutzung von Rohstoffen und Qualitätsverbesserung der daraus hergestellten Produkte, Recyclingkonzepte
- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen & Wohnen
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung, Energiespeicherung und -verteilung
- Verbesserung von Biokompatibilität und Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien, Verbesserung von Materialsystemen für medizinische Diagnose, Prävention und Therapie
- Verbesserung des Schutzes von Menschen, Gebäuden und Infrastruktur durch leistungsfähige Werkstoffe in spezifischen Schutzkonzepten

Mitglieder im Verbund sind die Fraunhofer-Institute für

- Angewandte Polymerforschung IAP
- Bauphysik IBP
- Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Chemische Technologie ICT
- Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE
- Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
- Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
- Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut EMI
- Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
- Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM
- Silicatiforschung ISC
- Solare Energiesysteme ISE
- Werkstoffmechanik IWM
- Windenergie und Energiesystemtechnik IWES
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

sowie als ständige Gäste die Institute für:

- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- Integrierte Schaltungen IIS
- System- und Innovationsforschung ISI
- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM

Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds:

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Fraunhofer-Institut für
Chemische Technologie ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
76327 Pfinztal

Stellv. Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds:

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur
von Werkstoffen und Systemen IMWS
Walter-Hülse-Straße 1
06120 Halle (Saale)

Geschäftsführung:

Dr. phil. nat. Ursula Eul

Telefon +49 6151 705-262
Fax +49 6151 705-214
ursula.eul@lbf.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit
und Systemzuverlässigkeit LBF
Bartningstraße 47
64289 Darmstadt

www.materials.fraunhofer.de

FRAUNHOFER GROUP MATERIALS

For 20 years now the Fraunhofer Materials and Components Group – MATERIALS has been integrating the expertise of the Fraunhofer Institutes working in the field of materials science.

With more than 2,500 scientists and a total annual budget of around 500 million euros in the area of contract research, it constitutes the largest group within the Fraunhofer-Gesellschaft.

Materials research and materials technology at Fraunhofer cover the entire value chain, from the development of new and the improvement of existing materials, through manufacturing technology on a quasi-industrial scale, up to the characterization of properties and assessment of service behavior. The same research scope applies to the components made from these materials and the way they function in systems.

In all these fields, experimental studies in laboratories, technical institutes and pilot facilities are complemented by equally important numerical simulation and modelling techniques – across all scales, from individual molecules and components up to complex systems and simulation of complete processes.

As far as materials are concerned, the Fraunhofer MATERIALS group covers the full spectrum of metals, inorganic non-metals, polymers, and materials made from renewable resources, as well as semiconductor materials. Over the last few years, hybrid materials have gained significantly in importance.

With strategic forecasts the Group supports the development of future-oriented technologies and materials.

The scientists working in the Group's institutes deploy their know-how and expertise on behalf of their customers specifically in the fields of energy & environment, mobility, healthcare, machine & plant construction, building construction & living, microsystems technology and safety. They are part of strong national and international networks and contribute towards material-related innovations and innovative processes in a wide range of working fields.

With the initiative Materials Data Space® (MDS) founded in 2015, the Group is presenting a roadmap towards Industry 4.0 enabled materials. Digitalization of materials along their entire value creation chain is viewed by the Group as a key requirement for the lasting success of Industry 4.0. The rationale behind the Materials Data Space® concept is to provide a new platform offering digital information about materials and material properties across multiple corporations along the entire value creation chain.

Objectives of the Group are:

- Supporting accelerated innovation in the markets in which our customers and partners are operating
- Promoting the success of Industry 4.0 through suitable material concepts (digital twins, Materials Data Space®)
- Increasing integration density and improving the usability properties of microelectronic devices and microsystems
- Improving the use of raw materials and improving the quality of the products manufactured from them, development of recycling concepts
- Enhancing safety and comfort and reducing resource consumption in the areas of transport, machine and plant construction, building & living
- Increasing the efficiency of systems in energy generation, energy conversion, energy storage and distribution
- Improving the biocompatibility and function of materials used in medical biotechnical devices, improving material systems for medical diagnosis, disease prevention and therapy
- Improving the protection of people, buildings and infrastructure through high-performance materials in tailored protection concepts

Members of the Fraunhofer Materials Group are the Fraunhofer Institutes for

- Applied Polymer Research IAP
- Building Physics IBP
- Ceramic Technologies and Systems IKTS
- Chemical Technology ICT
- Energy Economics and Energy System Technology IEE
- High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut, EMI
- Manufacturing Technology and Advanced Materials IFAM
- Mechanics of Materials IWM
- Microengineering and Microsystems IMM
- Microstructure of Materials and Systems IMWS
- Nondestructive Testing IZFP
- Silicate Research ISC
- Solar Energy Systems ISE
- Structural Durability and System Reliability LBF
- Wind Energy and Energy System Technology IWES
- Wood Research, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI

Associated Institutes:

- Industrial Mathematics ITWM
- Interfacial Engineering and Biotechnology IGB
- Integrated Circuits IIS
- Systems and Innovations Research ISI

Chairman of the Fraunhofer Group:

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Fraunhofer Institute for
Chemical Technology ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
76327 Pfinztal

Deputy Group Chairman:

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn

Fraunhofer Institute for Microstructure
of Materials and Systems IMWS
Walter-Hülse-Straße 1
06120 Halle (Saale)

Central office:

Dr. phil. nat. Ursula Eul

Phone +49 6151 705-262
Fax +49 6151 705-214
ursula.eul@lbf.fraunhofer.de
Fraunhofer Institute for Structural
Durability and System Reliability LBF
Bartningstraße 47
64289 Darmstadt

www.materials.fraunhofer.de/en

BIOPOLYMERE

BIOPOLYMERS

- 38** **Neue Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen**
New products made from renewable raw materials
- 42** **Anwendungen und Dienstleistungen**
Applications and services
- 46** **Biobasierte Composite mit Flammenschutz für Anwendungen in der Automobil- und Elektroindustrie**
Biobased composites for automotive and E&E applications
- 48** **Untersuchungen zum physikalischen Schäumen von Biopolymeren während des Extrusionsprozesses**
Investigations into the physical foaming behavior of biopolymers in the foam extrusion process

 | p | o | n | e | e | r | s | | i | n | | p | o | l | y | m | e | r | s |



NEUE PRODUKTE AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

Nachwachsende Rohstoffe stellen eine nahezu unerschöpfliche Quelle für verschiedenste Produkte der Wirtschaft und des täglichen Lebens dar, angefangen vom Papierzellstoff über Wellpappenklebstoffe, Textilprodukte (Baumwolle, Viskose), Wursthüllen, Brillengestellen, Zigarettenfiltern, Tablettengrundlagen bis hin zu Tapetenleim, um nur einige zu nennen. Das sind traditionelle Einsatzgebiete, die bereits heute ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit der Wirtschaft liefern und die eine Fülle von Optimierungsmöglichkeiten bieten, sowohl was die eigentlichen Produkte als auch deren Herstellungsverfahren betrifft. Hier ist der Forschungsbereich Biopolymere gemeinsam mit einer Reihe von Partnern aus der Industrie aktiv, um neue Möglichkeiten in die Praxis umzusetzen. Darüber hinaus beflügelt das gesellschaftlich immer mehr anerkannte Ziel der Nachhaltigkeit ganz neue Entwicklungen, auch für neue Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen im Sinne der Schonung fossiler Ressourcen und der Reduktion von Treibhausgasemissionen. Reststoffe aus der Agrarwirtschaft wie Stroh, Rübenschnitzel oder Haferspелzen spielen ebenso eine Rolle wie die klassischen Ausgangsstoffe Lignocellulose (z. B. Holz), Zellstoff, Lignin, Stärke und Proteine. Darüber hinaus werden (thermoplastische) Biokunststoffe wie Polylactid (PLA) oder Polybutylensuccinat (PBS) sowie deren Blends und Composite weiterentwickelt, um neue Anwendungen dieser Materialien zu erschließen.

Fasern und Vliesstoffe

Für die Herstellung von Fasern und Vliesstoffen sowie Folien, die aus Lösung gewonnen werden, stehen zwei modular aufgebaute und sehr variabel anpassbare Nass-Spinnlinien mit einer Kapazität von bis zu 1,5 Kilogramm Filamentgarn pro Stunde zur Verfügung. Es werden neue Verfahren entwickelt aber auch etablierte optimiert und an alternative Rohstoffe angepasst. Der Fokus liegt auf Celluloseregenerat-Technologien (Viskose, Lyocell, Carbat) von der Lösungsherstellung (Blaschke-Anlage) über das Ausspinnen des Garns oder Vlieses bis hin zur detaillierten mechanischen und strukturellen Charakterisierung (Röntgenbeugung, Elektronenmikroskopie). Für das Schmelzspinnen steht eine Bikomponentenanlage mit einer Abzugsgeschwindigkeit von bis zu 1800 m/min zur Verfügung, mit der industrielle Schmelzspinnprozesse abgebildet werden können. Im vergangenen Jahr standen Arbeiten

zur Entwicklung verschiedener Carbonfaser-Precursoren (Nassspinnen) sowie technischer PLA-Filamente und diverser Bikomponentenfasern im Vordergrund.

Stoffliche Nutzung von Lignin und Lignocellulosen

Lignin stellt einen massenweise verfügbaren Rohstoff aus der Zellstoffproduktion dar, der gegenwärtig in der Zellstoffindustrie vor allem energetisch verwertet wird. Die tatsächliche Verfügbarkeit als Lignin-Pulver erhöht sich derzeit enorm, sodass stoffliche Anwendungen in den Fokus des Interesses rücken. Solche Möglichkeiten werden im Forschungsbereich auf den Gebieten der Thermosets, der Klebstoffe und der Thermoplaste (hier mit Lignin als Blendkomponente) intensiv verfolgt. 2017 wurde beispielsweise die Wechselwirkung verschiedenster Lignine mit maleierten Polyolefinen zur Optimierung der Blend-Grenzflächen detailliert untersucht.

Die Überführung lignocellulosischer Komponenten aus Restströmen in thermoplastisch verarbeitbare Materialien stellt einen weiteren Ansatz zur Nutzung biobasierter Roh- bzw. Reststoffe dar. Ausgehend von Erfahrungen bei der Veresterung von Lignocellulose in ionischen Flüssigkeiten wurden kostengünstigere Reaktionsmechanismen identifiziert und auf Bagasse als Rohstoff angewendet. Die anschließende thermoplastische Verarbeitung und Materialtestung zeigten die Tragfähigkeit dieses Ansatzes.

Cellulose und Polysaccharidderivate

Die heterogene und homogene Derivatisierung von Cellulose, Stärke und weiterer Polysaccharide sowie von Lignin zur gezielten Einstellung gewünschter Produkteigenschaften stellt ein Gebiet dar, auf dem eine Reihe von Spezialprodukten für verschiedene Anwendungsfelder entwickelt werden. Verfahren zur Herstellung von sphärischen Partikeln im Nanometerbereich bis hin zu perlförmigen Trenn- und Trägermaterialien im Mikrometerbereich, Folien mit Barriereigenschaften, Verdickungsmittel, Adsorber, Thermoplaste und Duroplaste sowie Derivate für den Einsatz in der Medizin wurden bis zur Überführungsreife entwickelt. Durch die Erzeugung von spezifischen Substitutionsmustern an den freien OH-Gruppen in den Zuckereinheiten der Polysaccharide bzw. an den aliphatischen oder aromatischen Einheiten im Lignin kann das Eigenschaftsprofil der Endprodukte hydrophil oder hydrophob variiert werden.



Die Arbeiten an neuen Derivaten sind in der Regel mit einer Prozessentwicklung gekoppelt, die bis in den Technikumsmaßstab (50L-Reaktor) reicht.

Technische Stärkeprodukte

Der Rohstoff Stärke bietet ein sehr vielfältiges Entwicklungspotenzial. Neben der chemischen Derivatisierung können seine Eigenschaften auch mittels physikalischer, säurehydrolytischer und enzymatischer Behandlung zielgerichtet eingestellt werden. Außerdem wird insbesondere die biokatalytische Funktionalisierung zunehmend an Bedeutung gewinnen. In Abhängigkeit von der molekularen Struktur ist Stärke für eine Vielzahl von Anwendungen einsetzbar, z. B. für biobasierte Verpackungsmittel, Wellpappe, Klebstoffe, Beschichtungen, Bindemittel und Flockungsmittel. Auch im klassischen Anwendungsfeld der Papierherstellung werden neue kostengünstige biobasierte Lösungen beispielsweise im Bereich des Barrierecoatings gesucht. Hier werden sowohl bilaterale Projekte mit Industriepartnern als auch von der öffentlichen Hand geförderte Projekte in Zusammenarbeit mit der Industrie bearbeitet. Weitere aktuelle Entwicklungen betreffen Stärke- und Proteinprodukte mit dem Vermögen zur Bildung transparenter, flexibler und reißfester Schichten für wasserlösliche und wasserstabile Filme und Beschichtungen für verschiedene Substrate.

Carbonfasern und Composite

Konsequenter Leichtbau als eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts ist ohne die Verwendung von Carbonfasern undenkbar. Neben den hohen Herstellungskosten der Verbundwerkstoffe stellen die hohen Kosten für die Verstärkungsfasern selbst ein bedeutendes Hindernis dar. Im Forschungsbereich werden alternative, insbesondere auch biobasierte, Precursor-systeme entwickelt, versponnen und zu Carbonfasern konvertiert. Für die Konvertierung stehen zwei Dreizonenöfen bis 900 °C, ein Carbonisierungssofen mit 6 Zonen bis 2000 °C und ein einzoniger Ofen bis 2500 °C zur Verfügung. Über die spannungsgeregelten Fadenführungen können Multifilamentgarne während der Prozesse gezielt deformiert und so optimierte Konvertierungsregimes realisiert werden. Im vergangenen Jahr erfolgten detaillierte Prozessoptimierungen ausgehend von selbst ersponnenen alternativen Precursormaterialien.

Faserverstärkte biobasierte oder partiell biobasierte Spritzguss-Compounds mit cellulosischer Verstärkung bilden seit langem ein Thema im Forschungsbereich Biopolymere. Einerseits werden lignocellulose Produkte aus Restströmen (z. B. Bagasse) aufbereitet und auf deren Eignung zur Verstärkung von Thermoplasten hin untersucht und entsprechende Rezepturen und Verfahren entwickelt. Andererseits spielen Cellulose regenerat-fasern als Verstärkungsmaterial nach wie vor eine wichtige Rolle. Besonders, im Vergleich zu PLA höher schmelzende, (teil-) biobasierte Thermoplaste wie Terephthalsäurepolyester sind eine Herausforderung für die Cellulose regenerat-faserverstärkung, die im vergangenen Jahr angegangen wurde.

Engagement in der Lausitz

Das Verarbeitungstechnikum Biopolymere des Fraunhofer IAP am Standort Schwarzeiche in der Lausitz bildet die wichtigsten, in der Kunststoffindustrie üblichen Verarbeitungsverfahren ab. In enger Kooperation mit den Unternehmen werden Lösungen erarbeitet, um die anwendungsspezifischen Anforderungen auf der Basis biobasierter bzw. bioabbaubarer Materialsysteme zu erfüllen und Verarbeitungsverfahren zu validieren. Studierende der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg nutzen die praktischen Möglichkeiten vor Ort, um verarbeitungstechnische Erfahrungen mit Biokunststoffen zu sammeln. Dies geschieht in Zusammenhang mit der zum Sommersemester 2017 durch den Forschungsbereichsleiter angetretenen Professur »Biopolymere und Kunststoffverarbeitung« an der BTU und der entsprechenden Vorlesung »Biobasierte Werkstoffe«.

NEW PRODUCTS MADE FROM RENEWABLE RAW MATERIALS

Renewable raw materials represent a nearly inexhaustible resource for a variety of products for industry and day-to-day life. These include paper pulp, corrugated cardboard adhesives, textiles (cotton, viscose), sausage casings, frames for glasses, cigarette filters, basic substances for pills and wallpaper glue to name just a few. These are traditional areas of application that are already contributing to economic sustainability and which provide a host of opportunities for optimization, both in terms of the actual product and in terms of its production process. The Biopolymers research division cooperates with a range of industry partners to implement these new opportunities. Sustainability has become an increasingly more socially accepted goal and is inspiring completely new developments, also for new products made from renewable raw materials through the conservation of fossil resources and the reduction of greenhouse gas emissions. Residual materials from agriculture, like straw, beet pulp and oat spelt, play an integral role as the traditional feedstocks lignocellulose (e.g. wood), pulp, lignin, starch and proteins. Furthermore, (thermoplastic) bioplastics, such as polylactide (PLA) or polybutylene succinate (PBS) and their blends and composites, are being further developed to create new applications for these materials.

Fibers and nonwovens

Two modular and flexibly adaptable wet spinning lines with capacities of up to 1.5 kilograms of filament yarn per hour are used to produce fibers, nonwovens and films from solution. New methods are being developed and those already established are being optimized and adapted for alternative raw materials. Focus is on cellulose regenerate technologies (viscose, Lyocell, carbamate) ranging from the production of the solution (Blaschke plant), to the spinning of the yarn or nonwoven and detailed mechanical and structural characterization (x-ray diffraction, electron microscopy). Melt spinning is performed in a bicomponent plant with a haul-off speed of up to 1800m/min. This allows us to simulate industrial melt spinning processes. Our work this past year has focused on developing various carbon fiber precursors (wet spinning), technical PLA filaments, and a range of bicomponent fibers.

Material use of lignin and lignocellulose

Lignin is an abundant raw material left over from pulp production. Currently it is being energetically recycled by the pulp industry. There has been a vast increase in its availability as a lignin powder so that attention is now moving towards material applications. The research division is intensively pursuing such opportunities in the areas of thermosets, adhesives and thermoplastics (here using lignin as a blending component). In 2017 the interaction between various lignins and maleated polyolefins was investigated in-depth in order to optimize the boundary layers of the blend.

Another way of using biobased raw and residual materials is to turn lignocellulosic components from residual flows into processable thermoplastic materials. Our experience with the esterification of lignocellulose in ionic liquids enables us to identify less expensive reaction mechanisms and to use these as bagasse-based raw materials. Subsequent thermoplastic processing and materials testing demonstrate the sustainability of this process.

Cellulose and polysaccharide derivatives

Cellulose, starch, other polysaccharides and lignin are heterogeneously and homogeneously derivatized to produce the desired product properties. This is an area in which a range of specialty products is being developed for different fields of application. Processes for producing nanometer-sized spherical particles and micrometer-sized pearl-shaped separation and carrier materials, films with barrier properties, thickeners, adsorbents, thermoplastics, thermosets, and derivatives for medical applications are being developed until they are ready for technology transfer. The property profile of the end product can be hydrophilically or hydrophobically varied by creating specific substitution patterns in the free OH groups in the sugar units of the polysaccharides or in the aliphatic or aromatic units of the lignin. Research on new derivatives is usually coupled with the development of processes up to the pilot plant scale (50L reactor).

Technical starch products

Starch is a raw material that has a very versatile potential for development. In addition to chemical derivatization, its properties can also be tailored through physical, acid hydrolytic and enzymatic treatment. Furthermore, biocatalytic functionalization plays an increasingly important role. Depending on its molecular structure, starch can be used in a variety of applications, for example for biobased packaging, corrugated cardboard adhesives, coatings, binding agents and flocculants. New cost-effective biobased solutions are even being sought in the traditional application field of paper manufacturing, for instance, in the area of barrier coatings. Here we conduct bilateral projects with industrial partners and collaborate with industry on publicly funded projects. Other developments include starch and protein products that are able to form transparent, flexible and tear-resistant layers for water soluble and water stable films and coatings for different substrates.

Carbon fibers and composites

Consistent light weight construction is a key technology of the 21st century and would be unimaginable without carbon fibers. In addition to the high cost of producing the composite material, the high cost of the reinforcement fibers constitutes, in and of itself, a major obstacle. In the research division, alternative – in particular biobased – precursor systems are developed, spun and converted to carbon fibers. The conversion process is conducted in two three-zone ovens with a heating capacity of up to 900°C, in a six-zone carbonization oven with a heating capacity of up to 2000°C, and in a one-zone oven that can heat to up to 2500°C. The tension-regulated thread guides enable multi-filament yarns to be deformed during the process, resulting in optimized conversion regimes. Detailed process optimization was carried out last year based on alternative self-spun precursor materials.

Fiber-reinforced biobased or partially biobased injection molding compounds with cellulose reinforcements have been a long-standing focus of the Biopolymers research division. Lignocellulose products made from waste streams (e.g. bagasse) are processed, their suitability as reinforcements for thermoplastics is verified,

and corresponding formulations and processes are developed. At the same time, regenerated cellulose fibers continue to play an important role as a reinforcement material. Particularly (partially) biobased thermoplastics that have a higher melting point than PLA, such as polyamides or terephthalic acid polyesters, pose a challenge for regenerated cellulosic fiber reinforcements, which was tackled last year.

Activities in the Lausitz region

Located in Schwarzheide in the Lausitz region, the Fraunhofer IAP's Processing Pilot Plant for Biopolymers meets the challenges of one of the most important processing methods common to the plastics industry. Here we develop solutions in close cooperation with companies in order to fulfil the application-specific requirements of biobased and biodegradable material systems and to validate processing methods. Students at the Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg take advantage of the practical opportunities on site in order to gain experience in the processing of bioplastics. This is done in conjunction with the chair Biopolymers and Plastic Processing at BTU, which was assumed by the head of the research division in summer semester 2017, and the corresponding lecture Biobased Materials.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Cellulose-/ Hemicelluloseprodukte

- Anti-Graffiti-Beschichtung
- Bakteriencellulose
- bioabbaubare Hochabsorber für Hygieneartikel und Kosmetik
- biokompatible Symplex-Kapseln für Biotechnologie und Pharmazie
- blutverträgliche oder gerinnungsfördernde Additive und Beschichtungen für die Medizin
- Cellulosederivate aller Art (Ether, Ester, ...)
- Flockungsmittel für die Papierindustrie, Wasser- und Abwasserreinigung
- Percellulosen als Trenn- und Trägermaterialien für Pharmazie und Medizin
- Symplex-Membranen für destillationsfreie Lösungsmitteltrennung in der chemischen Industrie und der Lebensmittelindustrie
- Viskositätsregulatoren und Dispersionsstabilisatoren für die Kosmetik-, Lebensmittel-, Farb- und Baustoffindustrie sowie für die chemische Industrie
- Hydrogele und Aerogele

Syntheseverfahren

- neue Synthesewege für Polysaccharidether und -ester
- Optimierung von Homogen- und Heterogensynthesen
- Synthese von Cellulosecarbamat und Cellulosesulfaten
- Scale-up von Synthesen bis zum 50 L-Maßstab für Heterophasen-Reaktionen
- Verfahren zur Herstellung von Cellulosemischderivaten

Verformungsverfahren für Cellulose

Viskose-Verfahren

- Eignungstests von Zellstoffen
- Filamentgarne und Stapelfasern
- Folien und Schläuche (Wursthüllen)
- Hohlfasern

Carbamat-Verfahren

- Filamentgarne und Stapelfasern
- Hochfestfasern und Nonwovens aus LC-System CC-NMMO-Wasser
- hochporöse Aerogel-Materialien (Dichte um $0,05 \text{ g/cm}^3$)
- Hohlfasern, Schläuche, Folien
- Synthese von Cellulosecarbamat

Lyocell-Verfahren

- Verpackungen, Membranen, Blasfolien für Wursthüllen
- Filamente und Fasern
- Meltblown Nonwovens

Stärkeprodukte

- amphiphile Stärkederivate
- Barrierecoatings
- Baustoffadditive
- Bindemittel für Gipskarton- und Mineralfaserplatten
- Bindemittel für Farben und Lacke
- Flockungsmittel zur Abwasserreinigung und Schlammmentwässerung
- funktionelle Lebensmittelzusatzstoffe: Dickungsmittel, Bindemittel und Gelbildner
- hydrophobe Stärken für Dispersionsklebstoffe
- Klebemittel für Holzfasersplatten
- Papier- und Textilhilfsmittel (Schlichten)
- Stärkederivate in Kosmetik, Wasch- und Reinigungsmitteln
- Stärkederivate zur Folienherstellung
- Stärkeether für Mikroverkapselung
- Stärkeester für Spritzgussanwendungen und Folienherstellung
- Tablettierhilfsmittel, Mikroverkapselung für die Pharmaindustrie
- Klebstoffe und Coatings für verschiedene Materialien
- vernetzte Stärken

Verfahrensentwicklung

- Kombination von enzymatischen und chemischen Verfahrensstufen
- Reaktivextrusion von Stärke
- Verfahren zur Herstellung von bisubstituierten Stärkederivaten



Forschungsbereichsleiter | Division director
Prof. Dr. Johannes Ganster

Ligninmaterialien

- Ligninanalytik und Strukturcharakterisierung
- Ligninisolierung
- Ligninextraktion und Fraktionierung
- Derivatisierung von Lignin
- Lignin als Precursormaterial für Carbonfasern
- Anwendung in thermoplastischen Systemen und Compositen
- Lignin für Duomere und Composite

Biobasierte thermoplastische Blends und Composite

- Nano-Additivierung von Polylactid (PLA) und biobasierten Polyamiden
- PLA, Stärke und Lignin als Blendkomponenten
- schmelzgesponnene Biopolymerfasern
- biobasierte meltblown Vliesstoffe
- Spritzgusscompounds mit verbesserten Eigenschaften
- biobasierte Folien mit verbesserten Barriereigenschaften
- naturfaserverstärkte Composite
- Cellulose-Rayon verstärkte Composite
- faserverstärkte Spritzgusscompounds

Kunststoffverarbeitung

Verarbeitungsverfahren

- Blasfolien-Herstellung
- Blasformverfahren/Ein- und Zweischichtaufbau
- Charakterisierung und Optimierung von Verarbeitungseigenschaften und -verfahren
- Compoundieren und Additivieren von Kunststoffen
- Flachfolien-Herstellung/ 3-Schicht-Folien
- Materialerprobung und -optimierung
- Strangextrusion und Granulierung
- Spritzgießen
- Thermoformen inklusive Folienherstellung
- 3D-Druck/Fused Deposition Modeling (FDM) inklusive 3D-Druck-Filamentherstellung

Rohstoffuntersuchung, Materialcharakterisierung und -prüfung

- Bestimmung der Emission flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) nach VDA 277
- Charakterisierung der Morphologie und der übermolekularen Struktur von Polymeren

- Charakterisierung von nativen und modifizierten Biopolymeren wie Cellulose, Stärke, Heteropolysacchariden, Chitosan, Lignin
- Charakterisierung von Polymerlösungen (Molmassenverteilung, Rheologie)
- Charakterisierung von Sorptionseigenschaften, Poren und inneren Oberflächen
- chemische Analyse organischer und anorganischer Substanzen und Substanzgemische
- chemisch-physikalische Charakterisierung von Polymeren
- einsatzorientierte Prüfung
- Materialprüfung von Fasern, Folien und Formkörpern
- Stofftransport- und Trenneigenschaften von Membranen und Trägermaterialien
- Substitutionsgrade und -muster von Polysacchariden (u. a. NMR)
- Zusammenhänge zwischen Herstellungsbedingungen, Strukturen und Eigenschaften
- Barriereigenschaften (Wasserdampf, Sauerstoff)

Materialentwicklung und Strukturcharakterisierung
Material Development and Structure Characterization

Prof. Dr. Johannes Ganster

Telefon +49 331 568-1706

Fax +49 331 568-3000

johannes.ganster@iap.fraunhofer.de

Lignocellulose

Lignocellulose

Dr. Bert Volkert

Telefon +49 331 568-1516

Fax +49 331 568-33-1516

bert.volkert@iap.fraunhofer.de

Stärkemodifikation/

Molekulare Eigenschaften

Starch Modification/

Molecular Properties

Dr. Jens Buller

Telefon +49 331 568-1478

Fax +49 331 568-3000

jens.buller@iap.fraunhofer.de

Fasertechnologie

Fiber Technology

Dr. André Lehmann

Telefon +49 331 568-1510

Fax +49 331 568-3000

andre.lehmann@iap.fraunhofer.de

Verarbeitungstechnikum

Biopolymere Schwarzheide

Processing Pilot Plant

for Biopolymers Schwarzheide

Dipl.-Ing. Thomas Büsse

Telefon +49 331 568-3403

Fax +49 357 526-3170

thomas.buesse@iap.fraunhofer.de

APPLICATIONS AND SERVICES

Cellulose/hemicellulose products

- anti-graffiti coatings
- bacterial cellulose
- biodegradable superabsorbers for hygiene articles and cosmetics
- biocompatible symplex capsules for biotechnology and pharmacy
- blood-compatible additives, coagulants and coatings for medicine
- cellulose derivatives of all types (ethers, esters, ...)
- flocculants for the paper industry, water purification and wastewater treatment
- bead cellulose as separating agent and carrier material for pharmacy and medicine
- symplex membranes for distillation-free solvent separation in the chemical and food industries
- viscosity regulators and dispersion stabilizers for cosmetics, food, dye, construction material, and chemical industries
- hydrogels and aerogels

Synthesis processes

- new synthesis routes for polysaccharide ethers and esters
 - optimization of homogeneous and heterogeneous syntheses
 - synthesis of cellulose carbamate and cellulose sulfates
 - upscaling of syntheses to 50 L scale for heterophase reactions
 - process for the production of mixed cellulose derivatives
-

Cellulose forming processes

Viscose technology

- screening tests for cellulose pulps
- filament yarns and staple fibers
- films and tubes (sausage casings)
- hollow fibers

Carbamate technology

- filament yarns and staple fibers
- high-tenacity fibers and nonwovens from LC system CC-NMMO-water
- highly porous aerogel-like materials (density about 0.05 g/cm³)
- hollow fibers, tubes, films
- synthesis of cellulose carbamate

Lyocell technology

- packaging, membranes, blown films for sausage casings
 - filaments and fibers
 - meltblown nonwovens
-

Starch products

- amphiphilic starch derivatives
- barrier coatings
- additives for building materials
- binders for gypsum plaster boards and mineral fiber boards
- binders for paints and varnishes
- flocculants for wastewater treatment and sludge dewatering
- functional food additives: thickening agents, binders and gelling agents
- hydrophobic starches for dispersion adhesives
- adhesives for wood fiberboards
- paper and textile additives (sizing)
- starch derivatives in cosmetics, detergents and cleaning agents
- starch derivatives for film production
- starch ether for microencapsulation
- starch ester for injection molding and film production
- tableting aid, microencapsulation for the pharmaceutical industry
- adhesives and coatings for various materials
- crosslinked starches

Process development

- combination of enzymatic and chemical process steps
- reactive extrusion of starch
- process for production of bi-substituted starch derivatives

Lignin materials

- lignin analysis and structure characterization
- isolation of lignin
- lignin extraction and fractionation
- derivatization of lignin
- lignin as precursor for carbon fibers
- application in thermoplastic systems and composites
- lignin for thermosets and composites

Biobased thermoplastic blends and composites

- nano additives for polylactide (PLA) and biobased polyamides
- PLA, starch, and lignin as blend components
- melt spun biopolymer fibers
- biobased meltblown nonwovens
- injection molding compounds with improved properties
- biobased films with improved barrier properties
- natural fiber-reinforced composites
- cellulose rayon reinforced composites
- fiber-reinforced injection molding compounds

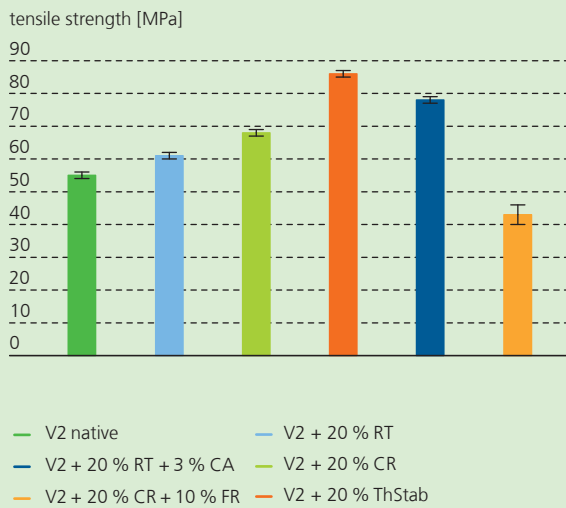
Polymer processing

Processing methods

- blown film production
- blow molding/one and two layers
- characterization and optimization for processing properties and technique
- compounding and additivation of polymers
- flat film production (3 layers)
- testing and optimization of plastic materials
- extrusion and granulation
- injection molding
- thermoforming and thermoform film production
- 3D printing/fused deposition modeling (FDM) and production of 3D printing filament

Feedstock analysis, material characterization and testing

- determination of the emission of volatile organic compounds (VOC) according to VDA 277
- characterization of the morphology and the supra-molecular structure of polymers
- characterization of native and modified biopolymers like cellulose, starch, heteropolysaccharides, chitosan, lignin
- characterization of polymer solutions (molecular mass distribution, rheology)
- characterization of sorption properties, pores and inner surfaces
- chemical analysis of organic and inorganic substances and mixtures
- chemico-physical characterization of polymers
- application-oriented testing
- material testing of fibers, films and molded parts
- mass transport and separation properties of membranes and carrier materials
- degree of substitution and substitution pattern of polysaccharides (e. g. NMR)
- relationships between production conditions, structures and properties
- barrier properties (water vapor, oxygen)



- 1 Tensile strength of selected composites.
- 2 Outer fiber strain of selected composites.
- 3 Composite flammability test (UL 94).

1

Biobasierte Composite mit Flammenschutz für Anwendungen in der Automobil- und Elektroindustrie

In einem laufenden Projekt werden derzeit verschiedene PBT-(Polybutylenterephthalat) und PPT-(Polypropylenterephthalat) Typen unterschiedlicher Hersteller im Doppel-Pultrusions-Verfahren zu kurzfaserverstärkten Compositen verarbeitet. Den Industriepartnern geht es nicht nur darum, die mechanischen Charakteristika weiter zu verbessern, sondern, je nach Anwendungsfall, unter anderem auch die Wärmeformbeständigkeit und die Brenneigenschaften den jeweiligen Anforderungen anzupassen.

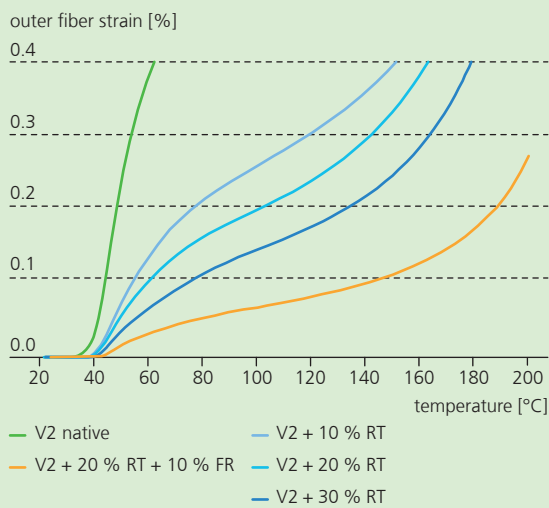
Im Fraunhofer IAP wurden bisher Composite aus drei Matrixmaterialien, vier kommerziell erhältlichen Haftvermittlern, vier Flammenschutzmitteln, drei Verarbeitungshilfen und zwei Stabilisatoren hergestellt, zu Prüfkörpern verspritzt und charakterisiert. Als Fasermaterial wurden drei Typen von Cellulose-Regeneratfasern der Cordenka GmbH eingesetzt.

Verarbeitet wurden die Fasertypen RT 700(RT) und CR sowie ein speziell für hohe thermische Belastungen entwickelter Fasertyp (ThStab). Im folgenden werden einige Ergebnisse der Composite aus dem Matrixmaterial Vestodur 2000 von Evonik (V2), dem Haftvermittler MD 353D von DuPont (CA) und dem Flammenschutzmittel Magnifin der Firma Magnesiaprodukte GmbH & Co. KG (FR) vorgestellt. Wie erwartet zeigte sich, dass mit steigendem Fasergehalt die mechanischen Charakteristika besser werden. Jedoch ist es entscheidend, welches Fasermaterial verwendet wird. Die hohen Verarbeitungstemperaturen von ca. 230 °C führen dazu, dass die für hohe Temperaturen ausgelegte Faser auch zu belastbareren Compositen führt. Zugversuchsprüfungen an Prüfstäben ergaben beispielsweise, dass bei einem Fasergehalt von nur 20 Prozent die Festigkeit von 55 MPa des nativen Materials auf ca. 86 MPa ansteigt (Fig. 1).

Die Variation des Faseranteils hat einen besonders großen Einfluss auf die Wärmeformbeständigkeit. Fig. 2 zeigt die ermittelten Randfaserdehnungen zur Bestimmung des HDT-A-Werts. An Prüfkörpern aus dem nativen Material wurde ein HDT-A-Wert von 48 °C ermittelt, für Prüfkörper aus den Compositen mit den Faseranteilen 10, 20 und 30 Prozent ergaben sich HDT-A-Werte von 72 °C, 97 °C und 132 °C.

Eine Schlüsselfunktion bei der Compositentwicklung kommt der Haftvermittlung zwischen Faser und Matrix zu. Da es für die verwendeten Matrices noch keine Haftvermittler gibt, wurde zunächst auf kommerziell erhältliche Haftvermittler für andere Matrixmaterialien zurückgegriffen. Das beste Ergebnis wurde vorerst für einen PP-basierten Haftvermittler (CA) erreicht. Bei einem Fasergehalt von 20 Prozent konnte die Zugfestigkeit von 61 MPa ohne Haftvermittler auf 78 MPa mit Haftvermittler erhöht werden (Fig. 1).

Durch die Einarbeitung von 10 Prozent des hier betrachteten Flammenschutzmittels (FR) sinkt die Zugfestigkeit zwar unter den Wert des nativen Materials (Fig. 1), jedoch steigt die Wärmeformbeständigkeit auf einen HDT-A-Wert von 186 °C (Fig. 2). Brennbarkeitsprüfungen in Anlehnung an UL-94 ergaben, dass ein Prüfstab aus dem hergestellten Composit nach der ersten Beflammungszeit ohne zu tropfen und ohne zu rußen von selbst erlosch (Fig. 3).



2



3

Biobased composites for automotive and E&E applications

In a current project, different types of PBT (polybutylene terephthalate) and PPT (polypropylene terephthalate) from various manufacturers are processed into short fiber-reinforced composites using the double pultrusion method. The aim of our industrial partners is to improve mechanical properties as well as to tailor dimensional stability under heat and flammability to meet the requirements of the respective applications.

Researchers at the Fraunhofer IAP have used three matrix materials, four commercially available coupling agents, four flame retardants, three processing aids and two stabilizers to produce composites, which were then injection molded into test specimens and characterized. Three types of cellulose regenerate fibers from Cordenka GmbH were used as the fiber material.

The fiber types used in the processing include RT 700 (RT), CR, and a fiber (ThStab) that was specially developed for high thermal loads. Presented below are the findings for a composite made from the matrix material Vestodur 2000 from Evonik (V2), the coupling agent MD 353 D from DuPont (CA), and the flame retardant Magnifin produced by Magnesiaprodukte GmbH & Co. KG (FR). As expected, the mechanical properties improved as fiber content increased. However, the type of fiber material played an important role. The high processing temperatures of around 230 °C meant that the fibers designed for high temperatures created stronger composites. Tensile tests show that a fiber content of only 20 percent increased the strength of the native material from 55 MPa to around 86 MPa (Fig. 1).

The variation in fiber content greatly influences dimensional stability under heat. Fig. 2 shows the detected outer fiber strains used to determine the HDT-A value. An HDT-A value of 48 °C was identified for testing specimens made from the native material. Testing specimens made from composites with fiber contents of 10, 20 and 30 percent resulted in HDT-A values of 72 °C, 97 °C and 132 °C, respectively.

The adhesion between the fiber and matrix plays a key role in the development of composites. As there are currently no commercial coupling agents for the matrices, we first relied on using coupling agents available for other matrix materials. The best results were initially achieved with a PP-based coupling agent (CA). A fiber content of 20 percent meant that tensile strength increased from 61 MPa without a coupling agent, to 78 MPa with the coupling agent (Fig. 1).

The tensile strength fell below the value of the native material (Fig. 1) when 10 percent of the flame retardant (FR) under investigation was incorporated, however the dimensional stability under heat deflection temperature rose to an HDT-A value of 186 °C (Fig. 2). Flammability tests in accordance with UL-94 show that a test rod made from the composite extinguished on its own after the initial burning time without dripping or sooting (Fig. 3).



Dr. Rainer Rihm

Telefon +49 331 568-1811

Fax +49 331 568-3000

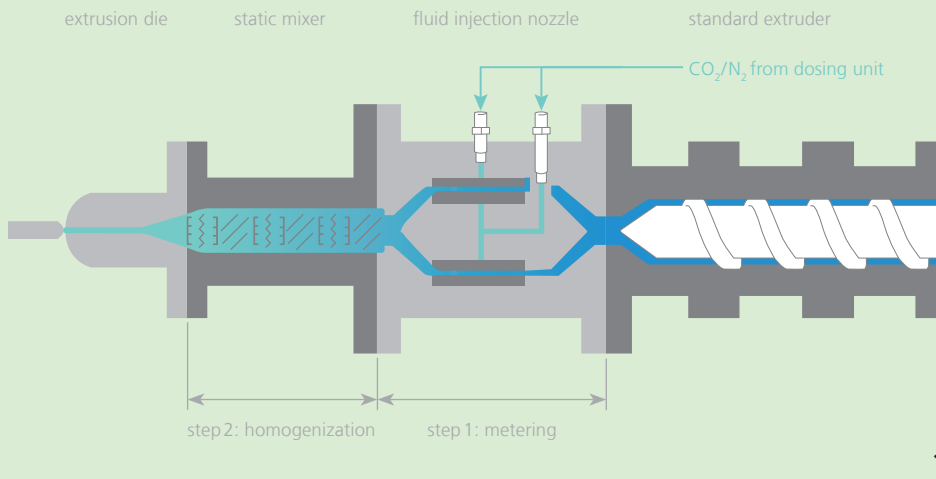
rainer.rihm@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow FKZ 22 017 415, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Kooperation Collaboration

- Cordenka GmbH & Co KG, Obernburg
- hesco Kunststoffverarbeitung GmbH, Luckenwalde
- Stiebel-Eltron GmbH & Co. KG, Eschwege



1 Diagram of the Optifoam System from Promix Solutions.

2 Diagram of the experimental setup used for foamed plastic films.

3 Lightweight concrete element with biopolymer foam pellets as an aggregate.

Untersuchungen zum physikalischen Schäumen von Biopolymeren während des Extrusionsprozesses

Kunststoffschäume können über kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren hergestellt werden. Zu den diskontinuierlichen Verfahren gehören vor allem der Schaumspritzguss, das Partikelschäumen von blähfähigen Teilchen sowie das Reaktionsschäumen von flüssigen Ausgangskomponenten (z.B. PUR-Schaum).

Das Extrusionsschäumen als kontinuierliches Verfahren hat sich seit den 1970er Jahren aufgrund immer besserer Anlagentechnik und Prozesssteuerung zunehmend auf dem Markt etabliert. Neue Produkte und Methoden, beispielsweise zur Herstellung von mikro- und nanozellulären Schäumen, wurden entwickelt [1]. Aufgrund der molekularen Struktur und den daraus resultierenden rheologischen Eigenschaften sind viele unmodifizierte biobasierte Polyester, insbesondere für die Herstellung geringer Schaumdichten, ungeeignet. So weisen die meisten PLA-Typen auf dem Markt eine enge Molmassenverteilung und lineare Polymerketten auf. Die Schmelzefestigkeit in Kombination mit der langsamen Kristallisationsgeschwindigkeit ist für die beim Blasenwachstum auftretenden biaxialen Dehnbeanspruchungen zu gering [2]. Die Folgen sind Zellruptur und Zellkoaleszenz.

Lösungen für diese und weitere Herausforderungen zur Entwicklung neuer nachhaltiger Kunststoffschäume werden im Verarbeitungstechnikum Biopolymere Schwarzhede erforscht. Das Extrusionsschäumen wird hier mithilfe eines Anlagenaggregats der Firma Promix Solutions GmbH durchgeführt (Fig. 1).

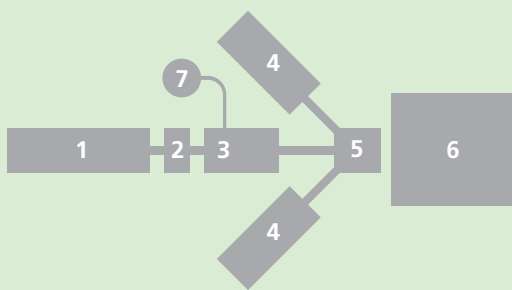
Das Aggregat zum physikalischen Schäumen besteht aus einer speziellen Fluidinjektionsdüse zur Direktbegasung der Kunststoffschmelze mit flüssigem CO₂ und einer statischen Mischstrecke zur Erzeugung einer einphasigen Polymer-Fluid-Mischung. Mit dem System können hoch- bis mitteldichte Polymerschäume mit Dichten im Bereich zwischen 1,0g/cm³ bis etwa 0,3g/cm³ extrudiert werden.

In den Untersuchungen wurden geeignete Anlagen- und Prozessparameter für die Herstellung von geschäumten Granulaten und Folien ermittelt (Fig. 2). Beispielsweise konnte bei den Kunststofftypen PBS (BioPBS von Mitsubishi Chemicals), PBAT (Ecoflex von BASF) und PBAT/PLA-Blend (Ecovio von BASF) ein sehr gutes Schäumverhalten mit flexiblen, elastischen Materialeigenschaften aufgezeigt werden. Die hierbei entwickelten Schaumgranulate können als Zuschlagstoffe für Leichtbetonelemente eingesetzt werden und somit nachhaltigere Alternativen zu EPS bieten (Fig. 3). In den durchgeführten Versuchen wurden Expansionsverhältnisse (Dichte des ungeschäumten Polymers im Verhältnis zur Schaumdichte) von etwa 3–4 erreicht. Die erzielten Zellgrößen, ohne Additivzusatz, liegen im Bereich zwischen 200–700 µm und sind damit in den Bereich konventioneller grobzelliger Schäume einzuordnen (Zellgröße > 100 µm).

Durch den Einsatz von Polymerblends, Additiven, Kettenverzweigern (z.B. Polyepoxide und Zinkstearat als Katalysator [3], [4]) und aktiven Nukleierungsmitteln kann die Zellmorphologie der Biopolymer-schäume weiter optimiert und somit noch bessere Produkteigenschaften erreicht werden.

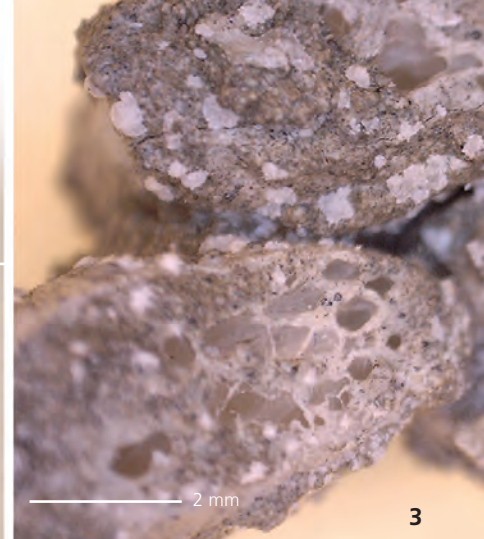
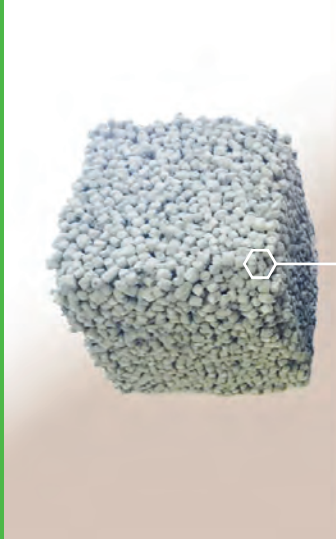
Literatur Literature

- [1] S. Costeux: *Continuous extrusion of nanocellular foams*, Conference Paper SPE Foams (2014)
- [2] S. Lee, C. Park: *Foam Extrusion Principles and Practice*, CRC Press, Boca Raton (2014)
- [3] J. Noordegraaf, R. Britton, F. Doormalen, K. Molenveld, G. Schennink: *Coated particulate expandable polylactid acid*, Synbra Technology B.V., Patent-Nr. EP2 137 250B1, 21.8.2008
- [4] NatureWorks: *Ingeo Biopolymer 8052D*, Technical Data Sheet



- 1 extruder (twin screw)
- 2 gear pump
- 3 system for foam extrusion (Optifoam X32)
- 4 extruder (single screw)
- 5 slot die (3-layer)
- 6 chill roll-unit
- 7 blowing agent supply (CO₂)

2



3

Investigations into the physical foaming behavior of biopolymers in the foam extrusion process

Synthetic foam materials can be produced using discontinuous and continuous processes. Discontinuous processes include foam injection molding, bead foaming and reactive foaming of liquid reagents (e.g. PUR foams).

Since the 1970s extrusion technology has become more and more established as a continuous technology in the production of foam materials due to improved process engineering and control processes. Nowadays foam extrusion has been widely adopted and new methods for producing micro- and nanocellular foams have been developed [1].

The molecular structure and rheological properties of most of the unmodified biopolymers are insufficient for foaming processes, especially for the production of low density foams. For example, typical biobased polyesters like PLA exhibit narrow molecular weight distribution without any long-chain branches. The main drawbacks are the low extensional viscosity and the slow crystallization kinetics which lead to poor cellular morphologies with large cells and cell coalescence [2].

The Processing Pilot Plant for Biopolymers Schwarzheide tackles these challenges and is dedicated to developing new solutions and products. Foam extrusion is achieved using a retrofit system from Promix Solutions GmbH (Fig. 1).

Liquid CO₂ is injected into the melt via a specially designed fluid injection nozzle. The polymer fluid mixture is further homogenized in the system's static mixer. The injection nozzle evenly distributes the blowing agent into the polymer melt which benefits the distributive mixing process. The system is designed for high and middle density foam products with densities between 1.0 g/cm³–0.3 g/cm³.

The ability to process different types of biopolymers into foamed pellets and plastic films was investigated and suitable process conditions were developed (Fig. 2). For example, PBS (BioPBS from Mitsubishi Chemicals), PBAT (Ecoflex from BASF) and PBAT/PLA-Blend (Ecovio from BASF) exhibited relatively good foaming behavior and flexible and elastic material properties. The newly developed foamed pellets can be used as aggregates for lightweight concrete and could offer a sustainable alternative to EPS (Fig. 3). Even without any additives, volume expansion ratios (ratio of the bulk density of the pure polymer and the bulk density of the foam sample) of 3 to 4, and cells ranging in size from 200 to 700 μm were achieved. The products can be categorized as macro cellular foams (cell size > 100 μm).

The quality of the cell morphology and the extruded biopolymer foams can generally be further optimized by blending or compounding them with branching agents (e.g. polyepoxides and zinc stearate as catalysts [3], [4]), process additives and active nucleating agents.



Jens Kunkel M. Eng.

Telefon +49 331 568-3400

Fax +49 357 526-3170

jens.kunkel@iap.fraunhofer.de

FUNKTIONALE POLYMERSYSTEME

FUNCTIONAL POLYMER SYSTEMS

- 52 Funktionswerkstoffe und Technologien**
Functional materials and technologies
- 56 Anwendungen und Dienstleistungen**
Applications and services
- 60 Entwicklung neuer Absorberpolymere und
Fertigungsprozesse für die individualisierte organische
Photovoltaik**
From new absorber polymers to the development
of manufacturing processes for customized organic
photovoltaics
- 62 Displaytechnologie der nächsten Generation –
Indiumphosphid-basierte Quantenpunkt-LEDs**
Next generation display technology – indium
phosphide-based quantum dot LEDs

 pioneers in polymers



FUNKTIONSWERKSTOFFE UND TECHNOLOGIEN

Funktionswerkstoffe und Technologien

Wir entwickeln Materialien mit speziellen optischen und elektrischen Eigenschaften sowie Prozesse, Technologien und Konzeptionen für kundenspezifische Anwendungen. Das Spektrum reicht von der Entwicklung von Materialien mit halbleitenden Eigenschaften über chromogene, phototrope Materialien, bis hin zu solchen, die leuchten, Sonnenlicht konvertieren oder auf mechanischen Druck oder Temperatur reagieren. Wir setzen neue digitale Druckverfahren ein, um z.B. OLEDs oder Solarzellen kostengünstig herzustellen. Oberflächentechnologien werden genutzt, um u.a. antimikrobiell wirkende Verpackungsmaterialien für Lebensmittel herzustellen. Weiterhin werden photoaushärtbare, polymere Materialien für die additive Fertigung für medizinische und textile Applikationen entwickelt. In unserer Forschung verfolgen wir stets das Ziel, anwendungstaugliche Verfahren zu entwickeln, die den realen Produktionsbedingungen nahe kommen.

Materialien und Technologien für neue Bauelemente und Anwendungen

Im Anwendungszentrum für Innovative Polymertechnologien werden verschiedene Technologien für die Photovoltaik, für organische Leuchtdioden (OLED), Sensoren und Quantenpunktanwendungen evaluiert. Das bedeutet, dass das Fraunhofer IAP für Kunden sowohl die Prozesse entwickelt und überführt als auch neue Materialien entwickelt, die sich besser verarbeiten lassen. Beratungen und Schulungen sind weitere Schwerpunkte unseres Services für den Kunden. Dazu arbeitet das Fraunhofer IAP eng mit einem Netzwerk von Maschinenbauern zusammen. Die Pilotanlage für Bauelemente der organischen Elektronik erlaubt es, wesentliche Schritte zur Entwicklung produktions-tauglicher Prozesse für die Herstellung derartiger Bauelemente automatisiert durchzuführen. Damit werden eine weitaus höhere Produktivität und bessere Konstanz der Herstellungsprozesse gegenüber manuellen Techniken gesichert. Die Bauelemente sind häufig hybrid aufgebaut. Das bedeutet, dass Aufdampftechniken im Vakuum mit lösungsbasierten Verfahren kombiniert werden. Neben digitalen Druckverfahren setzen wir auch klassische Beschichtungsverfahren ein. Zur Verkapselung von Bauelementen stehen sowohl klebstoffbasierte als auch folienbasierte Verfahren zur Verfügung, die mit einer Dünnschichtdirektverkapselung kombiniert werden können.

Weiterhin liegen umfangreiche Expertisen bei flüssigkristallinen Materialien und deren Anwendungen sowie in der Holographie vor.

Materialsysteme für die organische Elektronik

Für die Entwicklung von Technologien zur Bauelementherstellung eröffnet die organische Systemchemie ein weites Spektrum an Möglichkeiten. Dabei liegt der Fokus auf der Entwicklung kundenspezifischer Lösungen. Im Falle der OLEDs werden neue Materialsysteme entwickelt, die in der polymeren Hauptkette strukturoptimierte Transport- und Emittermoleküle enthalten. Das betrifft auch die Kombination mit Quantenmaterialien. Durch den Einbau entsprechender funktionaler Einheiten können diese Polymere nach der Schichtbildung thermisch oder photochemisch vernetzt werden, um die Schichten für die weitere Prozessierung zu stabilisieren. Für den Einsatz der organischen Photovoltaik werden maßgeschneiderte Absorberpolymere entwickelt und für Druckprozesse formuliert.

Chromogene Materialien

Chromogene Materialien ändern ihre Farbe oder Transparenz in Abhängigkeit der Temperatur, einer anliegenden elektrischen Spannung, einer wirkenden Kraft oder durch Licht. Thermochrome Materialien zeigen kontinuierliche oder sprunghafte Farbwechsel infolge von Temperaturänderungen. Bei thermochromen Polymerwerkstoffen lassen sich sowohl die Farben und deren Intensitäten als auch die Übergangstemperatur gezielt einstellen. Zu den Schwerpunkten der Entwicklungsarbeit gehört die farbelektive Thermochromie in Duromeren, Thermoplasten, Lacken einschließlich Gießharzsystemen und hochtransparenten Hydrogelen. Technologisch liegt ein Forschungsschwerpunkt auf der Extrusion von thermoplastischen Systemen, die eine schnelle Überführung in industrielle Prozesse erlauben. Neben den Anwendungen als Temperatursensoren werden thermochrome Polymere vor allem als energieeffizienzsteigernde Materialien in der Solartechnik (aktiver Sonnenschutz) eingesetzt. Hierzu liefern die Forschungsaktivitäten im Bereich der Thermotropie und Elektrochromie einen entscheidenden Beitrag. Einwirkende Kräfte lassen sich durch mechanochrome Materialien ohne technische Hilfsmittel erkennen und bilden einen Baustein für optische Kraftsensoren.



Quantenmaterialien

Die Quantum Dots (QD) sind eine Klasse von Nanomaterialien, bei denen die Absorptions- und Emissionseigenschaften durch die Partikelgröße eingestellt und deren Güte durch die Partikeloberfläche bestimmt sind. Es können Partikel hergestellt werden, deren Emissionen praktisch den gesamten sichtbaren Spektralbereich bis hinein in das nahe Infrarot abdecken. Diese einzigartigen Eigenschaften ermöglichen den Einsatz in verschiedenen Anwendungsbereichen, etwa als Leuchtstoffe, z.B. für die Herstellung von LEDs mit maßgeschneiderten spektralen Emissionscharakteristika, in der Displaytechnologie, für die Up-conversion in der Photovoltaik, als Sicherheitsmerkmal auf Banknoten oder in Sensoren. Neben den konventionellen QDs auf Basis von Cadmiumselenid werden vor allem cadmiumfreie QDs auf Basis von Indiumphosphid für die Displaytechnologie sowie infrarotaktive QDs auf Basis von Kupferindiumsulfid für die Photovoltaik entwickelt. Die Funktionalisierung der Partikeloberfläche macht den Einsatz von QDs auch in der Analytik interessant. Hier können QDs zukünftig herkömmliche Fluorophore ersetzen. Der Einsatz von QDs in der medizinischen Diagnostik ermöglicht aufgrund der herausragenden photophysikalischen Eigenschaften die simultane Bestimmung der Konzentration mehrerer Biomarker im pikomolaren Bereich.

Materialien für den Energiebereich

Bei zukünftigen Batteriesystemen ist die Verwendung von festen, nicht brennbaren Elektrolyten zur Erhöhung der intrinsischen Sicherheit und Leistungsfähigkeit von existenzieller Bedeutung. Es werden neue Polymerkonzepte zur Verbesserung der ionischen Leitfähigkeit bei gleichzeitiger Verbesserung der mechanischen Festigkeit, thermischen und chemischen Stabilität für verschiedene Batteriesysteme erarbeitet. Dazu werden auch die Verarbeitungsprozesse entwickelt. Eine wichtige Komponente für die Entwicklung von Elektrolysezellen sind die in der Zelle verwendeten Membranen. Die etablierten perfluorierten Membranwerkstoffe wie Nafion sind in ihrer Eignung begrenzt. Aus diesem Grund wird intensiv nach alternativen Materialien gesucht. Am Fraunhofer IAP werden neue Lösungsansätze für den Aufbau von heteroaromatischen Hauptkettenpolymeren mit hohen Anteilen an Sulfonsäure- bzw. Hydroxygruppen erarbeitet und die Prozesse zur Membranbildung entwickelt.

Sensoren und Aktoren

Die Entwicklung organischer oder hybrider Wandler konzentriert sich sowohl auf die elektromechanischen und kapazitiven Sensoren und Aktoren als auch auf Nanocomposit-Sensoren, z.B. für das Detektieren von Magnetfeldern oder Feuchte. Klassische Ferroelektrika, wie piezoelektrische Polymere oder neuartige Ferroelektrite werden in elektromechanischen Wandlern wie taktilen Sensorarrays, Impaktdetektoren, Ultraschallwandlern und in Sensoren für die Energiegewinnung eingesetzt und angepasst. Weiterhin werden neue dielektrische Elastomere als Aktoren, Sensoren und Generatoren entwickelt. Dazu werden die Elastomermaterialien modifiziert, um Aktuatoren herzustellen, die bei deutlich geringeren Spannungen als bisher üblich betrieben werden können. Derartige Elastomere werden als dünne Folien mit dehnbaren Elektroden prozessiert und anschließend als Flächen- oder Stapelaktoren eingesetzt.

Oberflächenfunktionalisierung und Analytik

Das Anpassen der Oberflächeneigenschaften eröffnet den polymeren Materialien viele neue Einsatzbereiche. Die Aktivierung der Oberfläche macht es möglich, Polyethylenfolien zu bedrucken (Verpackungen), Polypropylen zu kleben (Chipkarten) und Polymeroberflächen zu lackieren (Stoßstangen am Auto). Die chemische Zusammensetzung einer nur wenige Nanometer dicken Oberflächenschicht ist für diese Eigenschaften verantwortlich. Dazu werden Nanotechnologien zur gezielten Einstellung der Oberflächeneigenschaften von Polymeren und mit Polymeren entwickelt. Gegenwärtig zielen unsere Entwicklungen auf kostengünstige und breit einsetzbare antimikrobiell wirkende Verpackungsfolie für die Lebensmittelindustrie, neuartige Effekte bei der Beflammung von Polymeren, Oberflächentechniken für den Einsatz bei der additiven Fertigung und inline Prozesskontrolle für die Herstellung dünner Polymerschichten bei Lackier- und Extrusionsprozessen. Alle Technologieentwicklungen werden durch eine leistungsfähige Analytik unterstützt, die wir unseren Kunden auch als Serviceleistung zur Verfügung stellen.

FUNCTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES

We develop materials with special optical and electrical properties as well as processes, technologies and conceptions for customer-specific applications. Our development portfolio ranges from materials with semi-conductive properties to chromogenic, phototropic materials and materials that light up, convert sunlight or react to mechanical pressure or temperature. We utilize new digital printing techniques that allow OLEDs and solar cells to be produced cost effectively. Surface technologies are used, for instance, to produce anti-microbial packaging materials for foods. Furthermore, photo-curable polymer materials are developed that are used in the production of additives for medical and textile applications. Our research goal is to develop application-feasible methods that approximate real production conditions.

Materials and technologies for new components and applications

Various technologies for photovoltaics, organic light-emitting diodes (OLEDs), sensors and quantum dot applications are evaluated in the Application Center for Innovative Polymer Technologies. The Fraunhofer IAP develops and scales up processes for its customers and develops new materials that are easier to process. Consultation and training are two more services the Fraunhofer IAP offers its customers, working closely with a network of machine manufacturers. The pilot plant for organic electronic components enables major automated steps to be taken in the development of production-ready processes for the manufacturing of such components. This ensures a much higher productivity and better consistency in the production process compared to manual techniques. The components are frequently of a hybrid design. This means that evaporation techniques in a vacuum are combined with solution-based methods. In addition to digital printing processes, we also use traditional coating processes. Adhesive-based and film-based processes are available for the encapsulation of components, which can be combined with thin-film direct encapsulation. Moreover, we have extensive expertise in liquid crystal materials and their applications, as well as in holography.

Material systems for organic electronics

Organic system chemistry opens up a broad range of possibilities for developing technologies used to produce components. Here focus is placed on the development of customer-specific solutions. In the case of OLEDs, new material systems are developed that contain structure-optimized transport and emitter molecules in the main polymer chain. This also applies to the combination with quantum materials. By incorporating corresponding functional units, these polymers can be thermally or photochemically crosslinked after the layer formation in order to stabilize the layers for further processing. Customized absorber polymers are developed for use in organic photovoltaics and for printing processes.

Chromogenic materials

Chromogenic materials change color or become transparent as a result of temperature, the application of electrical voltage, an applied force, or light. Thermochromic materials display continuous or intermittent color changes as a result of changes in temperature. The color, intensity and transition temperature can be specifically adjusted in thermochromic polymer materials. Our development activities focus on color-selective thermochromism in thermosets, thermoplastics, paints (including casting resin systems) and highly transparent hydrogels. Technology development focuses on the extrusion of thermoplastic systems that can be transferred quickly to industrial processes. In addition to being used as temperature sensors, thermochromic polymers find a particular application as materials that enhance energy efficiency in solar technology (active solar protection). Research activities in the area of thermotropism and electrochromism play a decisive role. Acting forces can be identified through mechanochromic materials without technical aids and form a component of optical pressure sensors.

Quantum materials

Quantum dots (QD) are a class of nanomaterials whose absorption and emission properties can be determined by adjusting particle size and whose quality is determined by the particle surface. Particles can be manufactured whose emissions cover practically the entire visible light spectrum all the way up to the near infrared light range. These unique properties enable them to be used in various application areas, for example as luminescent materials (e.g. in the production of LEDs with tailored spectral emission characteristics), in display technology, for photovoltaic up-conversions, as a security feature in banknotes, and in sensors. In addition to the conventional cadmium selenide-based QDs, cadmium-free QDs based on indium phosphide are developed for display technology, and infrared QDs based on copper indium sulfide are developed for photovoltaics. The functionalization of the particle surface also makes QDs interesting for analytics. Here, they will replace conventional fluorophores in the future. Due to their excellent photophysical properties, QDs can be used in medical diagnostics to simultaneously determine the concentrations of multiple picomolar-sized biomarkers.

Materials for the energy sector

The use of solid, non-flammable electrolytes in future battery systems is of existential importance to increase intrinsic safety and performance. New polymers are being designed for various battery systems to improve ionic conductivity while simultaneously improving mechanical strength and thermal and chemical stability. Processing methods are also being developed. The membranes used in the cells represent an important component in the development of electrolytic cells. The suitability of the conventional perfluorinated membrane materials, such as nafion, is limited. For this reason, alternative materials are currently being sought. New approaches are being devised at the Fraunhofer IAP to build heteroaromatic polymers whose main chains have high proportions of sulfonic acid- or hydroxy groups. Likewise, membrane formation processes are being developed.

Sensors and actuators

The development of organic and hybrid converters focuses on the fields of electromechanical and capacitive sensors and actuators, as well as nanocomposite sensors which are used, for instance, to detect magnetic fields or moisture. Traditional ferroelectrics, such as piezoelectric polymers and innovative ferroelectrets, are being used and customized in electro-mechanical converters, such as tactile sensor arrays, impact detectors, ultrasound converters and sensors for energy production. Moreover, new dielectric elastomers are being developed as actuators, sensors and generators. To do this, the elastomer materials are modified to produce actuators that can be operated using much lower voltages. These types of elastomers are processed as thin films with stretchable electrodes, and then used as flat or stacked actuators.

Surface functionalization and analytical methods

Tailoring surface properties allows polymer materials to be incorporated into various applications. For example, surface activation makes it possible to print onto polyethylene films (packaging), to adhesively bond polypropylene (smart cards) and to paint polymer surfaces (car bumpers). The chemical composition of the nanometer-thin surface layer is responsible for these properties. To do this, nanotechnologies are being developed that specifically tailor the surface properties of polymers and with polymers. Currently our activities are aimed at developing inexpensive and widely-applicable antimicrobial packaging film for the food industry, surface technologies that can be used in the production of additives, and inline process monitoring used in the production of thin polymer layers in paint and extrusion processes. All technological developments are supported by sophisticated analytical methods which we provide to our customers as a service.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Materialien – Synthese und Verarbeitung von

- dielektrischen Elastomeren
- Elastomeren
- Elektreten
- elektroaktiven Polymeren
- elektrochromen Polymeren
- elektrolumineszierenden Polymeren
- ferroelektrischen Polymeren
- halbleitenden Polymeren
- holographischen Materialien für Oberflächenrelief- und Volumengitter
- Hydrogelen
- Ionenleitenden Polymeren
- lumineszierenden Quantum Dots
- organisch-anorganischen polymeren Nanocompositen
- photochromen Polymeren
- photolumineszierenden Polymeren
- photosensitiven- bzw. photostrukturierbaren Elastomeren
- photovernetzbaren Polymeren
- piezochromen Polymeren
- piezoelektrischen Polymeren
- polymeren Nanocompositen
- pyroelektrischen Polymeren
- thermochromen und elektrochromen Polymeren
- wasserlöslichen Polymeren

Funktionselemente

- akustische Impedanzwandler
- anisotrope Schichten
- Barrierschichten für flexible Displays
- biokompatible Funktionsschichten
- elastisch abstimmbare Volumen- und Oberflächenreliefgitter
- elektrisch schaltbare Volumen-Bragg-Gitter
- Fluoreszenzkollektoren für die Photovoltaik
- holographisch erzeugte Oberflächenreliefgitter in Polymermaterialien
- holographische Volumengitter in Polymermaterialien
- Lichtsender und -empfänger
- optische Datenspeicher
- permanente Oberflächenreliefgitter in festen und weichen Polymermaterialien
- permanente Oberflächenreliefgitter mit Metallbeschichtung
- polarisationsensitive permanente Gitter
- polymere Elektrete für Sensoren und Aktoren
- polymere Elektrete als Ladungsspeicher
- protonenleitende Membranen
- schaltbare Polymere/Kolloide
- spektrale Lichtwandler zum Nachweis von UV-Licht
- strukturierte biofunktionale Oberflächen
- thermoschaltbare Oberflächen

Bauelemente

- dielektrische Elastomer Aktoren (DEAs)
- DEAs in Kombination mit organischen Oberflächenreliefgittern
- elektro-aktive Polymere (EAP)
- flexible Elektroden
- künstliche Blutgefäße
- OFETs (Organische Feldeffekttransistoren) und Dioden
- OFET-Ansteuerung von OLED-Pixeln
- OLEDs (Organische Leuchtdioden)
- OLED-Beleuchtung
- OLED-Passiv-Matrix-Displays
- OLED-Signage-Displays
- OPVs (Organische Photovoltaik Zellen) und Module
- organische DFB-Laser auf Basis dünner Farbstoff-dotierter Oberflächenreliefgitter
- polymerbasierte holographische Oberflächenrelief- und Volumengitter, Polarisationsgitter, elastische Gitter
- piezoelektrische Sensoren und Aktoren
- piezochrome Sensoren
- pyroelektrische Sensoren

Oberflächentechnik

- anti-fogging-Schichten
- berührungslose Grenzflächenstrukturierung
- Drucken funktionaler Materialien mittels Inkjet-Druck, Slot Die Coating, Tiefdruck
- funktionale Beschichtungen
- hydrophile oder hydrophobe Oberflächen
- Immobilisierung von biologisch aktiven Substanzen auf polymeren Oberflächen
- inline-Prozesskontrolle für Beschichtungsprozesse
- klebstofffreies Verbinden
- Metallisierung von Polymeren
- Oberflächen- und Dünnschichtanalytik
- Photo-Strukturierung
- Replikationstechnologie und Funktionalisierung
- Rolle-zu-Rolle-Verarbeitung von Polymerfolien
- Stimulus-responsive (schaltbare) Oberflächen

Weitere Beispiele

- biozide Oberflächen für Folien oder Textilien
- Charakterisierung der chemischen Struktur, der Topographie und der makroskopischen Eigenschaften
- Charakterisierung von Kolloiden und Nanopartikeln
- elektronisches Wasserzeichen
- fälschungssichere Markierung von Polymermaterialien
- Fluoreszenzschichten für die Sensortechnik
- Funktionalisierung von Pulvern
- holographische Verfahren zur Polymer-Strukturierung mit UV- und VIS-Licht
- Messung der Wasserdampftransmission durch Polymere und Barrierschichten
- Molmassencharakterisierung von Polymeren
- OLED-Lebensdauertest
- OLEDs als Sicherheitsmerkmal
- OPV-Lebensdauertest
- photobiozide Beschichtungen für den Pflanzenschutz
- Photolithographielinie zur Strukturierung
- Schäumen von Polymeren
- strukturierte Aktivierung von Oberflächen
- Test, Verarbeitung und Optimierung kommerzieller holographischer Materialien
- Tintenstrahldruck von OLEDs
- wasserabweisende Textilien



Forschungsbereichsleiter | Division director
Dr. Armin Wedel

Funktionsmaterialien und Bauelemente
Functional Materials and Devices

Dr. Armin Wedel

Telefon +49 331 568-1910

Fax +49 331 568-3910

armin.wedel@iap.fraunhofer.de

Polymere und Elektronik
Polymers and Electronics

Priv.-Doz. Dr. Silvia Janietz

Telefon +49 331 568-1208

Fax +49 331 568-3910

silvia.janietz@iap.fraunhofer.de

Chromogene Polymere
Chromogenic Polymers

Dr. Christian Rabe

Telefon +49 331 568-2320

Fax +49 331 568-3000

christian.rabe@iap.fraunhofer.de

Sensoren und Aktoren
Sensors and Actuators

Dr. Michael Wegener

Telefon +49 331 568-1209

Fax +49 331 568-3000

michael.wegener@iap.fraunhofer.de

APPLICATIONS AND SERVICES

Materials – synthesis and processing of

- dielectric elastomers
 - elastomers
 - electrets
 - electroactive polymers
 - electrochromic polymers
 - electroluminescent polymers
 - ferroelectric polymers
 - holographic materials: polymers, polymer-LC composites, elastomers
 - hydrogels
 - ion conducting polymers
 - luminescent quantum dots
 - organic-anorganic polymer nanocomposites
 - photochromic polymers
 - photocrosslinkable polymers
 - photoluminescent polymers
 - photosstructurable elastomer materials
 - piezochromic polymers
 - piezoelectric polymers
 - polymer nanocomposites
 - pyroelectric polymers
 - semiconducting polymers
 - thermochromic and electrochromic polymers
 - water-soluble polymers
-

Functional elements

- acoustic impedance transformers
- anisotropic layers
- barrier layers for flexible displays
- biocompatible functional layers
- elastomer-based tunable stretchable volume and surface relief gratings
- electrically switchable tunable volume Bragg gratings
- holographically produced surface relief gratings in polymers
- holographically produced volume diffraction gratings and elements in polymer materials
- layers for optical data storage
- light senders and receivers
- luminescent solar concentrators
- organic surface relief gratings with metal coating
- permanent surface relief gratings in solid and elastic polymers
- polarisation sensitive thin-film grating
- polymer electrets for charge storage
- polymer electrets for sensors and actuators
- proton conducting membranes
- spectral light converter for the detection of UV-light

- structured biofunctional surfaces
- switchable polymers and colloids
- thermoswitchable surfaces

Components

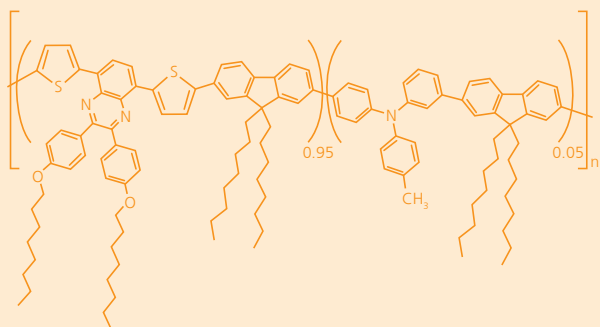
- artificial blood vessels
 - dielectric elastomer actuators (DEAs)
 - DEA in combination with thin-film surface relief gratings
 - electro-active polymers (EAP)
 - flexible electrodes
 - OFETs (organic field effect transistors) and diodes
 - OFET driving OLED pixels
 - OLEDs (organic light emitting diodes)
 - OLED illumination
 - OLED passive matrix displays
 - OLED signage displays
 - OPVs (organic photovoltaic cells) and modules
 - organic DFB laser with laser dye doped thin-film surface relief gratings
 - piezochromic sensors
 - piezoelectric sensors and actuators
 - polymer surface relief and volume grating, polarization gratings, elastic surface relief and volume gratings
 - pyroelectric sensors
-

Surface technology

- adhesive-free bonding
 - anti-fogging coatings
 - contactless interface modification
 - coupling of biologically active substances to polymer surfaces
 - functional coatings
 - holographic structuring of polymer surface in nm scale
 - hydrophilic or hydrophobic surfaces
 - inline process control organic coating processes
 - metallization of polymers
 - printing of active materials by inkjet printing, slot die coating, rotogravure
 - replication technology and functionalization
 - roll-to-roll processing of polymer films
 - stimulus-responsive (switchable) surfaces
 - surface and thin-film analysis
-

More examples

- biocidal surfaces for films and textiles
 - characterization of chemical structure, topography and macroscopic properties
 - characterization of colloids and nanoparticles
 - counterfeit protection of polymer materials
 - electronic watermark
 - fluorescent layers for sensor technology
 - foaming of polymers
 - functionalization of powders
 - holographic exposure for structuring of polymers materials with UV (355 nm) and VIS (532 nm) light
 - inkjet printing of OLEDs
 - measurement of the water vapor transmission rate through polymers and barrier layers
 - molar mass characterization of polymers
 - OLED lifetime characterization
 - OLEDs as a security feature
 - OPV lifetime characterization
 - photobiocidal coatings for pest management
 - photolithography line for structuring
 - structured activation of surfaces
 - testing, processing and optimization of commercial holographic materials
 - water-repellent textiles
-



1

- 1 Structure of the optimized and scaled-up donor polymer.
- 2 Table comparing the performance of inverted OPV cells made by conventional lab-scale processing and the scaled-up inkjet printing process.
- 3 Façade element with inkjet-printed organic solar cells processed on the pilot line at the Fraunhofer IAP (© N. Köhler, oSol:e GmbH).

Entwicklung neuer Absorberpolymere und Fertigungsprozesse für die individualisierte organische Photovoltaik

Die Herstellung organischer Solarzellen (OSC) mit einer ausreichenden Effizienz für Anwendungen in der Architektur sowie Textilien steht im Mittelpunkt in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt EPOS.

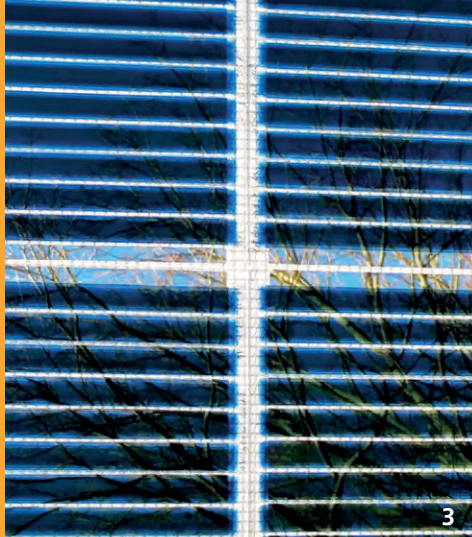
Die Aufgabe lag insbesondere darin, die durch den Einsatz von digitalen Drucktechnologien wie dem Inkjet-Druck mögliche Designfreiheit in der Gestaltung des Layouts der Solarzellen einfließen zu lassen. Damit entsteht ein vollkommen neues Alleinstellungsmerkmal im Vergleich zu klassischen Silizium- oder Dünnschichtsolarzellen. Die Aufgaben des Fraunhofer IAP bestanden in der Entwicklung neuer Absorberpolymere (Fig. 1) mit höherer Effizienz und der Entwicklung skalierbarer Druckverfahren für eine kostengünstige Rolle-zu-Rolle (R2R) Prozessierung von organischen Solarzellen.

Für die Entwicklung neuer Absorberpolymere wurden umweltfreundliche Syntheserouten zum Aufbau der Polymere eingesetzt. Die Synthesen von Monomeren und Polymeren wurden hochskaliert, um den Projektpartnern entsprechende Mengen (10 g) im Rahmen des Projekts zur Verfügung stellen zu können. Eine solche Menge ist ausreichend, um einen Prozess von ca. 100 Meter flexibler Solarzellen auf der Pilot-R2R Anlage beim Projektpartner 3D-Micromac umzusetzen. Es gelang, hochmolekulare, strukturreine Polymere herzustellen, die gleichzeitig auch eine sehr gute Löslichkeit in nicht toxischen Lösungsmitteln aufwiesen. Bei der Formulierung der Inkjet-Druckformulierungen lag das Hauptaugenmerk auf dem Einsatz umweltverträglicher, halogenfreier Lösemittel, was zurzeit noch eine Herausforderung bei der Herstellung organischer Solarzellen darstellt. Es gelang, in einem invertierten Solarzellenaufbau durch Inkjet-Druck des aktiven Blends aus einem Anisol/Tetralin-Gemisch unter Umgebungsbedingungen Solarzellen mit einer Zieleffizienz von knapp 5 Prozent herzustellen (Fig. 2).

Die Prozessierung von OSC-Modulen mittels Inkjet-Druck wurde zur Herstellung opaker und semi-transparenter Zellen zunächst im Labormaßstab optimiert und nachfolgend auf einen Pilotmaßstab hochskaliert, um die Prozessbedingungen für die spätere R2R-Fertigung zu evaluieren und an die Projektpartner zu übergeben. Es wurden Module in einer Größe von 150 mm x 150 mm zur Integration in ein Fassadenelement, als Teil einer Gebäudefassade, entwickelt und präpariert (Fig. 3). Weiterhin wurden flexible Solarzellen in einem kundenspezifischen Layout des Projektpartners PUMA AG hergestellt, die in eine Stadionjacke sowie eine Golftasche integriert wurden. Das Ziel bestand darin, genügend Energie zum Aufladen von mobilen Endgeräten wie Smartphones und Kameras oder für die Speisung von Wärmelementen zur Verfügung zu stellen.

processing	V_{oc} [V]	I_{sc} [mA/cm ²]	FF [%]	PCE [%]
lab scale	0.95	6.68	62	4.6
inkjet	0.91	8.22	53.4	4.55

2



3

From new absorber polymers to the development of manufacturing processes for customized organic photovoltaics

The project EPOS, funded by the Federal Ministry of Education and Research, addresses the challenges faced in creating organic solar cells (OSC) with adequate efficiency for applications in architecture and textiles.

One particular aspect has been the application of digital printing technologies, like inkjet, which enable a design freedom in the layout of OSC modules that deviates from the traditional strip layout. This option represents a unique feature of OSC not available in conventional silicon-based or thin film solar cells. The task of the Fraunhofer IAP was to develop new highly efficient absorber polymers (Fig. 1) as well as scalable printing technologies for the cost-efficient roll-to-roll (R2R) processing of organic solar cells.

The new absorber polymers were developed using environmentally friendly synthesis routes to produce the polymer. The synthesis of monomers and polymers was scaled up in order to provide project partners with material batches of up to 10 grams. This amount is sufficient for processing around 100 meters of flexible OSC in one run on the pilot R2R line of project partner 3D-Micromac. We achieved high molecular weight and structurally pure polymers with good solubility in non-toxic solvents. When formulating the blend inks for inkjet printing, focus was placed on the use of environmentally friendly, non-halogenated solvents, a challenge currently faced by manufacturers of organic solar cells. Solar cells with a target efficiency of nearly 5 percent were produced in an inverted stack structure by inkjet printing the active blend from an anisol-tetralin mixture under ambient conditions (Fig. 2).

First the processing of opaque and semi-transparent OSC modules through inkjet printing was optimized on the lab scale and then scaled up to the pilot scale so that the processing conditions could be evaluated for subsequent R2R processing and handed over to the process partners. Modules measuring 150mmx150mm were produced for integration into façade elements of buildings (Fig. 3). Flexible OSC modules were also created in a customized layout for the project partner PUMA AG. These were integrated into a stadium jacket and a golf bag. The aim was to provide sufficient energy to charge mobile devices, like smartphones or cameras, or to deliver energy to heating elements.



Dr. Christine Boeffel

Telefon +49 331 568-1915

Fax +49 331 568-3000

christine.boeffel@iap.fraunhofer.de

Priv.-Doz. Dr. Silvia Janietz

Telefon +49 331 568-1208

Fax +49 331 568-3910

silvia.janietz@iap.fraunhofer.de

Kontakt Contact

Förderung Funding

– Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), EPOS Projekt 03EK3529

Kooperation Collaboration

– 3D-Micromac-AG, Chemnitz
 – Exakt GmbH, Hamburg
 – Universität Wuppertal
 – Universität Chemnitz
 – PUMA AG, Herzogenaurach
 – KSG Leiterplatten GmbH, Gornsdorf
 – oSol:e GmbH, Potsdam



1 Quantum dots synthesized at the Fraunhofer IAP.

2 Quantum dot LED processed at the Fraunhofer IAP.

3 Clean room environment at the Fraunhofer IAP.



Displaytechnologie der nächsten Generation – Indiumphosphid-basierte Quantenpunkt-LEDs

Flachbildschirme haben sich seit der Einführung der LCD-Technik (Liquid Crystal Display) in den 1970er Jahren extrem weiterentwickelt und sind aus unserem täglichen Leben z.B. in Smartphones, Laptops, Fernsehern nicht mehr wegzudenken. Kürzlich wurde von Samsung [1] ein LCD-Display mit cadmiumfreien Quantenpunkten als Leuchtmittel vorgestellt, welches aufgrund der hohen Farbreinheit der Quantenpunkte die Darstellung besonders brillanter Farben ermöglicht. Eine weitere Displaytechnologie sind organische Leuchtdioden (OLED). Sie sind sowohl in großen Displays als auch in Form der kleineren Aktiv-Matrix OLEDs (AMOLED) in Tablets und Smartphones zu finden. Ihre Vorteile sind die extrem dünne Bauweise sowie die hervorragenden Kontrastwerte.

Die nächste Display-Generation wird die Vorteile der OLED-Technologie mit der Farbbrillanz der Quantenpunkte kombinieren. In diesem Kontext spielen insbesondere die Materialentwicklung der Quanten-Materialien sowie das Bauteildesign entscheidende Rollen. Beide Aspekte werden am Fraunhofer IAP im Rahmen des BMBF-Projekts »Erforschung von Quanten-Materialien in OLEDs – Neue Wege zur Realisierung innovativer optoelektronischer Bauteile für zukünftige brillante Displays und Beleuchtung (ELQ-LED)« untersucht.

Im Bereich der Quanten-Materialien stehen aufgrund der RoHS-Richtlinien [2] insbesondere cadmiumfreie Systeme im Mittelpunkt. Hier hat das Fraunhofer IAP in den letzten Jahren erhebliche Beiträge zur Entwicklung solcher Systeme geleistet [3–5]. Dies betrifft insbesondere die Entwicklung von neuartigen Kern/Schale/Schale-Quantenpunktsystemen auf Basis von Indiumphosphid (InP) für grüne und rote Emission und Zinkselenid für blaue Emission. Die so realisierten InP-Quantenpunkte zeigen Quantenausbeuten von bis zu 90 Prozent und Halbwertsbreiten bis zu ca. 40 Nanometer im grünen und bis zu ca. 55 Nanometer im roten Spektralbereich. Derzeit werden am Fraunhofer IAP spezielle Schalen- und Ligandensysteme für maximale Leistungsfähigkeit in ELQ-LED-Bauteilen sowie Methoden zur Verringerung der Halbwertsbreite entwickelt.

Neben der Expertise im Bereich der Quantenpunktsynthese bietet das Fraunhofer IAP mit seiner in Europa einzigartigen Reinraumumgebung, inklusive Pilotanlage für automatisierte Druckprozesse, die Möglichkeit, die synthetisierten Materialien in verschiedenen Bauteil-Designs zu testen. In den vergangenen Jahren wurden hier bereits ELQ-LEDs auf Basis von konventionellem und invertiertem Stack-Design realisiert und hinsichtlich des Einflusses verschiedener Parameter, wie z. B. Schichtdicken von Leucht- und Transportmaterialien sowie Schichtaufrichtigkeit untersucht. So wurden wertvolle Beiträge zur Entwicklung von ELQ-LEDs auf Basis von InP geleistet [6, 7]. Zusätzlich konnten im Rahmen des »ELQ-LED«-Projekts erstmals Bauteile auf Basis einer invertierten Struktur und der neuesten Generation an InP-Quantenpunkten mit Leuchtdichten von über 20 000 cd/m² realisiert werden, womit wir die führende Rolle des Fraunhofer IAP auf diesem Gebiet unterstreichen konnten.

Literatur Literature

[1] <http://www.samsung.com/de/tvs/qled/overview/> (Stand 8.2.2018)

[2] <https://de.wikipedia.org/wiki/RoHS-Richtlinien> (Stand 8.2.2018)

[3] T. Greco, C. Ippen, A. Wedel: *Luminescent, cadmium-free core/multi-shell quantum dots on the basis of indium phosphide*, WO 2013 127 662 A1

[4] T. Greco, C. Ippen, A. Wedel: *Blue light emitting diodes based on zinc selenide quantum dots*, DE 10 2013 206 077 A1

[5] C. Ippen, T. Greco, Y. Kim, C. Pries, J. Kim, M. Oh, C. Han, A. Wedel: *Color tuning of indium phosphide quantum dots for cadmium-free quantum dot light emitting devices with high efficiency and color saturation*, JSoc Information Display 23(7), pp. 285–293 (2015)

[6] C. Ippen: *Indium Phosphide and Zinc Selenide Quantum Dots for Light-Emitting Devices: Relationships between Surface Structure and Device Performance*, PhD-Thesis (2014)

[7] Y. Kim: *Design of High Performance Indium Phosphide – based Quantum Dot Light Emitting Diodes*, PhD-Thesis, submitted (2017)



Next generation display technology – indium phosphide-based quantum dot LEDs

Flat panel displays have made great strides since the invention of LCD technology (liquid crystal display) in the 1970s. They have become a fixture of our everyday lives and are found in smartphones, laptops and TVs. Recently, Samsung [1] invented an LCD display that utilizes cadmium-free quantum dots as the luminescent material. The display exhibits outstanding colors due to the high color purity of the quantum dots. Organic light emitting diodes (OLED) are another display technology. OLEDs can be found in large displays and as smaller active matrix OLEDs (AMOLED) in tablets and smartphones. These displays offer several advantages including an extremely thin architecture and outstanding contrast values.

The next generation of displays will combine the advantages of OLED technology with the color purity of quantum dots. The development of quantum materials and device design play an integral role in this context. Both aspects are being actively studied at the Fraunhofer IAP in the course of the BMBF project Research of Quantum Materials in OLEDs – Breaking New Grounds for the Realization of Innovative Optoelectronic Devices for Future Brilliant Displays and Lighting (ELQ-LED).

In the field of quantum materials, cadmium-free systems take center stage as a result of RoHS guidelines [2]. The Fraunhofer IAP has contributed significantly to the development of such systems in recent years [3–5]. This includes the development of new indium phosphide (InP) based core/shell/shell quantum dots for green and red emissions and zinc selenide for blue emissions. These systems have achieved quantum yields of up to 90 percent and full width at half maximum (FWHM) values of 40 nanometers for green, and 55 nanometers for red quantum dots. Currently, the Fraunhofer IAP is developing special shell and ligand systems for maximum performance in ELQ-LED devices as well as methods to reduce FWHM values.

In addition to its expertise in the field of quantum dot synthesis, the Fraunhofer IAP has a clean room environment that is unrivalled in Europe and includes a pilot plant for automated printing processes. This enables the institute to apply and test the developed materials in different device designs. In recent years, ELQ-LEDs have been developed that have a conventional and inverted stack design. We have investigated device performance with respect to the influence of several parameters, e.g. layer thickness of emitting and transport materials, and surface roughness. This has allowed us to make valuable contributions to the development of ELQ-LEDs on the basis of InP quantum dots [6, 7]. In the course of the ELQ-LED project, we created devices with an inverted structure based on the latest generation of InP quantum dots. These achieved luminance densities of over 20000 cd/m². This underscores the leading role the Fraunhofer IAP plays in this research field.



Dr. André Geßner

Telefon +49 331 568-3331

Fax +49 331 568-3910

andre.gessner@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Bundesministerium für
Bildung und Forschung (BMBF),
Projekt »ELQ-LED«

Kooperation Collaboration

– Merck KGaA, Darmstadt
– Osram GmbH, München
– Ludwig-Maximilians-Universität
München
– Universität Augsburg
– Universität Oldenburg
– Universität Tübingen

SYNTHESE- UND POLYMERTECHNIK

SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY

- 64** **Synthese- und Polymertechnik**
Synthesis and polymer technology
- 68** **Anwendungen und Dienstleistungen**
Applications and services
- 72** **Polydopamin – ein neues Wandmaterial
zur Mikroverkapselung**
Polydopamine – a new microencapsulation material
- 74** **Isocyanatfreie Herstellung von Polyurethanen –
auf dem Weg zur industriellen Umsetzung**
Isocyanate-free production of polyurethanes –
approaching industrial feasibility



pioneers in polymers



SYNTHESE- UND POLYMERTECHNIK

Die Kompetenzen des Forschungsbereichs wurden in den zurückliegenden Jahren systematisch erweitert. Besonders attraktiv für unsere Projektpartner ist die Möglichkeit, auf Know-how, das die gesamte Kette von der Polymersynthese über die Verfahrensentwicklung bis hin zu Analytik und Charakterisierung abdeckt, zugreifen zu können. Dies zeigt sich in einem ausgewogenen Mix an Kompetenzen in den Laboren der Abteilungen Polymersynthese, Formgedächtnispolymere, Mikroverkapselung/Partikelanwendungen und Membranen und Funktionale Folien. Einen abteilungsübergreifenden Schwerpunkt der Aktivitäten bilden die stofforientierte und die technologiegetriebene Forschung vom Labor- bis in den Technikumsmaßstab. Auf einer Technikumsfläche von mehr als 140 Quadratmetern stehen Anlagen zur Verfügung, mit denen eine Vielzahl technisch wichtiger Verfahren leicht und flexibel abgebildet werden kann. Im Wesentlichen werden hier neue Polymersyntheseprozesse entwickelt bzw. herkömmliche Syntheseprozesse optimiert. Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, Pilotlinien für die Produktion von Halbzeugen modular zusammenstellen zu können. Auf diese Weise können Polymere synthetisiert, (reaktiv) extrudiert und anschließend zu Rundsträngen, Granulaten, Filmen oder Schläuchen verarbeitet werden. Durch die eingesetzten Verfahren werden wertvolle Erkenntnisse gewonnen, die die Umsetzung in die industrielle Produktion befördern.

Polymersynthese

Ein Schwerpunkt der FuE-Aktivitäten der Abteilung Polymersynthese liegt auf synthetischen Polymeren aus nachwachsenden Rohstoffen. Das zur Verfügung stehende Synthesetechnikum bietet die Möglichkeit, Polylactid (PLA) ausgehend von aus unterschiedlichen Rohstoffen gewonnenen Milchsäuren über verschiedene Routen zu synthetisieren und in seinem Eigenschaftsprofil über den Aufbau von statistischen oder Blockcopolymeren zu variieren. Neben der klassischen Ringöffnungspolymerisation (ROP) von Lactid im Rührkessel werden kontinuierliche ROP-Prozesse im Doppelschneckenextruder entwickelt, mit denen beispielsweise auch einheitlichere Polymere mit höheren Molmassen zugänglich sind. Im Rahmen von Projektarbeiten wurde zuletzt eine verkürzte Prozesskette, die auf der Kettenverlängerung von mittels Polykondensation synthetisierten PLA-Telechelen mit geringen Molmassen

beruht, untersucht und optimiert. Hier konnten Fortschritte hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Prozessschritte Polykondensation und Reaktivextrusion und der Erkennung kritischer Parameter bei Rohstoffqualität und Prozessführung erarbeitet werden. Reaktive Extrusionsprozesse werden auch genutzt, um kommerzielle PLA-Typen in Richtung anwendungsangepasster Materialien zu modifizieren. Ein Beispiel hierfür sind Folienmaterialien mit optimierter Bruchdehnung und Weiterreißfestigkeit, deren Potenzial in Kooperation mit der Abteilung Verarbeitungstechnik Biopolymere Schwarzheide demonstriert werden konnte und gegenwärtig in einer Produktionsumgebung validiert wird. Mit Bernsteinsäure und Furandicarbonsäure stehen zwei biobasierte Bausteine mit sehr positiven Wachstumsprognosen im Mittelpunkt weiterer Entwicklungen.

In aktuellen Arbeiten zu petrobasierenden Polymersystemen geht es auch darum, problematische Ausgangsstoffe zu ersetzen. Die Suche nach Alternativen zur Isocyanatchemie im Polyurethanbereich wurde im Rahmen eines Discover-Projekts adressiert. Hochmolekulare isocyanatfreie thermoplastische Polyurethane konnten in Polykondensationsprozessen von Dicarbamaten mit aus der PU-Chemie bekannten Polymerdiolen erfolgreich synthetisiert werden. Die Entwicklung eines vernetzenden, formaldehyd- und isocyanatfreien Klebstoffs für Holzwerkstoffe auf der Basis funktionalisierter Weißleime bildet die Zielstellung eines weiteren Projekts. Nach der Validierung des Vernetzungskonzepts konnte eine über einen Lagerzeitraum von mindestens 3 Monaten stabile Funktionalisierung der Weißleimdispersion realisiert werden, was den Weg zu temperaturaktivierbaren, heißwasserbeständigen 1K-Systemen eröffnet.

Formgedächtnispolymere

Der Arbeitsschwerpunkt der Abteilung Formgedächtnispolymere liegt auf der Ermittlung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen und auf Fragestellungen, die im Zusammenhang mit der Verarbeitung und der Programmierung von Polymeren stehen. Die im Herbst 2016 eingeworbenen Mittel des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) wurden 2017 zur Verstärkung der Gerätebasis eingesetzt. Die Anschaffungen umfassen Geräte für die Formgebung von Polymeren sowie Geräte zu deren Charakterisierung.



Damit wurden die FuE-Kapazitäten weiter ausgebaut und die Angebotsdichte der Abteilung weiter verstärkt. Im Mittelpunkt standen zudem Forschungsaktivitäten, die im Rahmen des Leistungszentrums »Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen« durchgeführt worden sind. Dabei wurden insbesondere vielversprechende Ansätze zur Verarbeitung von Formgedächtnispolymeren verfolgt und die auch als Strangablegeverfahren bezeichnete Schmelzschichtung zur Herstellung von Musterbauteilen aus Formgedächtnispolymeren etabliert. Die Einsatzgebiete für Formgedächtnispolymere sind vielfältig und reichen vom Produktschutz, wo durch eine thermisch induzierbare Formänderung Informationen über die Echtheit eines Produkts preisgegeben werden können, bis hin zu adaptiven Sitzkissen.

Mikroverkapselung/Partikelanwendungen

Die Umhüllung feinteiliger Feststoffe oder kleiner Flüssigkeitstropfen mit einer polymeren Wand ist eines der zentralen Arbeitsgebiete der Abteilung Mikroverkapselung/Partikelanwendungen. Die Verkapselungen werden sowohl im Batch- als auch in Sprüh- bzw. Coatingverfahren durchgeführt. Unsere Ausstattung ermöglicht eine Kapselsynthese im Batch-Verfahren bis in den Kilogramm-Maßstab. Hierfür steht im Technikum ein entsprechend ausgerüsteter 60 L-Reaktor zur Verfügung, ebenso ein Wirbelbettcoater, in dem sowohl feinteilige Partikel als auch Granulate gecoatet werden können. Die Forschungsschwerpunkte im Bereich der Mikroverkapselung liegen aktuell auf Mikrokapseln mit spezifischen Barriereigenschaften, oberflächenmodifizierten Mikrokapseln zur Anbindung an verschiedene Substrate wie z. B. Fasern sowie Mikrokapseln, deren Wandmaterialien biologisch abbaubar sind.

Im Arbeitsgebiet Aminoharze werden die Entwicklungsarbeiten zur Synthese und Anwendung formaldehydfreier Aminoharze systematisch fortgeführt. Die Harze konnten bereits erfolgreich in Holzwerkstoffen und bei der Lackbeschichtung getestet werden. Weitere Anwendungen werden zurzeit geprüft, z. B. für Dekorpapiere, als Bindemittel in anorganisch gebundenen Spanplatten sowie für die Textilausrüstung. Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die Synthese von Glykolaldehyd als Ausgangskomponente für die Aminoharzesynthese. Glykolaldehyd hat sich als besonders geeignetes Substitut für Formaldehyd herauskristallisiert, ist aber technisch nicht verfügbar.

Membranen und Funktionale Folien

Die Arbeiten der Abteilung Membranen und Funktionale Folien sind auf die Entwicklung von ressourceneffizienten Prozessen zur Herstellung von Membranen und Folien ausgerichtet. Der Fokus bei Membranen erstreckt sich von Hohlfasern bis Flachmembranen für die Gastrennung, die Nanofiltration organischer Lösungsmittel und für Brennstoffzellen. Zudem werden neue Herstellungsverfahren und -anlagen für Membranen entwickelt, um den Ansprüchen neuer Materialien gerecht zu werden.

Bei den Folienarbeiten liegt das Augenmerk auf der Veredelung der Oberflächen bestehender Systeme. Hierfür werden insbesondere funktionelle Beschichtungen aufgebracht. Ein Großteil der Folien wird im Endkundenmarkt genutzt. Sie unterliegen einem sich ständig ändernden, gesellschaftlich geprägten Anforderungsprofil. Die neuen Bedarfe sind eine geringere Schadstoffpermeation sowie ausgeprägtere Abbaubarkeit und Restentleerbarkeit. Die Entwicklung proteinogener Materialien ist ein weiterer zentraler Arbeitsschwerpunkt.

SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY

The competencies of the research division have been systematically expanded upon in recent years. Our project partners are particularly attracted by the possibility of accessing know-how that ranges across the entire process, from polymer synthesis, to method development, analysis and characterization. This is reflected in a balanced mix of expertise in the labs of the departments for Polymer Synthesis, Shape-Memory Polymers, Microencapsulation/Particle Applications and Membranes and Functional Films. One interdepartmental focus of our activities is material-oriented and technology-driven research conducted on a lab to pilot plant scale. Our technology center has more than 140 m² of space and comprises equipment that allows a range of technically crucial methods to be used easily and flexibly. Here we primarily develop new, and optimize conventional, polymer synthesis processes. One aspect that is worthy of mention is our ability to modularly arrange pilot lines for the production of semi-finished products. This enables us to synthesize, (reactively) extrude and process polymers into round strands, granules, films and tubes. The methods we use provide us with valuable insights that facilitate implementation into industrial production.

Polymer synthesis

R&D activities in the Polymer Synthesis department focus on synthetic polymers made from renewable raw materials. Our synthesis center enables us to synthesize polylactide (PLA) using different synthesis routes and lactic acids produced from various raw materials. We are also able to vary its property profile through the structuring of statistical or block copolymers. In addition to the traditional ring opening polymerization (ROP) of lactide in the stirring tank, continuous ROP processes are developed in a twin-screw extruder that produce uniform polymers with higher molecular weights. In a recent project we investigated and optimized a shortened process chain based on the chain extension of low molecular weight PLA telechelics synthesized through polycondensation. Here we were able to make progress in terms of the reproducibility of the polycondensation and reactive extrusion process steps

and by recognizing critical parameters that influence raw material quality and process control. Reactive extrusion processes are also used to modify commercial types of PLA so that materials can be adjusted to the application. One example of this are film materials with optimal elongation at break and tear resistance. Their potential was demonstrated in collaboration with the department Processing Pilot Plant for Biopolymers Schwarzhilde and they are currently being validated in a production environment. Succinic acid and furan dicarboxylic acid are two biobased building blocks at the heart of further developments which have very promising growth prognoses.

Attempts to replace problematic precursors are currently being made in studies on petroleum-based polymer systems. The search for alternatives to isocyanate chemistry for polyurethanes was addressed in a Discover Project. High molecular weight, isocyanate-free, thermoplastic polyurethanes were successfully synthesized in polycondensation processes from dicarbamates with polymeric diols known from polyurethane chemistry. The aim of another project is to develop a crosslinked, formaldehyde-free and isocyanate-free adhesive for wood materials that is based on functionalized white glue. After validating the crosslinking concept, a functionalization of the white glue dispersion was achieved that remained stable throughout a storage period of three months. This opens up the possibility of 1K systems that are resistant to hot water and can be activated by temperature.

Shape-memory polymers

The Shape-Memory Polymers department specializes in determining structure-property relationships and in finding solutions to questions surrounding the processing and programming of polymers. The funding acquired from the European Regional Development Fund (ERDF) in autumn 2016 was used in 2017 to enhance our inventory of equipment. Purchases included systems for shaping and characterizing polymers. This has expanded our R&D capacities and enhanced what the department can offer. Emphasis is also on the research activities conducted at the High-Performance Center Integration of Biological and Physical-Chemical Material Functions. Very promising approaches have been followed for processing shape-memory polymers. Moreover, fused deposition modeling, also known as melt strand deposition, has been established for the production of prototypes made from shape-memory polymers. Shape-memory polymers can be used in a variety of applications ranging from product protection – in which a thermally induced change in shape can divulge information about the authenticity of a product – to adaptive seat cushions.

Microencapsulation/particle applications

Encapsulating a fine solid material or small drop of liquid in a polymer wall is one of the key research areas of the Microencapsulation/Particle Applications department. Batch, spray and coating methods are used for the encapsulation. Our equipment enables capsule synthesis in batch processes up to the kilogram scale. The pilot plant is fitted with a 60L reactor and a fluid bed coater in which both fine particles and granules can be coated. Research in the area of micro-encapsulation currently focuses on microcapsules with specific barrier properties, surface-modified microcapsules that bond to various substrates (e.g. fibers), and microcapsules whose wall materials are biodegradable.

In the area of amino resins, work systematically continues on developing the synthesis and application of formaldehyde-free amino resins. The results have already been successfully tested in wood materials and with lacquer coating. Further applications are currently undergoing testing, e.g. for decor papers, as a binding agent in inorganically bonded particle board and for textile finishing. Another key area of research is the synthesis of glycolaldehyde as a precursor component for the synthesis of amino resins. Glycolaldehyde has emerged as a suitable substitute for formaldehyde, however it is technically not available.

Membranes and Functional Films

Work in the Membranes and Functional Films department is directed at developing resource-efficient processes for producing membranes and films. The focus of the department's membrane research extends from wood fibers to flat membranes for gas separation, the nanofiltration of organic solvents and fuel cells. Furthermore, new production methods and plants are being developed for membranes to meet the requirements of new materials. Work on films focuses on the refinement of the surfaces of existing systems. Here activities revolve around the application of functional coatings. A majority of the films are used by end consumers and are subject to an ever-changing, socially determined profile of requirements. These new requirements include a lower permeation of contaminants, better degradability and an improvement in the ability to completely empty residual contents. The development of proteinogenic materials is another central focus of our work.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Polymersynthese

Produktentwicklung

- Aminoharze (auch formaldehydfrei)
- applikationsbezogene (wässrige) konzentrierte Polymerdispersionen (Hartkugeln, weich-verfilmend, Reaktivkleber)
- C-Kettenpolymere
- synthetische und biobasierte Polyester, Polyamide, Polyurethane

Prozessentwicklung

- Optimierung technischer Polymersyntheseprozesse
- Polykondensation in Lösung und Schmelze
- Polymersynthesen und Polymermodifizierung durch Reaktivextrusion
- radikalische Polymerisation in Lösung, Masse und in Heterophasensystemen
- Synthese von Polymeren durch Polyaddition

Charakterisierung

- Bestimmung der Molmassenverteilung von Polymeren in organischen Lösungsmitteln
- Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Polymeren (TGA/DSC)
- rheologische Charakterisierung von Polymerschmelzen, Dispersionen und Lösungen (Rotations- und Oszillationsrheometer)

Mikroverkapselung und Partikelanwendungen

Mikroverkapselung und Partikelsynthese

- Einschlusspolymerisation von Pigmenten, Fluoreszenzmarkern und Wirkstoffen
- morphologiekontrollierte Heterophasenpolymerisation
- Oberflächenmodifizierung synthetischer Polymerkolloide (Ligandenkopplung, Ausrüstung als Biomolekülträger)
- Partikelcoating im Wirbelbett
- Partikelherstellung mittels Sprühtrocknung (auch organische Lösungsmittel möglich)
- reaktive und nichtreaktive Mikroverkapselung von Wirkstoffen und Additiven (Pharmaka, Lebens- und Futtermittelergänzungstoffe, Kunststoffadditive, Reaktionskomponenten für Kleb- und Dichtstoffe und andere Komponenten)

Charakterisierung

- Abbau- und Freisetzungsstudien für Wirkstoffträger und mikroverkapselte Wirkstoffe/Additive
- Bestimmung der Oberflächenladungsdichte kolloidaler Dispersionen
- Bestimmung von Partikelgrößen und -verteilung
- elektrokinetische Charakterisierung kolloidaler Dispersionen (Strömungspotenzial, elektrokinetische Mobilität, Zetapotenzial)

Membrane und funktionale Folien

Materialsynthese

- funktionale Beschichtung (z.B. antibiotisch)
- proteinogene Filme und Membranen
- REACH konforme Membran- und Foliensynthese
- smart Packaging
- Synthese von MOFs

Membranentwicklung

- Herstellung und Charakterisierung von Dünnschicht-Compositmembranen
- Herstellung und Charakterisierung von Flachmembranen und Hohlfasern
- Herstellung und Charakterisierung von Mixed Matrix Membranen
- Membranen für Batterien, Brennstoffzellen, Gas- und Flüssigkeitstrennung
- Messung der Gaspermeabilität von konventionellen und biologischen Polymeren

Engineering

- Anlagenmodifikation und -bau
- Produkt- und Verfahrensentwicklung
- wissenschaftliche und technische Beratung

Formgedächtnispolymere

Material- und Prozessentwicklung

- 3D-Druck von Formgedächtnispolymeren (Schmelzschiichtung)
- Entwicklung programmierbarer, multifunktionaler Polymermaterialien
- Polymerveredelung durch Additivierung
- Synthesen zur Herstellung von Formgedächtnispolymeren
- Verarbeitung von Formgedächtnispolymeren zu Filmen, Folien, Rundsträngen und Granulaten

Charakterisierung

- Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Formgedächtnispolymeren (Universalprüfsysteme, Kugelrückprall-Tester)
- Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Formgedächtnispolymeren (DMA)
- Quantifizierung von Formgedächtniseigenschaften
- Untersuchungen zu den Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
- Untersuchungen zur Lebensdauer
- Verfahren zur Kontrolle der Formgedächtniseigenschaften, Programmierung von Einweg- und Zweiweg-Formgedächtniseffekten sowie von Temperaturgedächtniseffekten

Beratungsdienstleistungen

- Beratung zur Polymerauswahl und zur Prozesstechnik
- Erstellung von Machbarkeitsstudien



Forschungsbereichsleiter | Division director
Dr. Thorsten Pretsch

Formgedächtnispolymere
Shape-Memory Polymers

Dr. Thorsten Pretsch

Telefon +49 331 568-1414

Fax +49 331 568-3000

thorsten.pretsch@iap.fraunhofer.de

Mikroverkapselung/
Partikelanwendungen
Microencapsulation/
Particle Applications

Dipl.-Ing. Monika Jobmann

Telefon +49 331 568-1213

Fax +49 331 568-3000

monika.jobmann@iap.fraunhofer.de

Polymersynthese
Polymer Synthesis

Dr. Antje Lieske

Telefon +49 331 568-1329

Fax +49 331 568-3000

antje.lieske@iap.fraunhofer.de

Membranen und funktionale Folien
Membranes and Functional Films

Dr. Murat Tutuş

Telefon +49 331 568-3211

Fax +49 331 568-3000

murat.tutus@iap.fraunhofer.de

APPLICATIONS AND SERVICES

Polymer synthesis

Product development

- amino resins (formaldehyde-free as well)
- application-oriented (aqueous) concentrated polymer dispersions (hard spheres or film-forming or reactive adhesives)
- C-chain polymers
- synthetic and biobased polyesters, polyamides, polyurethanes

Process development

- optimization of technical polymer synthesis processes
- polycondensation in solution and melt
- polymer synthesis and polymer modification through reactive extrusion
- radical polymerization in solution, in bulk and in heterophase systems
- synthesis of polymers through polyaddition

Characterization

- determination of molecular weight distribution of polymers in organic solvents
 - determination of thermal properties of polymers (TGA/DSC)
 - rheological characterization of polymer melts, dispersions and solutions (rotational viscometer and oscillation rheometer)
-

Microencapsulation and particle applications

Microencapsulation and particle synthesis

- fluid bed coating
- inclusion polymerization of pigments, fluorescence markers and active substances
- morphology controlled heterophase polymerization
- particle synthesis via spray drying (also organic solvents possible)
- reactive and non-reactive microencapsulation of active ingredients and additives (pharmaceuticals, food and feed supplements, plastic additives, reaction components for adhesives and sealants and other components)
- surface modification of synthetic polymer colloids (ligand coupling, equipment as biomolecular carriers)

Characterization

- degradation and release studies for carrier systems and microencapsulated active ingredients and additives
 - determination of particle size and particle size distribution
 - determination of surface charge density of colloidal dispersions
 - electro-kinetic characterization of colloidal dispersions (streaming potential, electrophoretic mobility, zeta potential)
-

Membranes and functional films

Material synthesis

- functional coating (e.g. antibiotic)
- proteinogenic films and membranes
- REACH conformable membrane and film synthesis
- smart packaging
- synthesis of MOFs

Membrane development

- flat sheet membrane and hollow fiber preparation and characterization
- membranes for batteries, fuel cells, gas and liquid separation
- measurement of gas permeability of conventional and biological polymers
- preparation and characterization of thin film composite membranes
- production and characterization of mixed matrix membranes

Engineering

- machine building and modification
 - product and process development
 - scientific and technical consulting
-

Shape-memory polymers

Material and process development

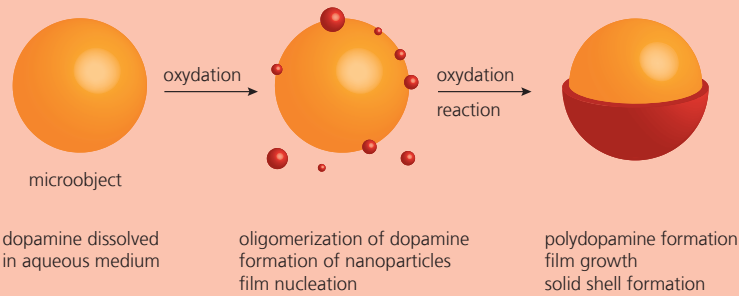
- 3D-printing of shape-memory polymers (fused filament fabrication)
- development of programmable, multifunctional polymer materials
- processing of shape-memory polymers to films, foil, round strands and granules
- refinement of polymers by additives
- shape-memory polymer synthesis

Characterization

- determination of thermal properties of shape-memory polymers (DMA)
- determination of mechanical properties of shape-memory polymers (universal testing machines, ball rebound tester)
- durability analysis
- investigation of structure-property relationships
- procedures to control shape-memory properties, programming of one-way and two-way shape-memory effects and of temperature-memory effects
- quantification of shape-memory properties

Consulting services

- advice about polymer materials and process technologies
 - preparation of feasibility studies
-



1

1 Anticipated mechanism of deposition of polydopamine nanolayers.

2 TGA curves for non-encapsulated xylene, polyacrylate microcapsules containing a liquid xylene core, and polyacrylate microcapsules containing a liquid xylene core with an additional polydopamine coating.

3 Change of color of the polyacrylate microcapsules after additional coating of polydopamine.

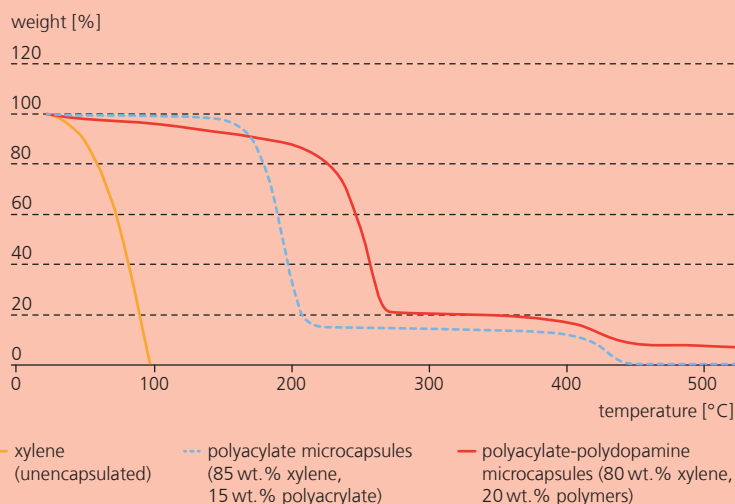
Polydopamin – ein neues Wandmaterial zur Mikroverkapselung

Polydopamin ist ein wasserunlösliches und chemisch stabiles Polymer, das aus seinem wasserlöslichen Präkursor Dopamin in wässrigem Medium synthetisiert werden kann. Das resultierende Polymer lagert sich auf jeder Oberfläche, die mit der Dopaminlösung benetzt wird, unabhängig von der Oberflächenhydrophobizität, in Form eines homogenen nanoskaligen Films ab. Es wird angenommen, dass dieser Selbstassemblierungsprozess durch in der Dopaminstruktur vorhandene Katechol- und Amineinheiten angetrieben wird. Die Abscheidung von Polydopamin auf makroskopischen Oberflächen wird bereits weitreichend genutzt, da die resultierenden Beschichtungen dünn (≤ 50 nm), beständig und biokompatibel sind und zudem gute Möglichkeiten für weitere chemische Modifikationen bieten.

Wir nutzen die einzigartigen Eigenschaften von Polydopamin für die Mikroverkapselung. Findet die Bildung des Polymers in einem Medium, das Mikroobjekte enthält, statt, scheidet sich das Polydopamin auf diesen Mikroobjekten ab und es entstehen im Ergebnis Kern-Schale-Mikropartikel mit versiegelten Polydopaminschichten auf deren Oberfläche (Fig. 1).

Das Verfahrensprinzip ähnelt stark dem Prozess der Mikroverkapselung mit Aminoharzen: Aminoharz kapseln werden durch eine in-situ Synthese des Duroplasten in wässrigem Medium aus wasserlöslichen Präkursoren mit anschließender Abscheidung des sich bildenden Polymers auf der Oberfläche von Feststoffteilchen, Emulsionströpfchen oder Gasblasen hergestellt. Die Aminoharze zählen seit Jahrzehnten zu den am häufigsten bei der Mikroverkapselung eingesetzten Kapselwandmaterialien. Wegen der Attraktivität des Kapselverfahrens (Selbstassemblierung), der hervorragenden Barriereigenschaften der resultierenden Kapselhüllen und niedriger Kosten der Präkursoren sind sie insbesondere für technische Anwendungen unverzichtbar geworden. Allerdings wird aufgrund der als krebserregend eingestuften Eigenschaften des zur Vernetzung des Aminoharzes eingesetzten Formaldehyds seit einigen Jahren verstärkt nach Alternativen gesucht. Dabei stehen Verfahren und Materialien im Vordergrund, die zu Mikrokapseln mit ähnlichem Bildungsmechanismus und technischer Leistungsfähigkeit führen. Unsere ersten Untersuchungen zeigen, dass Polydopamin aus technischer Sicht eine vielversprechende Alternative zu den Aminoharzen werden kann. Die thermische Stabilität (hier definiert als die Temperatur, bei der der Hauptmasseverlust auftritt) von Polyacrylatmikrokapseln mit flüssigem Xylokkern konnte nach der Beschichtung mit einer zusätzlichen Polydopaminhülle stark verbessert werden (+ 50 K) (Fig. 2). Dieses Ergebnis zeigt, dass die Barriereigenschaften der resultierenden Polydopamin-Schalen mit denen von Melamin-Formaldehyd-Harzen vergleichbar sind.

Obwohl die technische Leistung von Polydopamin hervorragend ist, ist es nicht zu erwarten, dass Polydopamin bald die am Markt etablierten Aminoharze ersetzen wird. Der Hauptgrund dafür ist der Preis der Präkursoren, der mindestens eine Größenordnung über dem Preis der Aminoharzvorkondensate liegt. Ein weiterer Grund ist die natürliche dunkelbraune Farbe des Polydopamins (Fig. 3), die es für Anwendungen, bei denen das optische Erscheinungsbild eine Rolle spielt, unattraktiv macht.



Polydopamine – a new microencapsulation material

Polydopamine is a water-insoluble, chemically stable polymer which can be synthesized in an aqueous medium from its water-soluble precursor dopamine. The resulting polymer deposits onto any surface covered by a dopamine solution – regardless of the surface hydrophobicity – creating a homogeneous nanoscale film. It is believed that this self-assembly process is driven by catechol and amine moieties, both present in the dopamine structure. Deposition of polydopamine on macroscopic surfaces is widely utilized, since the resulting coatings are thin (up to 50 nm), durable, biocompatible and offer good opportunities for further chemical modifications.

Our group utilizes the unique properties of polydopamine for microencapsulation purposes. If the polymer forms in a medium that contains micro-objects, these will be coated with a polydopamine layer too, resulting in core-shell microparticles with sealed polydopamine shells (Fig. 1). This process very much resembles the process of microencapsulation in amino resins, which also implies in-situ synthesis of the thermoset in an aqueous medium of water-soluble precursors. This is followed by the deposition of the forming polymer on the surface of the solid particles, emulsion droplets or gas bubbles present in the medium. For many years amino resins were the most popular materials for microencapsulation, especially for technical applications, because the process was highly convenient (self-assembly), the resulting capsule shells had outstanding barrier properties, and the precursors were inexpensive. However, changes have been recently made to the safety regulations for one of the resin's main ingredients. Formaldehyde, which is used to cross-link the resin, has been declared carcinogenic. Therefore, safer alternatives to create microcapsules with a similar formation mechanism and technical performance are actively being sought. Our initial investigations show that, from a technical point of view, polydopamine can be a very promising alternative to amino resins. For example, the thermal stability of polyacrylate microcapsules with a liquid xylene core (defined as the main step of mass loss) was largely enhanced (over 50 K) after being coated with an additional polydopamine shell (Fig. 2). The findings indicate that the barrier properties of the resulting polydopamine shells are comparable to those of melamine-formaldehyde resins, which are often used as a benchmark in the world of microencapsulation.

Though the technical performance of polydopamine is outstanding, we do not expect that it will replace amino resins on the market anytime soon. The main reason is the price of the precursors, which is at least one order of magnitude above the price of amino resin precursors. Another reason is the natural dark brown color of the polymer (Fig. 3), which makes it unattractive for applications in which optical appearance plays a role.

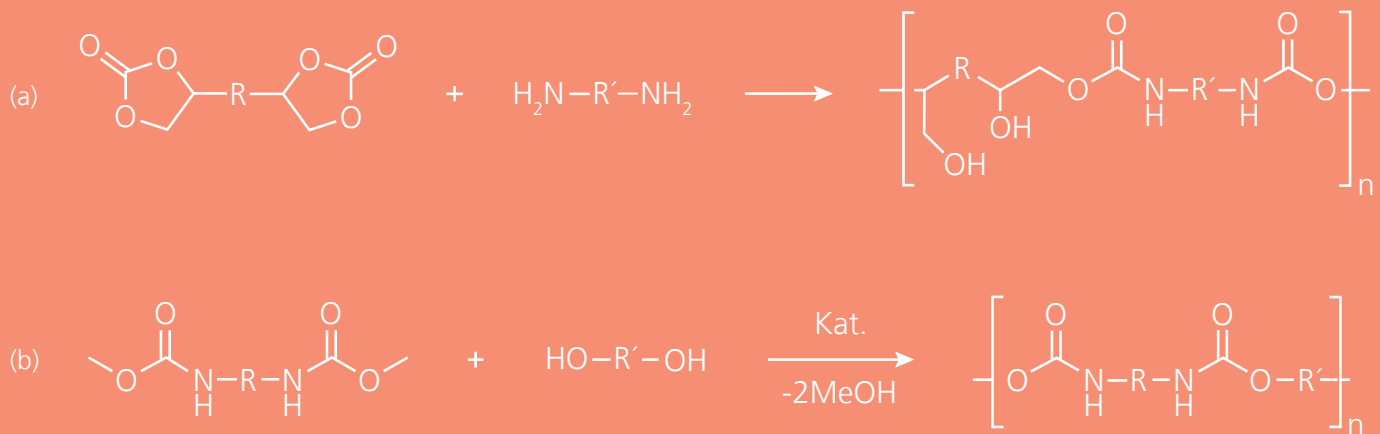


Dr. Alexandra Latnikova

Telefon +49 331 568-1207

Fax +49 331 568-3000

alexandra.latnikova@iap.fraunhofer.de



1

Isocyanatfreie Herstellung von Polyurethanen – auf dem Weg zur industriellen Umsetzung

Polyurethane (PUs) zeichnen sich durch Materialeigenschaften aus, die sich auf vielfältige Anwendungen maßschneidern lassen. So findet man PUs z.B. als Lacke, Schaumstoffe, Elastomere und Klebstoffe. Diese Vielfalt beruht auf einem Baukastensystem aus Polyolen, Isocyanaten und Kettenverlängerern, die zu Block-Copolymer-Strukturen zusammengesetzt werden. Mit einem globalen Marktvolumen von 50 Milliarden US-Dollar pro Jahr liegen PUs auf dem fünften Platz der am meisten produzierten Kunststoffe.

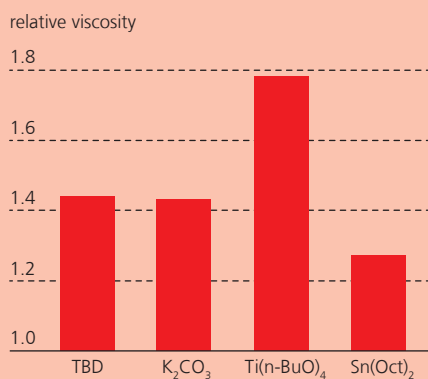
Zur Produktion von PUs werden Isocyanate benötigt, die durch ihre hohe Reaktivität kurze Reaktionszeiten sowie Reaktivformulierungen wie Bauschaum oder schnellhärtende Lacke ermöglichen. Die hohe Reaktivität der Isocyanate verursacht allerdings auch deren toxische Wirkung auf Organismen. Zusätzlich erfordert die Herstellung der Isocyanate hochproblematische Substanzen wie Phosgen. Seit 2016 läuft ein Verfahren zur Einschränkung der Nutzung von Isocyanaten bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA). Daher werden seit wenigen Jahren alternative Synthesewege zu PUs erforscht, die ohne Isocyanate auskommen [1]. Zwei Wege gelten als besonders aussichtsreich (Fig. 1): Die Polyaddition von Diaminen an Dicyclocarbonate zu Poly(β -hydroxyurethanen) sowie die Polykondensation von Dicarbamaten und Diolen zu Polyurethanen. Obwohl der Mechanismus der Polyaddition dem der klassischen Polyurethansynthese ähnelt, ermöglicht nur die Polykondensation PUs, die den bekannten Systemen entsprechen [2]. Eine potenzielle industrielle Umsetzbarkeit ergibt sich durch die Verwandtschaft mit der Polykondensation von Dimethylterephthalat und Ethylenglycol zu PET.

Im Rahmen eines Discover-Projekts sollten aus der Literatur bekannte Prozesse optimiert und näher an eine industrielle Anwendbarkeit gebracht werden. Dazu wurden Modellsysteme eingesetzt, die aus einem aliphatischen Dimethylcarbamate (DMHC), 1,4-Butandiol und den Weichsegmenten PEG bzw. PTHF bestanden. Verschiedene Katalysatoren für die Umesterung des Dimethylcarbamats wurden untersucht: Neben klassischen Veresterungs-Katalysatoren wie Titanterabutanolat wurden 1,5,7-Triazabicyclo[4.4.0]-dec-5-en (TBD) und Kaliumcarbonat (K_2CO_3) eingesetzt. Als Vergleichsgröße wurde die relative Viskosität der Polymerlösungen gewählt, die mit der mittleren Molmasse der gelösten Polymere korreliert. Die Molmasse der PUs hängt vom möglichst vollständigen Umsatz der Kondensationsreaktion ab und bietet damit einen Zugang zur Effektivität der Katalysatoren (Fig. 2).

Während alle untersuchten Substanzen die Reaktion katalysieren, stellte sich Titanterabutanolat als beste Alternative heraus. Zusätzlich gelang es, die publizierten Reaktionsdauern von 20 Stunden bei Temperaturen bis zu 200 °C auf 10 Stunden bei 160 °C zu reduzieren. Damit wurde die Basis für einen Prozess geschaffen, der industriellen Polykondensationsprozessen entspricht und mit dessen Hilfe isocyanatfreie Polyurethane mit vielversprechenden Eigenschaften entwickelt werden können.

Literatur Literature

- [1] A. Cornille, R. Auvergne, O. Figovsky, B. Boutevin, S. Caillol: *A perspective approach to sustainable routes for non-isocyanate polyurethanes*, European Polymer Journal 87, pp. 535–552 (2017)
- [2] S. Li, Z. Sang, J. Zhao, Z. Zhang, J. Cheng, J. Zhang: *Synthesis and properties of non-isocyanate aliphatic crystallizable thermoplastic poly(ether urethane) elastomers*, European Polymer Journal 84, pp. 784–798 (2016)



2

1 The two most promising synthesis strategies for producing isocyanate-free polyurethanes: (a) polyaddition of amines to cyclic carbonates; (b) polycondensation of dicarbamates and diols.

2 Relative viscosities of 1% NMP solutions of polyurethanes synthesized with a 10 h reaction time at 160 °C using a variety of catalysts.

Isocyanate-free production of polyurethanes – approaching industrial feasibility

Polyurethanes (PUs) offer a wide variety of material properties that can be tailored for their intended use. Hence, they are found in such diverse applications as coatings, foams, elastomers and adhesives. Their high variability is the result of a system of building blocks. The soft segments of these building blocks are polymer diols, while diisocyanates and chain extenders form the hard segments in the resulting PUs. Global market revenues from PU production are about US\$ 50 billion per year, with PUs being the fifth most-produced plastic in the world.

The production of PUs relies on isocyanates whose high reactivity allows for short reaction times and reactive formulations such as construction foam or fast-curing varnishes. This high reactivity, however, also gives rise to the hazardous effects of isocyanates, making them potent sensitizers. Furthermore, isocyanates are produced from even more hazardous substances, like phosgene. As a result, the European Chemical Agency has been discussing to restrict the use of isocyanate since 2016. Consequently, alternative synthetic processes for isocyanate-free PU production have been investigated for some years now [1]. Two strategies prove to be especially promising (Fig. 1): One is a polyaddition reaction of diamines on cyclic dicarbonates that yield poly(β -hydroxyurethanes). The second is the polycondensation of dicarbamates and diols to produce polyurethanes. Even though the mechanism of the former corresponds to the traditional PU production process, only the latter allows for the production of the traditional PU structure that resembles conventional materials [2]. Industrial feasibility can be expected for the latter, since polycondensation processes are well-established e.g. in the production of PET from dimethyl terephthalate and ethylene glycol.

As part of a Fraunhofer Discover project, processes for isocyanate-free synthesis of polyurethanes, known from literature, were optimized and adapted for industrial applications. Several catalysts were screened for the transurethanization reaction of the carbamate and corresponding alcohol using a model system consisting of polyether diols (PEG, PTHF), an aliphatic dimethyl dicarbamate (DMHC) and 1,4-butanediol. Catalysts included traditional transesterification catalysts like titanium butoxide, organic bases like 1,5,7-triazabicyclo[4.4.0]-dec-5-ene, and potassium carbonate. Relative viscosity of the polymer solutions was chosen as a reference value for the molar masses of the PUs and thus as a way to measure the effectiveness of the catalyst (Fig. 2).

While all of the investigated substances catalyze the polycondensation, titanium butoxide proves to be the most feasible alternative. Furthermore, the 20-hour reaction times and high reaction temperatures of up to 200 °C, as described in the literature, were reduced to 10 hours and 160 °C. This project has enabled us to develop isocyanate-free PU materials as an alternative to traditional TPU processes.



Dr. Christoph Herfurth

Telefon +49 331 568-1212

Fax +49 331 568-3000

christoph.herfurth@iap.fraunhofer.de

Kontakt Contact

Förderung Funding

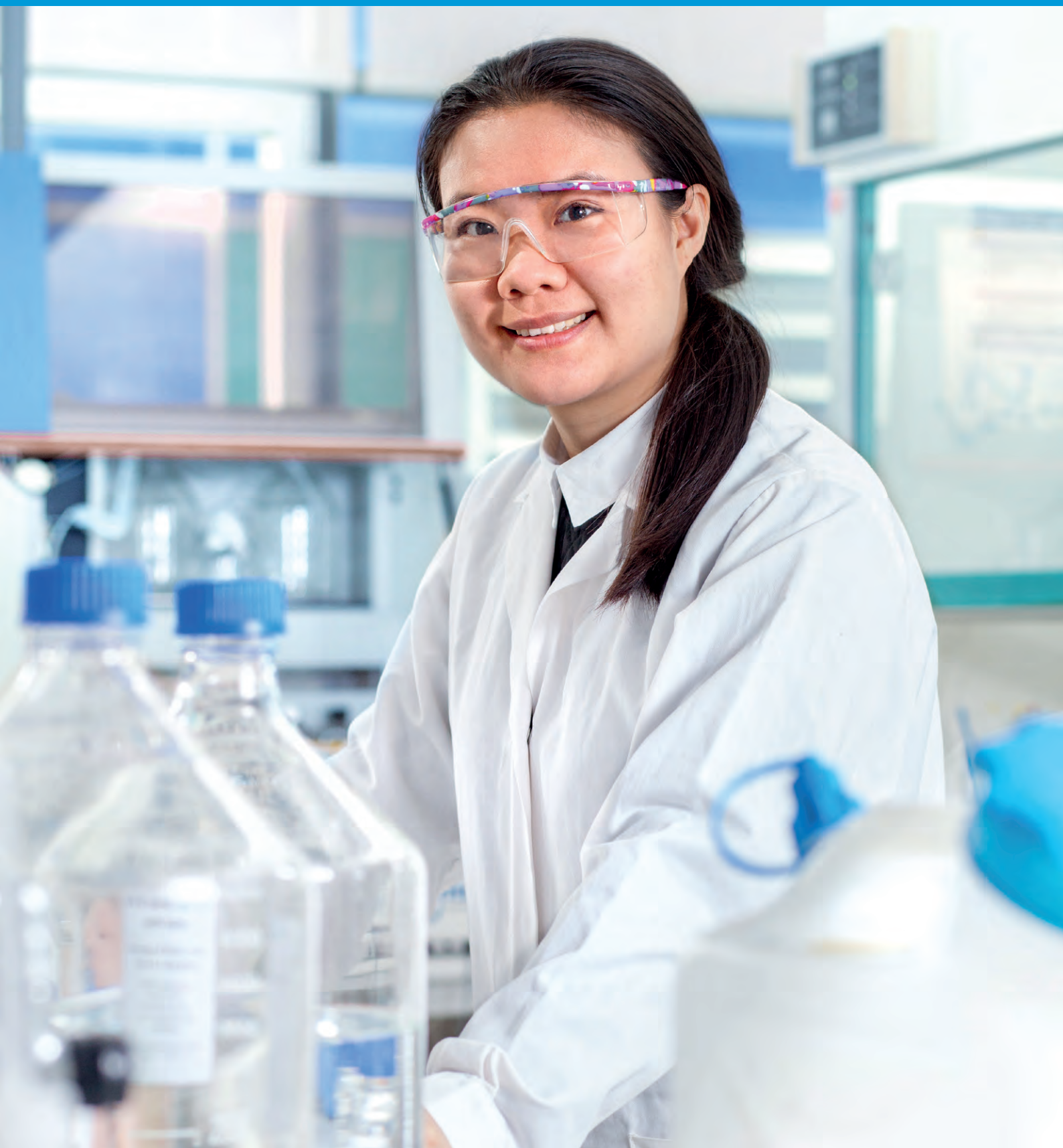
– gefördert im Rahmen der internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft, Fördernummer Discover 833 460

LIFE SCIENCE UND BIOPROZESSE

LIFE SCIENCE AND BIOPROCESSES

- 78** Life Science und Bioprozesse
Life science and bioprocesses
- 82** Anwendungen und Dienstleistungen
Applications and services
- 86** Maßgeschneiderte Kosmetikformulierungen
Tailored cosmetic formulations
- 88** Enzymatisch aktive Dünnschichten als Katalysatoren
für die Synthese von Feinchemikalien
Enzymatically active thin films as catalysts
for the synthesis of fine chemicals

 | p | i | o | n | e | e | r | s | | i | n | | p | o | l | y | m | e | r | s |



LIFE SCIENCE UND BIOPROZESSE

Der Forschungsbereich Life Science und Bioprozesse hat nach seiner Neuaufstellung im Jahr 2016 eine gute Entwicklung genommen. Durch Zusammenlegung der Aktivitäten in den Bereichen Biotechnologie und Proteinmaterialien wurde die Abteilung Funktionale Proteinsysteme/Biotechnologie geschaffen, die sich der Integration von funktionalen Bausteinen aus der Natur in polymere Werkstoffe widmet. Sie leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Leistungszentrum »Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen« das im April 2017 offiziell gestartet ist. Diese Finanzierung sowie weitere große Projekte des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) schaffen zurzeit die Grundlagen für den Ausbau der Aktivitäten in Richtung industrieller Anwendung. So werden beispielsweise neuartige Membranen aus Proteinen und synthetischen Polymeren in den nächsten Jahren bis zur industriellen Reife entwickelt. Nachdem der Einbau funktionaler Proteinkanäle in synthetische Polymermembranen erfolgreich gezeigt wurde, liegt mit dem bewilligten Fortsetzungsantrag des BMBF zu »Chiralen Membranen« der Schwerpunkt auf der großflächigen Herstellung der Proteinmembranen. In dem Ansatz fungieren die Kanal-Proteine als Membranporen, die in eine ultradünne Polymerschicht von 5–10 Nanometern eingebettet werden.

Die Abteilung Funktionale Proteinsysteme ist zudem auf dem Gebiet der Glykopolymere aktiv und kann insbesondere bei den Produktionsmethoden einen deutlichen Fortschritt verzeichnen. Im Jahr 2017 standen insbesondere die wirtschaftliche Herstellung von Glykomonomeren und -polymeren im Vordergrund sowie der Einsatz von biogenen Rohstoffen. Der Grundstein für innovative Projekte sowohl im Rahmen des Leistungszentrums »Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen« als auch mit dem Forschungsbereich PYCO wurde gelegt und wird die Einsatzmöglichkeiten dieser Substanzklasse weiter vergrößern. Zukünftig sollen insbesondere Anwendungen im Bereich Diagnostik und Life Sciences erarbeitet werden.

Darüber hinaus wurden neue Konzepte zur Enzymimmobilisierung und -modifizierung verfolgt. Der Einbau von Enzymen in polymere Matrices verspricht die Möglichkeit, diese außerhalb ihrer gewohnten Umgebung nicht nur zu stabilisieren und einer Wiederverwendbarkeit zugänglich zu machen, sondern auch biokatalytisch aktive, dünne Schichten zu generieren, an denen auf sehr effektive und vor allem spezifische Weise chemische Umsetzungen stattfinden können. Dies ist vor allem für den Bereich der Feinchemikaliensynthese und der Sensorik von Bedeutung.



Weitere Untersuchungen widmen sich der Entwicklung und Etablierung von Konzepten und Herstellungsverfahren für schaltbare Proteinaktivität. Hier soll es vor allem darum gehen, biokatalytische Prozesse gezielt durch externe Parameter wie der Temperatur von außen zu beeinflussen. Darüber hinaus wurden im vergangenen Jahr auch Aktivitäten gestartet, die sich mit der chemischen und molekularbiologischen Modifizierung von Strukturproteinen befassen, um diese für die ökologisch nachhaltige Ausrüstung von textilen Oberflächen mit schmutzabweisenden Schichten nutzbar zu machen.

Diese Konzepte zusammenzufassen und weiter Richtung Anwendung und Verwertung voranzutreiben wird zukünftig das Ziel der Aktivitäten sein. Die im Labormaßstab gezeigten Integrationen biologischer Komponenten in Polymermatrices sollen schließlich mit Hilfe neuer bzw. angepasster Verarbeitungsmethoden im großtechnischen Maßstab auf Polymermaterialien und Bauteile übertragen werden.

Im Bereich Biotechnologie wurden verschiedene Industrie- und öffentlich-geförderte Projekte erfolgreich durchgeführt. Im Fokus stehen sowohl das metabolic engineering als auch der anschließende Fermentations- und Aufarbeitungsprozess von Pilzen und Bakterien. Ziel sind unter anderem der Polymerbaustein Isopren, die Herstellung von Drop-In Biokraftstoffen aus landwirtschaftlichen Reststoffen sowie rekombinante Seidenproteine. Speziell im Bereich der Seidenproteine konnte entlang der gesamten biotechnologischen Prozesskette der Weg vom Gen bis hin zum Material gezeigt werden. Zukünftige Arbeiten werden darauf ausgerichtet sein, weitere – noch nicht in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehende – Seidenproteine herzustellen sowie diese in Hochleistungsmaterialien zu überführen.

Andere Projekte mit Industriebeteiligung zielen auf die Herstellung optimierter Proteine, um hochfunktionalisierte Fasern zu erhalten bzw. durch Modifikation von Polysacchariden neue Anwendungsgebiete für Stärke in Kosmetik und Personal Care zu generieren.

Die Abteilung Biomaterialien und Healthcare hat 2017 ein neues Detektionssystem auf der Basis von Kaninchen-Primärantikörpern entwickelt, dessen Leistungsfähigkeit signifikant besser ist als bereits am Markt angebotene Vergleichssysteme. Dies führt dazu, dass einerseits der Stand der Technik verbessert und neu definiert werden konnte. Andererseits kann, ohne die Spezifität negativ zu beeinflussen, die Antikörperkonzentration in der Verwendung der Materialien verringert werden, wodurch Verwendungskosten reduziert und die Systeme sowohl preislich als auch qualitativ vor dem Wettbewerb am Markt positioniert werden können. Im Zuge der anstehenden Markteinführung wird der Projektpartner auf die am Fraunhofer IAP generierten Ergebnisse zurückgreifen und Detektionssysteme sowohl produzieren, vertreiben, als auch gemeinschaftlich mit dem Fraunhofer IAP weiterentwickeln.

LIFE SCIENCE AND BIOPROCESSES

The Life Science and Bioprocesses research division has developed well since its reorganization in 2016. Activities in the fields of biotechnology and protein materials were merged to create in the Functional Protein Systems/Biotechnology department which is dedicated to integrating functional building blocks from nature into polymeric materials. In this way, it is contributing significantly to the High-Performance Center Integration of Biological and Physical-Chemical Material Functions which officially started in April 2007. Funding and other major projects of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) are currently laying the foundations for an expansion of activities towards industrial applications. In the coming years, innovative membranes made from proteins and synthetic polymers will be developed until they reach industrial maturity. The integration of functional protein channels into synthetic polymer membranes has been a proven success and the reapproved BMBF project Chiral Membranes will now focus on the large-scale production of protein membranes. In this approach the channel proteins act as membrane pores which are embedded in an ultra-thin polymer layer measuring 5–10 nanometers.

The Functional Protein Systems/Biotechnology department also conducts research into glycopolymers and has made great strides in improving production methods. In 2017 focus was placed on the cost-effective production of glycomonomers and glycopolymers, as well as the utilization of biogenic raw materials. The cornerstone for innovative projects has been laid both in the context of the High-Performance Center Integration of Biological and Physical-Chemical Material Functions and the PYCO research division. The result has been an expansion of new application possibilities for this class of substances. In the future, applications will be developed in the area of diagnostics and life sciences.

New concepts for enzyme immobilization and modification were also pursued. The integration of enzymes into polymer matrices promises not only to stabilize them outside their natural environment and to open up the possibility of reusability, but also to generate active thin layers on which chemical reactions can take place in a very effective and, above all, specific way. This is especially important for fine chemical synthesis and sensor technology.

Further tests are dedicated to the development and establishment of concepts and production methods for switchable protein activity. This involves specifically influencing biocatalytic processes through external parameters such as temperature. In addition to this, activities were launched last year involving the chemical and molecular-biological modification of structural proteins which will enable them to be used to finish textile surfaces with dirt-repellant coatings in an ecologically sustainable way.

Combining these concepts and advancing them towards application and utilization will be the goal of these activities in the future. The integration of biological components into polymer matrices, achieved so far on a lab-scale, will be transferred to components on an industrial scale with the aid of new and/or adapted processing methods.

Various industrial and publicly funded projects were successfully conducted in the area of biotechnology. Focus was on metabolic engineering as well as the subsequent fermentation and refinement process of fungi and bacteria. The aim is the production of drop-in biofuels from agricultural residues, the polymer building-block isoprene, and recombinant silk proteins. With respect to silk proteins, the pathway from gene to material could be demonstrated along the entire biotechnological process chain. Future work will be directed at producing additional silk proteins that are not yet available in sufficient quantities and to transfer these to high-performance materials.

Other projects being conducted in conjunction with industry partners focus on producing optimized proteins in order to achieve highly functionalized fibers and on the generation of new application areas for starches in the cosmetic and personal care sector by modifying polysaccharides.

In 2017 the Biomaterials and Healthcare department developed a new detection system based on primary antibodies from rabbits. Their performance is significantly better than comparable systems already on the market. This has led to an improved and redefined state of technology. At the same time, the antibody concentration can be reduced when using these materials without negatively influencing specificity. This, in turn, lowers application costs and positions the systems ahead of the market competition in terms of price and quality. In the course of the upcoming market launch, our project partner will rely on the results generated at the Fraunhofer IAP and produce, sell and – in collaboration with the IAP – further develop these detection systems.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Synthesen und

Verfahren für ausgewählte Anwendungen

- Beschichtungen und Oberflächenmodifizierung
 - chemische Modifizierung von Polymeren
 - chemische Modifizierung von Proteinen
 - Dispersions- und Emulsionspolymerisation in wässrigen, inversen und nichtwässrigen Systemen
 - Hydrogele
 - Mikrokontaktdruck auf Flächen und Partikeln
 - neue Funktionsmonomere, Initiatoren und Kettenüberträger
 - Peptidsynthese
 - Protein-Polymer Konjugate
 - Wellensubstrate
-

Definierte Molekülarchitekturen

- biofunktionelle Polymere, Glykopolymere
 - Block- und Pfropfcopolymere
 - maßgeschneiderte Partikelgrößen und -verteilungen im Nano- und Mikrometerbereich
 - partiell funktionalisierte Partikel
 - Polyelektrolyte mit gezielt eingestellter Ladungsdichte, Ladungsstärke, variablem Verhältnis hydrophiler und hydrophober Anteile
 - schaltbare Polymere
-

Entwicklung von Medizinprodukten, Healthcare und Kosmetik

- Biomaterialentwicklung und -synthese
 - Entwicklung bioaktiver Oberflächen
 - Entwicklung und Herstellung von Implantaten
 - Entwicklung von kosmetischen Formulierungen
 - Farb- und Fluoreszenz-Markierung für Diagnostik, Sensoren und medizinische Therapien
 - gezielte »intelligente« Wirkstofffreisetzung
 - Hilfsstoffe für Kosmetika und Pharmazeutika
 - Oberflächenfunktionalisierungen
 - Präparation von Oberflächen als Träger von Biomolekülen für die medizinische Diagnose
 - Synthese von pharmazeutischen Wirkstoffen
-

Oberflächenanalysen

- (konfokale) Fluoreszenzmikroskopie, digitale 2D- und 3D-Mikroskopie
- Messung von Kontaktwinkel, Ober- und Grenzflächen-spannung und freie Oberflächenenergie
- Oberflächenanalyse durch UV/VIS/NIR Absorptions- und Reflexionsmessungen
- Rasterkraftmikroskopie, mechanische Analyse

Biologische in-vitro Untersuchungen

- Assay Entwicklung
- Biokompatibilitätsuntersuchungen
- Grenzflächenbiologie
- in-vitro Diagnostik-Entwicklung
- Kinetik biomolekularer Interaktionen
- mikrobiologische Untersuchungen mit humanpathogenen Erregern nach § 44 IfSG
- Prüfungen auf Zytotoxizität
- Untersuchungen mit primären humanen Zellen
- Zellkulturen (Primär- und Zelllinien)

Analytik von Biomaterialien für die Medizintechnik

- mikroskopische Untersuchungen
- Refraktionsindexbestimmung von Flüssigkeiten und Polymeren
- Restmonomeren- und Restlösemittelbestimmung
- Untersuchungen ophthalmologischer Implantate und Explantate
- Untersuchungen von Brustimplantaten

Biotechnologie

- biotechnologische Produktion monomerer Buildingblocks für die Herstellung biobasierter Polymere
- Charakterisierung von Enzymen und Entwicklung biokatalytischer Verfahren
- Engineering und Produktion von Enzymen, Strukturproteinen u.a.
- Entwicklung/Optimierung von Fermentations- und Downstreamprozessen (Multibioreaktoranlage mit Online-Analytik: pH, pO₂, Biomasse, Zuluft, Abluft)
- Fraktionierung von Cellulose, Hemicellulose und Lignin
- Scale-up biotechnologischer Prozesse (2–100 L)
- Stammentwicklung (S1, S2) and Metabolic Engineering
- Verwertung pflanzlicher Reststoffe als Fermentationssubstrat



Forschungsbereichsleiter | Division director
Prof. Dr. Alexander Böker (acting)

Funktionale Proteinsysteme

Functional Protein Systems

Prof. Dr. Alexander Böker

Telefon +49 331 568-1112

Fax +49 331 568-3000

alexander.boeker@iap.fraunhofer.de

Biomaterialien und Healthcare

Biomaterials and Healthcare

Dr. Joachim Storsberg

Telefon +49 331 568-1321

Fax +49 331 568-331321

joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

Biologische Bausteine und

Bioprozessentwicklung (seit 2|2018)

Biological Building Blocks and

Bioprocess Development (since 2|2018)

Dr. Maren Wandrey

Telefon +49 331 568-1330

Fax +49 331 568-3000

maren.wandrey@iap.fraunhofer.de

APPLICATIONS AND SERVICES

Syntheses and processes for selected applications

- coatings and surface modification
 - chemical modification of polymers
 - chemical modification of proteins
 - dispersion and emulsion polymerization in aqueous, inverse and non-aqueous systems
 - hydrogels
 - microcontact printing on surfaces and particles
 - new functional monomers, initiators and chain transfer agents
 - peptide synthesis
 - protein-polymer conjugates
 - wrinkled substrates
-

Defined molecular architectures

- biofunctional polymers, glycopolymers
 - block and graft copolymers
 - polyelectrolytes with tailored charge density, ionic strength, variable hydrophobic-hydrophilic balance
 - polyzwitterions
 - “smart” polymers
 - synthesis of patchy particles
 - tailored particle sizes and size distributions in nano and micron range
-

Development of medical devices, healthcare and cosmetics

- additives for cosmetic and pharmaceutical formulations
 - color and fluorescence labeling for diagnostics, sensors and medical therapies
 - controlled “smart” drug release
 - development and synthesis of biomaterials
 - development of bioactive surfaces
 - development of cosmetic formulations
 - development of implants
 - preparation of surfaces as biomolecule carriers for medical diagnostics
 - surface modifications
 - synthesis of active pharmaceutical compounds
-

Surface analysis

- (confocal) fluorescence microscopy, digital 2D and 3D microscopy
 - measurement of contact angle, surface and interfacial tension and free surface energy
 - scanning force microscopy, mechanical analysis
 - surface analysis by UV/VIS/NIR absorbance and reflectance measurements
-

Biological in-vitro investigations

- assay development
 - biocompatibility testings
 - cell biology of surfaces and interfaces
 - cytotoxicity assays
 - development of in-vitro diagnostic system
 - kinetics of biomolecular interactions
 - microbiological examinations using human pathogens according to § 44IfSG
 - tests using primary human cells
 - tissue culture (primary cells and cell lines)
-

Analysis of biomaterials for medical engineering

- examination of breast implants
 - examination of ophthalmologic implants and explants
 - identification and quantification of solvents and monomers residual
 - measurement of refraction indices of liquids and polymer films
 - microscopic analysis
-

Biotechnology

- biotechnological production of building blocks for the synthesis of biobased polymers
 - characterization of enzymes and biocatalytic processes
 - development and optimization of fermentation and downstream processes (multi-bioreactor plant with online analytics: pH, pO₂, viable biomass, gas inlet and outlet)
 - engineering and production of enzymes, structural proteins, etc.
 - fractionation of cellulose, hemicellulose and lignin
 - scale-up of upstream and downstream processes (2–100L)
 - strain development (S1, S2) and metabolic engineering
 - utilization of plant biomass as substrat for fermentations
-



- 1 Example of a typical emulsion, used in anti-aging products.
- 2 Test application of an eyelash booster formulation.
- 3 Microbiological testing: Shown is a representative photograph of growing *Candida albicans* (left) and inhibited growth of *Candida albicans* as a result of treatment with a cosmetic preservative (right).

Maßgeschneiderte Kosmetikformulierungen

Naturbasierte Kosmetik

Kosmetische Produkte spielen schon seit tausenden Jahren eine bedeutende Rolle, denn ein Großteil der Menschen möchte dem Schönheitsideal der Jugend entsprechen. Sie suchen daher nach wirksamen Hilfsmitteln und Behandlungsmöglichkeiten. Naturkosmetika bieten eine nachhaltige und umweltbewusste Alternative zu vollsynthetischen Präparaten beziehungsweise invasiven Eingriffen (Unterspritzungen). Pflanzliche Naturstoffe liegen hier gerade aufgrund des geringeren Risikos einer allergischen Reaktion beim Patienten im Trend. Urvölker haben bereits vor Jahrtausenden die Vielfältigkeit und die Fülle von natürlichen und wirkungsvollen Stoffen entdeckt und sie zur Anwendung gebracht. Jedoch müssen die pflegenden und wirksamen Substanzen auch zum Zielort in der Haut transportiert werden. Das Fraunhofer IAP forscht an ausgeklügelten Transportsystemen, basierend auf Tensid stabilisierten Emulsionen (Fig. 1). So wurde z.B. auch eine naturbasierte kosmetische Formulierung zur Wimpernverlängerung entwickelt und getestet (Fig. 2).

Emulsionen in der Kosmetik

Emulsionen sind in der Kosmetikbranche unverzichtbar und stellen die Grundlage vieler Pflegeprodukte dar. Die Wirkungen der jeweiligen Produkte sind unmittelbar von der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe abhängig. Nur so kann am Zielort die optimale Wirkung entfaltet werden. Die Grundlage der Formulierung gewährt etwa 80 Prozent der Produktwirkung, wobei hautähnliche Bestandteile in der Formulierung nicht ersetzbar sind. Daher genießen kosmetische Emulsionen aufgrund ihrer leichten Anwendung und der pflegenden Eigenschaften, auch Hautfreundlichkeit genannt, eine hohe Akzeptanz bei den Verbrauchern. Cremes, Lotionen und Seren beispielsweise sind wichtige kosmetische Produkte in Form von Emulsionen, die im Wesentlichen aus lipophilen Bestandteilen und Wasser bestehen.

Sichere Beurteilung von Kosmetika

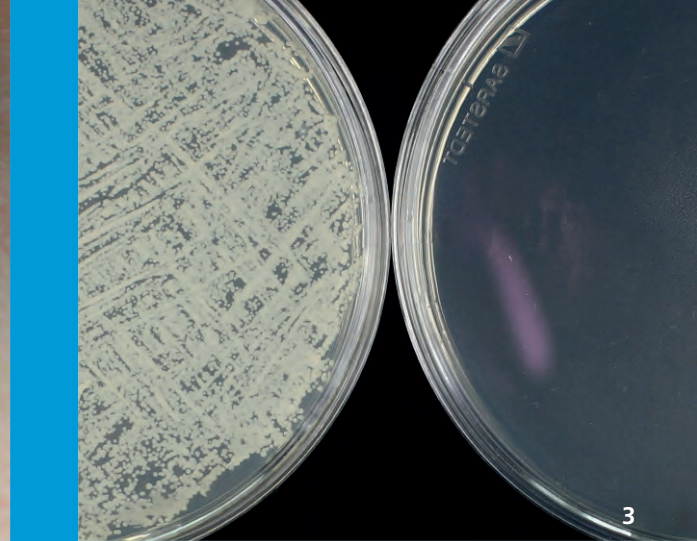
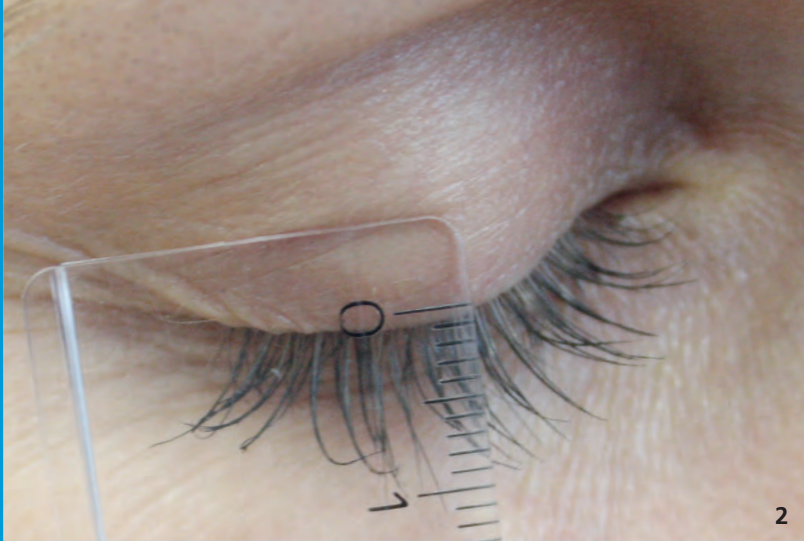
Für die Wirksamkeit einer potenziellen kosmetischen Rezeptur ist nicht nur die Zusammensetzung entscheidend, es müssen vielmehr auch Kriterien zur Sicherheit des Produkts (Sicherheitsbewertung) beachtet werden. Neben einer Vielzahl von Kriterien fällt auch die mikrobiologische Belastbarkeit, also ein Maß wie stabil sich ein kosmetisches Produkt im täglichen Gebrauch erweist, in die Liste der durchzuführenden Untersuchungen. Bei dieser Untersuchung wird die kosmetische Formulierung mit bestimmten Prüfkeimen, Hefen, Pilzen und Bakterien beimpft, um anschließend die Wirksamkeit der Konservierung zu überprüfen (Fig. 3).

Erhöhung der Bioverfügbarkeit und Performance

Durch geschickte und auf den Wirkstoff und den Zweck abgestimmte Formulierungen lässt sich die Bioverfügbarkeit aktiver und pflegender Rezepturkomponenten steigern. Damit kann die Performance signifikant erhöht werden [1].

Literatur Literature

[1] J. Storsberg, M. Laughton, M. Geyer, M. Kumpugdee-Vollrath, C. Schmidt: *Improving the bioavailability of pharmacologically active substances in pharmaceutical and cosmetic formulations*, Asian Journal of Pharmaceutical Sciences 11 (1), pp. 33–34 (2016)



Tailored cosmetic formulations

Nature-based cosmetics

Cosmetic products have played a major role in our lives for thousands of years because humans are forever in search of beauty aids and treatments to give them the idealized look of youth. Natural cosmetics offer a sustainable and environmentally friendly alternative to fully synthetic products and invasive procedures (subcutaneous injections). Natural plant-based materials are currently trending with patients due to their low risk of producing an allergic reaction. Thousands of years ago indigenous peoples discovered the variety and abundance of natural and effective substances and began using them. However these effective skincare substances also have to be transported to their target location in the skin. The Fraunhofer IAP investigates sophisticated transport systems based on tenside-stabilized emulsions (Fig. 1). For example, a natural based formulation for lash enhancement was developed and tested (Fig. 2).

Emulsions in cosmetics

Emulsions are at the heart of many personal care products and are indispensable to the cosmetics industry. Choosing the proper ingredients is vital to achieving the desired effects of the care product. The basis of the formulation bestows around 80 percent of the product's effectiveness, with skin-mimicking components being an irreplaceable part of the formulation. Cosmetic emulsions enjoy a high level of consumer acceptance thanks to their skin-care properties and ease of application. Creams, lotions and sera are important cosmetic emulsion products which primarily consist of lipophilic ingredients and water.

Assessing the safety of cosmetics

The performance of a potential cosmetic formulation depends not only on its composition, but also on its ability to fulfil product safety criteria as determined through safety assessments. One such criterion is the resistance of a formulation to potential contamination. Here the formulation is inoculated with specific yeasts, fungi and bacteria to test the effectiveness of the product's preservative (Fig. 3).

Increased bioavailability and performance

The bioavailability of active components can be increased by utilizing tailored formulas to suit the desired applications. The result is a significant improvement in performance [1].



Dr. Joachim Storsberg

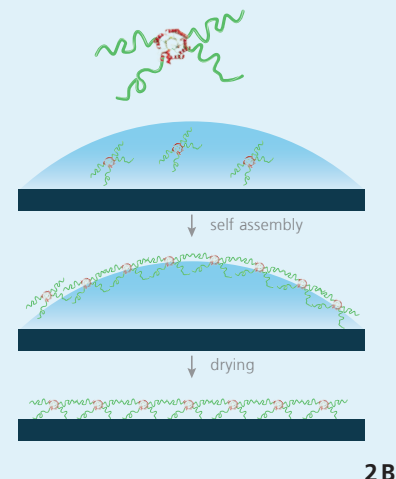
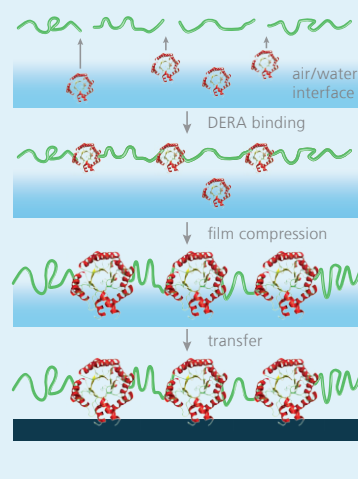
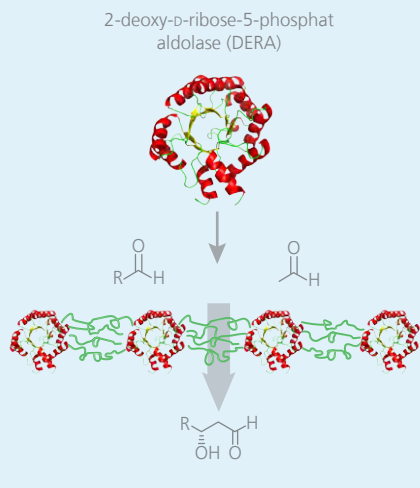
Telefon +49 331 568-1321

Fax +49 331 568-331321

joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

Kooperation Collaboration

- Dr. Christian Schmidt,
Fraunhofer IAP
- B.Sc. Mine Kaya
(3. Preis SEPAWA e.V., herausragender Bachelorabschluss 2016)
- B.Sc. Hilal Bahceci
(1. Preis SEPAWA e.V., herausragender Bachelorabschluss 2017)



Enzymatisch aktive Dünnschichten als Katalysatoren für die Synthese von Feinchemikalien

Enzyme sind Biokatalysatoren, die auf sehr effiziente Weise zum Teil hochselektive chemische Umsetzungen ermöglichen, die sonst nur, wenn überhaupt, unter harschen Bedingungen oder unter Einsatz toxischer bzw. teurer Zusatzkomponenten möglich sind. Aus diesem Grund versucht man schon seit geraumer Zeit, Enzyme für verschiedenste Anwendungen nutzbar zu machen. Inzwischen finden sich Enzyme unter anderem als Zusätze in Waschmitteln, bei der Nahrungsmittelveredelung und in der Biosensorik. Ein weiterer wichtiger Zweig ist der Einsatz von Enzymen in der Synthese von Feinchemikalien, die unter anderem im Bereich der Pharmazie von Bedeutung sind. Ein Grundproblem bei der Nutzung von Enzymen außerhalb ihrer natürlichen Umgebung ist deren mangelnde strukturelle Stabilität, die einen breiten Einsatz für Synthesezwecke in vielen Fällen verhindert. Die Stabilität und damit der Nutzen von Enzymen kann aber bisweilen durch eine Immobilisierung des Biokatalysators deutlich erhöht werden.

Einen konkreten Fall für eine solche Immobilisierung stellt das Enzym 2-Deoxy-D-ribose-5-phosphat Aldolase (DERA) dar. DERA ist in der Lage, die stereoselektive Verknüpfung zweier Aldehyde zu katalysieren. Ausgehend von der billigen Massenchemikalie Acetaldehyd erhält man so in einer mehrstufigen Reaktion enantiomerenreine β,δ -Dihydroxyaldehyde, welche wertvolle Strukturmodule für Wirkstoffe wie die cholesterinspiegel-senkenden Statine darstellen. Ein großes Problem hierbei ist jedoch die Empfindlichkeit des Enzyms gegenüber industriell relevanten Produktkonzentrationen. Eine Produktinhibition kann im Prinzip durch das Unterbinden einer Produktakkumulation in der Umgebung des Enzyms vermieden werden, jedoch sollen dabei keine Kompromisse hinsichtlich der Gesamtproduktkonzentration eingegangen werden. Eine Lösung dieses Problems stellt die Kopplung der katalytischen Umsetzung mit Transportprozessen dar (Fig. 1). Dafür ist es wiederum erforderlich, DERA in dünnen Schichten auf geeigneten Trägermembranen zu immobilisieren, so dass ein Einsatz des Enzyms in einem kontinuierlichen Prozess möglich ist.

Am Fraunhofer IAP etablieren wir Protokolle, die die Immobilisierung von DERA unter weitgehendem Erhalt der enzymatischen Aktivität ermöglichen. Dies kann zum Beispiel durch die Generierung von polymeren Dünnschichten an der Wasser-Luft-Grenzfläche mit anschließender Anbindung der DERA aus der wässrigen Phase heraus erfolgen (Fig. 2A, 3A) [1]. Eine weitere bereits etablierte Strategie verfolgt die Generierung von DERA/Polymer-Konjugaten, die sich ihrerseits wieder ohne großen Aktivitätsverlust an einer Wasser-Luft-Grenzfläche zu einem dünnen Film zusammenlagern können (Fig. 2B, 3B) [2]. In der Zukunft wollen wir auch skalierbare Prozesse etablieren, die an großtechnisch realisierte Membranziehverfahren angelehnt sind.

Zusammen mit unseren Partnern soll es gelingen, einen ökonomisch verwertbaren, biokatalysierten Syntheseprozess für enantiomerenreine β,δ -Dihydroxyaldehyde zu etablieren, der aufwändige, konventionelle Syntheseverfahren ersetzen kann.

Literatur Literature

- [1] S. Reinicke, H. Rees, P. Espeel, N. Vanparijs, C. Bisterfeld, M. Dick, R. Rosencrantz, G. Brezesinski, B. de Geest, F. du Prez, J. Pietruszka, A. Böker: *Immobilization of 2-Deoxy-D-Ribose-5-Phosphate Aldolase in Polymeric Thin Films via the Langmuir-Schaefer Technique*, ACS Applied Materials & Interfaces 9, pp. 8317–8326 (2017)
- [2] S. Zhang, C. Bisterfeld, J. Bramski, N. Vanparijs, B. de Geest, J. Pietruszka, A. Böker, S. Reinicke: *Biocatalytically active thin films via self-assembly of 2-deoxy-D-ribose-5-phosphate aldolase/PNIPAm conjugates*, Bioconjugate chemistry (2017) DOI 10.1021/acs.bioconjchem.7b00645 (2017)

1 Immobilization of 2-deoxy-D-ribose-5-phosphate aldolase (DERA) in a polymeric thin film, which opens the opportunity to couple the DERA catalyzed aldol reaction with a transport process.

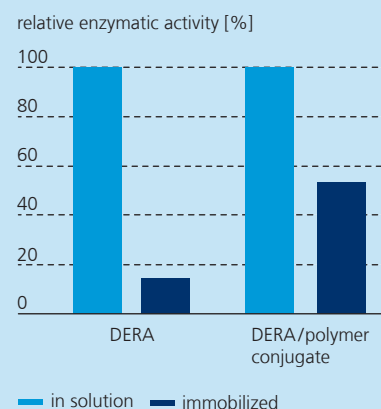
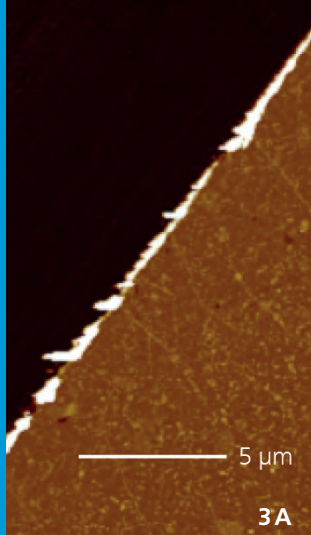
2 Generation of a DERA containing thin polymeric film at the air/water interface

A via binding to a preformed polymer film

B by self-assembly of pre-fabricated DERA/polymer conjugates.

3A AFM topography image of a poly(*N*-isopropylacrylamide)-based thin film (40nm) containing DERA generated by route A (Fig. 2).

B Assessment of activity loss upon the immobilization of DERA through the self-assembly of DERA/PNIPAm conjugates (route B, Fig. 2).



3B

Enzymatically active thin films as catalysts for the synthesis of fine chemicals

Enzymes are biocatalysts that enable highly efficient and selective chemical conversions that would normally require harsh reaction conditions or the use of toxic and/or expensive co-components. For this reason, people have tried for many years to render enzymes utilizable for a variety of applications. Nowadays, enzymes are used, for instance, in detergents, for food refinement and in biosensing. Another important area is the use of enzymes for the synthesis of fine chemicals, compounds which, among other things, are relevant for pharmaceutical applications. However, a fundamental problem regarding the application of enzymes outside their natural environment is their lack of stability, which often prohibits them from being broadly used for synthetic purposes. Fortunately, the stability and, thus, the usefulness of particular enzymes can be significantly improved by immobilizing the respective biocatalyst.

The enzyme 2-deoxy-D-ribose-5-phosphate aldolase (DERA) is a concrete example of one such immobilization process. DERA is capable of catalyzing the stereoselective linkage of two aldehyde molecules. Enantiomerically pure β,δ -dihydroxyaldehydes are obtained from the inexpensive commodity acetaldehyde in a multi-step reaction. These compounds are valuable building blocks for a number of pharmaceutically active compounds, including statins which are used to treat high cholesterol. However, a huge problem with using DERA in such synthetic processes is that the enzyme reacts sensitively to industrial-size product concentrations. The observed product inhibition can, in principle, be avoided by preventing product accumulation in the vicinity of the enzyme, however, compromises regarding the overall product concentration should not be made. One solution for this particular problem is to couple the catalytic conversion with transport processes. This, in turn, requires the immobilization of DERA in thin films that are deposited on suitable membrane supports, enabling the enzyme to be applied in a continuous process (Fig. 1).

At the Fraunhofer IAP we are establishing protocols that immobilize DERA while maintaining enzymatic activity. One way to do so is to generate polymeric thin films at the air-water interface with subsequent binding of the DERA from the aqueous subphase (Fig. 2A, 3A) [1]. Another already established strategy involves producing a DERA/polymer conjugate that is able to self-assemble into a thin film at the air/water interface on its own without an unacceptable loss of activity (Fig. 2B, 3B) [2]. In future we also aim to establish scalable immobilization processes that are based on common large-scale membrane fabrication processes.

Together with our partners we ultimately want to provide an economically viable, biocatalyzed synthetic process for enantiomerically pure β,δ -dihydroxyaldehydes which can replace time-consuming, conventional synthetic procedures.



Dr. Stefan Reinicke

Telefon +49 331 568-3202

Fax +49 331 568-3000

stefan.reinicke@iap.fraunhofer.de

Kontakt Contact

Kooperation Collaboration

– Institut für bioorganische Chemie,
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

PILOTANLAGENZENTRUM PAZ

PILOT PLANT CENTER PAZ

- 94** **Polymertechnologie im Pilotanlagenzentrum PAZ**
Polymer technology at the Pilot Plant Center PAZ
- 98** **Anwendungen und Dienstleistungen**
Applications and services
- 100** **Biobasierte Materialien auf Basis von Itaconsäure und Isopren im Rahmen des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik«**
Biobased materials based on itaconic acid and isoprene within the framework of the High-Performance Center for Chemistry and Biosystems Engineering



pioneers in polymers



POLYMERTECHNOLOGIE IM PILOTANLAGENZENTRUM PAZ

Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau – eine gemeinsame Initiative der Fraunhofer-Institute IAP und IMWS – bearbeitet schwerpunktmäßig Fragen der Maßstabsvergrößerung von Polymersynthese- und Verarbeitungsprozessen. Sowohl die technischen Möglichkeiten 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 zum geprüften Bauteil nach Maß. Dabei sind Polymersynthese und -verarbeitung eng miteinander verzahnt.

Entwicklung des Fraunhofer PAZ

Das Fraunhofer PAZ ist, wie die große Anzahl der bislang bearbeiteten Projekte belegt, eine etablierte Forschungseinrichtung, die von der kunststofferzeugenden und -verarbeitenden Industrie angenommen wird. Dies ist zum einen auf die Bündelung von Synthese und Verarbeitung und zum anderen auch insbesondere auf die breite technologische Aufstellung der Anlagen zurückzuführen, mit der eine Vielzahl der technisch wichtigen Verfahren im Pilotmaßstab äußerst flexibel abgebildet werden kann.

Schwerpunkte im Bereich Synthese liegen neben der Übertragung neuartiger Polymersysteme in den Pilotmaßstab und der Mustermengensynthese auch mehr und mehr in der Verfahrensentwicklung von Polyreaktionen. In der Polymerverarbeitung nehmen Materialentwicklung und Optimierung der Verarbeitungsbedingungen einen hohen Stellenwert in der Projektbearbeitung ein. Die Finanzierung der Forschungsarbeiten am Pilotanlagenzentrum nach dem Fraunhofer-Modell funktioniert und ist durch einen hohen Industrieanteil gekennzeichnet.

Im Rahmen der »Regionalen Innovationsstrategie« der Landesregierung Sachsen-Anhalts soll das Fraunhofer PAZ weiter ausgebaut werden. So wurden 2015 Mittel für die bauliche und apparative Erweiterung in Höhe von 15 Millionen Euro aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung EFRE beantragt. Die PAZ-Erweiterung befindet sich derzeit in der Planungsphase.

Polymersynthese

Der Bereich Polymersynthese, unter der Leitung von Professor Michael Bartke, ist in zwei Abteilungen strukturiert, die eng miteinander verzahnt arbeiten. In der Abteilung Synthese- und Produktentwicklung, geleitet von Dr. Ulrich Wendler, der auch den Bereichsleiter Professor Bartke vertritt, werden die Aktivitäten auf den Gebieten der Synthese- und Materialentwicklung und auch das Projektmanagement betrieben. In der Abteilung Scale-up und Pilotierung werden unter der Leitung von Dipl.-Ing. Marcus Vater der Betrieb der Pilotanlage sowie die Projektabwicklung organisiert. Hauptarbeitsgebiete im Polymersynthesetechnikum sind neben der Bereitstellung von Mustermengen bis in den Tonnenmaßstab für weitergehende Produkt- und Anwendungsentwicklungen insbesondere auch die Übertragung von neuen Polymersynthesen aus dem Labor- in den Technikums-Maßstab sowie die Entwicklung und Optimierung einzelner Verfahrensstufen bis hin zur Entwicklung neuer Verfahren.

Das Jahr 2017 war für das Fraunhofer PAZ ein außerordentlich erfolgreiches Jahr, in dem wieder eine Reihe von großvolumigen Industrieprojekten im Technikum bearbeitet wurden.

So wurde in Fortsetzung eines Projekts aus dem Jahr 2016 der Aufbau einer komplexen Pilotlinie für ein kundenspezifisches Verfahren zur Polyamidsynthese abgeschlossen. Anschließend wurden in der neuen Anlage eine Reihe von Versuchskampagnen zur Klärung von prozess- und materialtechnischen Fragestellungen sehr erfolgreich durchgeführt. So konnten umfangreiche Prozessdaten gewonnen und qualitativ hochwertige Mustermengen im Tonnenmaßstab erzeugt werden.

In einem Folgeprojekt aus 2016 wurde für einen Dispersionshersteller eine Versuchskampagne zur Validierung und Optimierung einer radikalischen Polymerisation im Technikumsmaßstab erfolgreich durchgeführt.

Auf dem für das Fraunhofer PAZ sehr wichtigem Arbeitsgebiet Synthesekautschuk wurde im Frühjahr 2017 im Rahmen eines Kundenprojekts eine neue Rührkesselkaskade aufgebaut, in der sich kontinuierliche Syntheseverfahren sehr effektiv abbilden lassen. Die Anlage ist bereits erfolgreich sowohl



für die koordinative als auch die anionische Polymerisation eingesetzt worden. Mit Hilfe der neu aufgebauten Anlage konnte 2017 bereits ein großvolumiges Projekt mit einem Neukunden akquiriert werden, weitere Projekte für 2018 sind in Vorbereitung.

Für eine weitere, umfangreiche Pilotierung eines Hochleistungspolymers wurde das Engineering einer Pilotanlage ausgearbeitet. Zudem sind im Labor Machbarkeitsstudien für weitere polymertechnische Fragestellungen durchgeführt worden.

Weiterhin wurde ein Fraunhofer internes Verbundprojekt zur Entwicklung von biomimetrischem Synthesekautschuk in Zusammenarbeit mit unseren Partnern Fraunhofer IME, ISC, IWM und IMWS erfolgreich weitergeführt.

Im Rahmen des nationalen Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik« in der Region Halle-Leipzig bearbeitet der Bereich Polymersynthese des Fraunhofer PAZ in Zusammenarbeit mit dem Partner Fraunhofer CBP ein Projekt über biobasierte Materialien auf Basis von Itaconsäure und Isopren.

2017 ist das Leistungszentrum »Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen«, das von den beiden Potsdamer Fraunhofer-Instituten IAP und IZI-BB koordiniert wird, gestartet. Im Rahmen dieses Leistungszentrums bearbeitet das Fraunhofer PAZ zusammen mit dem Forschungsbereich PYCO ein Projekt zu tunebaren Polymeren mit niedriger Glastemperatur in Duromermaterialien.

Polymerverarbeitung

Der Bereich Polymerverarbeitung unter der Leitung von Professor Peter Michel setzt sich aus den beiden Gruppen Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge und Thermoplastbasierte Faserverbund-Bauteile zusammen.

Unter der Leitung von Ivonne Jahn entwickelt die Gruppe Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge anwendungsspezifische kurz-, lang- und endlosfaserverstärkte Thermoplastverbunde sowie prototypische Halbzeuge. Die Umsetzung prozesstechnischer Aufgabenstellungen erfolgt vom Labor- bis in den Pilotmaßstab.

Die Gruppe Thermoplastbasierte Faserverbund-Bauteile wird geleitet von Dr. Matthias Zschoyge und beschäftigt sich mit der Bauteil- und Technologieentwicklung für thermoplastische Leichtbaustrukturen auf Basis von endlosfaserverstärkten Halbzeugen. Die Entwicklung startet bei der virtuellen Prozess- und Strukturauslegung und vollzieht sich bis zur prototypischen Bauteilfertigung unter Serienbedingungen.

Nach intensiver Entwicklungsarbeit wurde im Herbst 2017 eine Anlage zur Herstellung von unidirektionalen Tapes (UD-Tapes) in Betrieb genommen. Gemeinsam mit KraussMaffei Berstorff entwickelten die Techniker und Wissenschaftler der Gruppe Thermoplastbasierte Faserverbund-Halbzeuge eine Anlage, die neue Maßstäbe bei der Herstellung von thermoplastischen Prepregs setzt und damit enormes Potenzial für Anwendungen im Faserverbund-Leichtbau bietet. Mit Fertigungsgeschwindigkeiten bis zu 20 Metern pro Minute und einer Tape-Breite bis zu 500 Millimetern ist die Herstellung von Tapes im industriellen Maßstab möglich.

Leichtbau-Anwendungen für die Großserie standen auch bei der Gruppe Thermoplastbasierte Faserverbundbau-Bauteile im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten. Im Rahmen des Projekts »Organosandwich« in Kooperation mit der ThermHex Waben GmbH wurde das Umformverhalten thermoplastischer Sandwichsysteme sowie die Funktionalisierung im Spritzguss grundlegend untersucht. Die technologische Machbarkeit eines großserientauglichen Fertigungsprozesses konnte nachgewiesen werden.

Der Bereich Polymerverarbeitung des Fraunhofer PAZ war Gastgeber und Ausrichter der diesjährigen Fachtagung der Fraunhofer-Allianz Leichtbau, die unter dem Motto »Großserienfähiger Leichtbau im Automobil« stand. Zahlreiche Experten aus der Industrie und der Fraunhofer-Gesellschaft betrachteten die Herausforderungen in diesem Themenfeld und zeigten Lösungen für optimierte Werkstoffe, Ansätze für verbesserte Verarbeitungsprozesse und diskutierten Ideen für neue Anwendungsfelder. Besonderes Highlight der Leichtbautagung war die Besichtigung und Vorführung der Fertigungsanlagen im Industriemaßstab.

POLYMER TECHNOLOGY AT THE PILOT PLANT CENTER PAZ

The Fraunhofer Pilot Plant Center for Polymer Synthesis and Processing (PAZ) in Schkopau is a joint initiative of the Fraunhofer Institutes IAP and IMWS. Its work focuses on scaling-up polymer synthesis and processing methods. Both its technical capabilities and the bundling of competencies in these two fields constitute the Pilot Plant Center's unique selling point on the R&D market. New products and innovative technologies are developed at the Fraunhofer PAZ along the entire value chain – from monomers, to polymer synthesis and polymer processing, to made-to-measure component testing. In this context polymer synthesis and polymer processing are closely interlinked.

Development of the Fraunhofer PAZ

The Fraunhofer PAZ is an established research facility and, as the large number of successfully completed projects can attest to, it has been widely embraced by the polymer production and processing industry. This is attributed to its ability to bundle synthesis and processing. It is also the result of the broad range of technological capabilities offered by its plants, which allow a wide range of technically important processes to be flexibly reproduced on a pilot plant scale.

In addition to scaling-up new polymer systems to pilot plant scale and the synthesis of sample quantities, the synthesis division is focusing more and more on the process development of polyreaction processes. With regard to polymer processing, its top priorities are on material development and optimization during project implementation. The funding of research at the pilot plant center operates on the basis of the Fraunhofer model and is characterized by a high degree of work commissioned by industry.

The Fraunhofer PAZ is set to expand as part of the regional innovation strategy of the government of the state of Saxony-Anhalt. A total of 15 million euros in funding was applied for from the European Regional Development Fund in 2015 to expand the center's building and equipment. Planning for the expansion of the PAZ is currently underway.

Polymer synthesis

The polymer synthesis division, headed up by Professor Michael Bartke, is divided into two departments that work closely together. Dr. Ulrich Wendler, who is the deputy to the director, Professor Bartke, heads the Synthesis and Product Development department which conducts activities in the area of synthesis and material development, as well as project management. The department Scale-up and Pilot Testing, led by graduate engineer Marcus Vater, manages the operation of the pilot plant. The main fields of activity of the polymer synthesis plant include the supply of samples up to the ton-scale, which are later developed into products and applications, and the scaling up of new polymer synthesis from the lab to the pilot plant scale. This is accompanied by the development and optimization of individual process steps on up to the development of new processes.

2017 was an exceptionally successful year for the Fraunhofer PAZ with a series of large-volume industrial projects processed once again by its pilot plant.

This year we were able to complete a project from 2016 in which we designed a complex pilot line that synthesizes polyamide using a customer specific process. Several effective test campaigns were conducted in the new plant which ironed out process and material issues. This enabled us to obtain extensive process data and to produce high-quality sample quantities on a ton scale.

In a follow-up project from 2016, we successfully conducted a test campaign on behalf of a dispersion manufacturer to verify and optimize a free-radical polymerization process on a pilot plant scale.

In the area of synthetic rubber, an important line of work for the Fraunhofer PAZ, a new cascade of stirred tank reactors was set up in spring 2017 as part of a customer project that effectively simulated continuous synthesis processes. The plant has already been successfully used for coordinative and anionic polymerization. This new plant enabled us to acquire a large-scale project with a new customer in 2017 and further projects are underway for 2018.

We engineered a pilot plant that enables extensive pilot testing of a high-performance polymer. We also conducted feasibility studies in the lab to clarify further polymer-related questions.

Furthermore, we successfully continued our research activities as part of an internal Fraunhofer project with our partners Fraunhofer IME, ISC, IWM and IMWS to develop biomimetic synthetic rubber.

Within the framework of the national High-Performance Center for Chemical and Biosystems Technology, located in the region of Halle-Leipzig, the Polymer Synthesis division at the Fraunhofer PAZ has been working in collaboration with its partner CBP on a project pertaining to biobased materials based on itaconic acid and isoprene.

2017 saw the launch of the High-Performance Center Integration of Biological and Physical-Chemical Material Functions, which is coordinated by the Fraunhofer Institutes IAP and IZI-BB in Potsdam. Within the framework of the High-Performance Center, the Fraunhofer PAZ is working on a project in conjunction with the Fraunhofer PYCO that looks at tunable polymers with a low glass temperature in thermoset materials.

Polymer processing

The Polymer Processing division, under the leadership of Professor Peter Michel, is made up of two groups: Thermoplastic Semi-Finished Fiber Composites and High Performance Thermoplastics.

The Thermoplastic Semi-Finished Fiber Composites group, headed by Ivonne Jahn, develops application-specific short, long and endless fiber-reinforced thermoplastic composites and prototypes of semi-finished products. Process engineering is carried out on lab to pilot-plant scales.

Dr. Matthias Zscheyge heads the group High Performance Thermoplastics which looks at developing components and technologies for thermoplastic, lightweight structures based on endless fiber-reinforced semi-finished products. The development begins with the virtual design of processes and structures, and encompasses the production of component prototypes under serial conditions.

After intensive development, a plant that produces unidirectional tapes (UD tapes) was commissioned in the fall of 2017. In collaboration with KraussMaffei Berstorff, the technologists and scientists in the Thermoplastic Semi-Finished Fiber Composites group developed a plant that sets new standards in the production of thermoplastic prepegs, thereby providing enormous potential for applications in the area of fiber composites for lightweight applications. A production speed of up to 20 meters per minute and a tape width of up to 500 millimeters enables tapes to be produced on an industrial scale.

Lightweight applications for large-scale production were also the center of the research activities of the Thermoplastic Semi-Finished Fiber Composites group. As part of the project Organosandwich, the deformation behavior of thermoplastic sandwich systems and their functionalization in injection molding were examined in-depth in cooperation with Therm-Hex Waben GmbH. The production process was proven to be technically feasible on a large scale.

The Polymer Processing division at the Fraunhofer PAZ was the organizer and host of this year's Conference of the Fraunhofer Lightweight Design Alliance whose motto was Large-Scale Lightweight Design for the Automobile. A range of experts from industry and the Fraunhofer-Gesellschaft examined the challenges facing this field, presented solutions for optimized materials and better processing approaches, and discussed ideas for new areas of application. One particular highlight of the Lightweight Design Conference was the tour and demonstration of the industrial-scale production plant.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Leistungen

- Auftragssynthese: Herstellung von Klein- und Testchargen
 - Austestung und Optimierung von Compoundier- und Verarbeitungsprozessen
 - Entwicklung/Anpassung von Polymersystemen im Labormaßstab
 - Entwicklung von Kunststoffcompounds
 - Ermittlung der Materialstruktur und Korrelation mit den Eigenschaften
 - technologische Optimierung von Polymerisationsprozessen
 - Übertragung von Syntheseprozessen vom Labor in den Technikumsmaßstab
-

Pilotanlage – Synthese

Ausrüstung

- batch-Linie
Polykondensation
- Begasungs-/Hydrierreaktor
- Emulsionspolymerisation (batch und konti)
- Hochviskosetechnologie (Ein- und Doppelwellenkneiter, Scheibenreaktor)
- kontinuierliche Polyesterlinie
- Lösungspolymerisation (batch und konti)
- Massepolymerisation (batch und konti)
- Rührkesselkaskade
- Suspensionspolymerisation

Designparameter der Synthesereaktoren

- Betriebsdruck: –1 bis 100 bar
 - Betriebstemperatur: 5 bis 350 °C
 - Durchsatz: 5 bis 100 kg/h
 - Endviskositäten: bis 40 000 Pa·s
 - Reaktorvolumina: 50 bis 1000 L
-

Pilotanlage – Verarbeitung

Ausrüstung

Extrusion

- diverse Versuchswerkzeuge, z. B. Platten- und Hohlkammerplattenextrusion
- Durchsatz von 5 kg/h bis zu 400 kg/h
- gleich- und gegenläufig drehende Doppelschneckenextruder
- gravimetrische Dosieranlagen für unterschiedlichste Materialien
- Hochtemperaturausrüstung bis 430 °C
- modularer Aufbau der Verfahrenseinheiten je nach Anwendung
- Option: Schmelzpumpe
- Profilextrusion mit verschiedenen Geometrien mit Coextrusion
- verschiedene Granuliersysteme

Spritzguss

- Entnahme-Roboter
 - Kernzug, Heißkanal, Kaskade, Betriebsdatenerfassung, Prozessanalyse
 - Schließkräfte 2000 kN, 13 000 kN, 32 000 kN
 - Schussgewichte 50 g bis 20 000 g
-

Polymercharakterisierung

- DSC
 - Endgruppenbestimmung
 - GPC mit verschiedenen Eluenten (THF, DMF, HFIP, wässrig)
 - Mooney Viskosität
 - Rheologie (inkl. Messung von Polymerlösungen)
 - Teilchengrößenbestimmung (Laserbeugung)
-

APPLICATIONS AND SERVICES



Forschungsbereichsleiter | Division director
Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke

Services

- characterization of material structure and correlation with properties
- contract synthesis: production of small lots and test batches in pilot-scale
- development and adaptation of polymer systems in laboratory scale
- development of polymer compounds
- technological optimization of polymerization processes
- testing and optimization of compounding and processing methods
- transfer of polymer synthesis processes from lab to pilot scale

Polymer characterization

- DSC
- end group titration
- partical size measurement (laser diffraction)
- rheological measurement (incl. polymer solution)
- SEC in different eluents (THF, DMF, HFIP, water systems)
- viscosity

Pilot plant – synthesis

Equipment

- batch-wise polycondensations
- bulk polymerization (batch and conti)
- cascade of stirred tank reactors
- continuous polyester line
- emulsion polymerization (batch and conti)
- gas-phase hydrogenation reactor
- high viscosity technology (single-screw and twin-screw kneader, rotating disc reactor)
- solution polymerization (batch and conti)
- suspension polymerization

Design parameters of synthesis reactors

- final viscosities: up to 40,000 Pa·s
- operating pressure: –1 to 100 bar
- operating temperature: 5 to 350 °C
- reactor volume: 50 to 1000 L
- throughput: 5 to 100 kg/h

Pilot plant – processing

Equipment

Extrusion

- co-and counter-rotating twin-screw extruders
- extrusion profile with different geometries with coextrusion
- gravimetric dosing systems for a variety of materials
- high temperature equipment to 430 °C
- modular design of process units depending on the application
- optional: melt pump
- throughput of 5 kg/h up to 400 kg/h
- various experimental tools, e. g. panels and hollow sheet extrusion
- various granulating systems

Injection molding

- closing force 2000 kN, 13,000 kN, 32,000 kN
- core, hot runner, cascade, data acquisition, process analysis
- removal robot
- shot weights from 50 g to 20,000 g

Polymersynthese

Polymer Synthesis

Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke

Telefon +49 3461 2598-120

Fax +49 3461 2598-105

michael.bartke@iap.fraunhofer.de

Synthese und Produktentwicklung

Synthesis and Product Development

Dr. Ulrich Wendler

Telefon +49 3461 2598-210

Fax +49 3461 2598-105

ulrich.wendler@iap.fraunhofer.de

Scale-Up und Pilotierung

Scale-up and Pilot Testing

Dipl.-Ing. Marcus Vater

Telefon +49 3461 2598-230

Fax +49 3461 2598-105

marcus.vater@iap.fraunhofer.de

Polymerverarbeitung

Polymer Processing

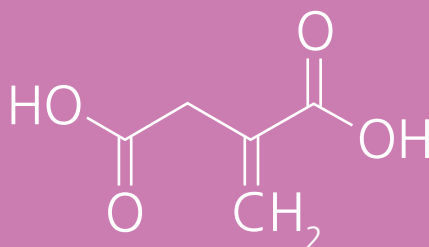
Prof. Dr.-Ing. Peter Michel

Telefon +49 345 5589-203

Fax +49 345 5589-101

peter.michel@imws.fraunhofer.de

- 1 Structure of Itaconic acid.
- 2 Extraction of a rubber sample.



1

Biobasierte Materialien auf Basis von Itaconsäure und Isopren im Rahmen des Leistungszentrums »Chemie- und Biosystemtechnik«

Itaconsäure ist eine C5-Dicarbonsäure, welche aufgrund ihrer dreifachen Funktionalität (zusätzliche Doppelbindung) ein beachtliches Potenzial besitzt, zu einem bedeutenden Synthesebaustein in der chemischen Industrie zu werden. Sie wird sowohl als Grundchemikalie zur Herstellung wichtiger Produkte wie Farben, Lacke, Pharmazeutika und Herbizide als auch als Comonomer in der Heterophasenpolymerisation oder als Ersatz für petrochemisch hergestellte Acrylsäure eingesetzt. Neben der Fähigkeit zur radikalischen Copolymerisation ist die Verwendung als Komponente in Polykondensationssystemen bekannt [1]. Auch die Folgeprodukte der Itaconsäure sind von wirtschaftlichem Interesse [2].

Im Rahmen eines institutsübergreifenden Projekts wird die am Fraunhofer CBP hergestellte und vorgereinigte Itaconsäure hinsichtlich der Verwendung in der Emulsionspolymerisation und in der Lösungspolymerisation untersucht. Es soll geklärt werden, inwiefern die noch enthaltenen Verunreinigungen die Polymerisationsreaktionen hinsichtlich der Kinetik und der Produktqualität beeinflussen. Basierend auf diesen Screeningversuchen wurde als geeignetes Polymerisationsverfahren die Lösungspolymerisation ausgewählt und systematisch untersucht. Das Ziel dieser Untersuchungen ist eine Maßstabsvergrößerung zur Erzeugung hinreichender Probemengen für materialtechnische Prüfungen und Anwendungstests sowie die Erhebung kinetischer und thermodynamischer Daten als Voraussetzung für Pilotversuche.

Als wesentlicher Punkt im Bereich Aufarbeitung ist es gelungen, den Reinheitsgrad der durch fermentative Prozesse gewonnenen Itaconsäure auf über 99 Prozent zu bringen; eine Qualität, die problemlos in vielen Polymerreaktionen eingesetzt werden kann. Die biogene Itaconsäure wurde bereits erfolgreich in radikalischer Copolymerisation mit Acrylsäure sowie in der Synthese ungesättigter Polyesterharze mit anschließender Vernetzung mit Reaktivverdünner verwendet.

Aus der Itaconsäure wurden darüber hinaus verschiedene Derivate wie das Anhydrid, verschiedene Diester und Monoester sowie Amide mit dem Ziel synthetisiert, sie als Monomere und Comonomere zu verwenden. Unter Verwendung dieser relativ einfach herzustellenden Folgeprodukte werden Polymere mit gänzlich anderen mechanischen und chemischen Eigenschaften generiert, welche zusätzlich noch eine verbesserte Polymerisationskinetik aufweisen – ein literaturbekannter Schwachpunkt der Itaconsäure. Weiterhin wurde ein Derivat der Itaconsäure mit einer konjugierten Doppelbindung hergestellt. Dieses soll als polares, statistisch verteiltes Comonomer in der Isoprenpolymerisation eingesetzt werden, um dann im Erfolgsfall die Wechselwirkungen mit den Füllstoffsystemen in der späteren Elastomermischung zu verbessern.

Literatur Literature

- [1] G. Laurenzano: *Entwicklung ungesättigter Polyesterharze aus nachwachsenden Rohstoffen*, Dissertation, TU Braunschweig (2016)
- [2] T. Werpy, G. Petersen: *Top Value Added Chemicals from Biomass. Vol. 1 – Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas*, produced by the staff at Pacific Northwest National Laboratory (2004)



Biobased materials based on itaconic acid and isoprene within the framework of the High-Performance Center for Chemistry and Biosystems Engineering

Itaconic acid (IA), an unsaturated dicarboxylic acid has enormous potential as a key building block in the chemical industry due to its triple functionality. It is used as a basic chemical in the production of important products such as paints, coatings, pharmaceuticals and herbicides. It is also a comonomer in heterophase polymerization and a substitute for the petrochemically produced acrylic acid. In addition to the radical copolymerization capability of IA, it is also used as a component in polycondensation systems [1]. Moreover, the derivatives of IA are of great commercial interest [2].

Prepurified IA, prepared at Fraunhofer CBP, is being investigated as part of a comprehensive study to determine the extent to which impurities influence the reaction kinetics and product quality in the emulsion solution polymerization reactions. Based on the preliminary screening tests, solution polymerization was selected as a suitable process and systematically examined. The aim of the investigation is to develop scaling-up procedures that would enable the production of sufficient sample quantities used in technical studies of materials and application tests. The acquired kinetic and thermodynamic parameters will later be applied in pilot tests.

One important development is that IA, produced by fermentation, has achieved a purity of over 99 percent, a degree suitable for most polymerization reactions. The biogenic IA has been successfully applied in radical copolymerization reactions with acrylic acid as well as in the synthesis of unsaturated polyester resins with subsequent cross linking with a reactive diluent.

Furthermore, various derivatives of IA were synthesized, such as diesters, monoesters, amides and the anhydride which exhibit improved polymerization kinetics, a well-known weak point of IA. Polymers with completely new mechanical and chemical properties can be generated from these easily accessible monomers and comonomers. An IA derivative with a conjugated double bond was also prepared which can be used as a polar, statistically distributed comonomer in the polymerization of isoprene in order to improve interaction with the filler materials in elastomeric mixtures.



Dr. Georg Werner

Telefon +49 3461 2598-223

Fax +49 3461 2598-105

georg.werner@iap.fraunhofer.de

Kooperation Collaboration

- Fraunhofer CBP, Leuna
- Fraunhofer IMWS, Halle
- Fraunhofer IWM, Freiburg
- Fraunhofer IME, Schmallenberg
- Fraunhofer ISC, Würzburg

POLYMERMATERIALIEN UND COMPOSITE PYCO POLYMERIC MATERIALS AND COMPOSITES PYCO

- 104 Polymermaterialien und Composite**
Polymeric materials and composites
- 108 Anwendungen und Dienstleistungen**
Applications and services
- 110 Schnelle und ortsgenaue Bestimmung von Monomeren in Harzsystemen und Restmonomeren in Leichtbaumaterialien**
Fast and space-resolved determination of monomers in resin systems and residual monomers in lightweight materials
- 112 UV-härtbare Noppenwaben als Kernmaterial für Leichtbauanwendungen**
Using UV-curable nap cores as a core material in lightweight applications

□ | p | i | o | n | e | e | r | s | | i | n | | p | o | l | y | m | e | r | s |



POLYMERMATERIALIEN UND COMPOSITE

An den Standorten Teltow und Wildau werden im Forschungsbereich Polymermaterialien und Composite PYCO hochvernetzte Polymere (Thermosets oder Duromere) entwickelt. Anwendungen finden sie im Leichtbau sowie der Mikro- und Optoelektronik für alle wesentlichen Industriebranchen, insbesondere für die Verkehrstechnik (vor allem Luftfahrt), die Informations- und Kommunikationstechnik sowie die Gerätetechnik. Entwicklungen für den Einsatz im Leichtbau stellen dabei einen Schwerpunkt der Arbeiten dar. Derartige Leichtbautechnologien bilden neben Industrie 4.0 und Elektromobilität eine der Grundsäulen für die Zukunftsfähigkeit der deutschen Wirtschaft.

Materialforschung

Der Forschungsbereich beschäftigt sich mit der Entwicklung von Materialien aus vernetzten Kunststoffen und Verbundwerkstoffen (Composite) aus mehreren miteinander verbundenen Materialien – hauptsächlich Faser-Kunststoff-Verbunde. Die Fasern, vor allem Kohlenstoff-, Glas- oder Naturfasern, werden dabei als technische Textilien in Form von Geweben, Gestriken, Gewirken, Vliesen oder Filzen in einer Polymermatrix in speziell auf die spätere Anwendung angepasste Geometrien eingebettet, um hervorragende Materialeigenschaften bei vergleichsweise geringer Masse erreichen zu können.

Die Expertise des Forschungsbereichs besteht in der Spezialisierung auf so genannte Reaktivharze, in der Fachsprache thermosetting resins genannt. Durch chemische Reaktion entsteht aus den Reaktivharzen ein engmaschiges Polymer Netzwerk. Der englische Begriff Thermosets für diese Art von Kunststoffen, die im deutschsprachigen Raum auch als Duroplaste bekannt sind, wird deshalb verwendet, weil er in anschaulicher Art und Weise den Unterschied zu der weit bekannteren und auch verbreiteteren Kunststoffart Thermoplast verdeutlicht. Beide Arten von Kunststoffen haben spezifische Vor- und Nachteile.

Die Entscheidung für die Spezialisierung auf Thermosets ist dabei bewusst getroffen worden. Die wichtigsten Vorteile der Thermosets sind offensichtlich. Sie können bei niedrigen Temperaturen bis hin zu Zimmertemperatur gehärtet werden, sie haben eine gute Medienbeständigkeit (gegen Flüssigkeiten, Gase usw.), sie können hohe Temperaturen aushalten (>250 °C sind möglich) und sie kriechen unter Belastung aufgrund ihrer dreidimensionalen Netzwerkstruktur nur unwesentlich. Deshalb sind sie auch für tragende Struktur Anwendungen einsetzbar.

Diese Reaktivharzentwicklungen werden, beginnend beim Monomer bis hin zum fertigen Bauteil, einschließlich der dazu erforderlichen grundwissenschaftlichen Arbeiten durchgeführt. In der Praxis beginnt die Forschungs- und Entwicklungsarbeit bei der Definition von Bauteileigenschaften. Dies geschieht in der Regel gemeinsam mit dem Kunden und wird bis hin zu Fragen der zugrundeliegenden Chemie heruntergebrochen und auch in dieser Komplexität bearbeitet.

Für das Forschungsprofil bedeutet dies, dass die Verkehrstechnik den größten Teil der Arbeit des Forschungsbereichs abdeckt. Hinzu kommen (opto-)elektronische Anwendungen, Beiträge zur Energiewende (Materialien für Windkraftanlagen) sowie Werkzeuganwendungen im Anlagenmaßstab und Anwendungen im Bauwesen wie beispielsweise neuartige Carbonfaserbetone.

Anwendungsspektrum

Das thematische Spektrum des Forschungsbereichs umfasst neue (auch hochgefüllte) (Nano-)Materialien, Prepregs, Kernwerkstoffe, Schichtverbunde, faserverstärkte Polymere, Sandwichstrukturen, integrierte optische Bauelemente oder Barrierschichten. Da deren Eigenschaften häufig gegenläufig sind, wird dem Ausbalancieren dieser Eigenschaften besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Beginnend mit der Monomersynthese werden in weiteren Entwicklungsschritten die Prepolymerherstellung, einschließlich des Einbaus auch selbst entwickelter Coreaktanden, wie Flammfestmacher, Zähmodifikatoren (Toughener) bzw. (selbst entwickelte) Füllstoffe oder andere funktionelle Verbindungen untersucht.



Es werden Verarbeitungseigenschaften optimiert, Prototypen (häufig gemeinsam mit dem Anwender) hergestellt und charakterisiert sowie Qualitätssicherungsmerkmale erarbeitet. Je nach vom Anwender gewünschter Entwicklungsstufe resultieren am Ende der Entwicklung Reaktivharz-Formulierungen, faserverstärkte Materialien, Sandwichstrukturen oder andere Bauteile als Demonstratoren.

Umfangreiche Aktivitäten laufen auch auf dem Gebiet strahlungshärtbarer Thermosets, vor allem UV-härtbarer Systeme. Im Rahmen des BMBF-Zwanzig20-Konsortiums Advanced UV for Life koordiniert der Forschungsbereich das Arbeitsfeld Produktion, worin in mehreren Projekten der Einsatz von UV-LEDs im Leichtbau, für Beschichtungen oder auch zum Härten von Materialien für den 3D-Druck erforscht wird.

Der Fokus des Forschungsbereichs Polymermaterialien und Composite PYCO liegt bereits seit Mitte der 2000er Jahre auf Leichtbautechnologien. So wurden am Standort Wildau eine neuartige modular konfigurierbare horizontale Imprägnieranlage, eine RTM-Anlage, eine Industriemikrowelle mit acht Kubikmetern Nutzraum sowie eine Mehrfrequenz-Durchlauf-Mikrowellenanlage in Kombination mit Infrarotstrahlern zur homogenen Härtung und Erwärmung (faserverstärkter) Kunststoffbauteile etabliert. Außerdem sind dort ein Autoklav, eine Spritzgussmaschine für Thermoplast- und Duromermaterialien und weitere Technologien aufgebaut, um sowohl der Industrie als auch der Forschung an Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstituten in der Region aber auch darüber hinaus Möglichkeiten der Kooperation in Forschung und Entwicklung anzubieten, die bisher nicht verfügbar waren.

Polymerforschung in Brandenburg und darüber hinaus

Gemeinsam mit den anderen Forschungsbereichen des Fraunhofer IAP leistet der Forschungsbereich PYCO einen wesentlichen Beitrag zu einer regionalisierten Exzellenz über Berlin und Potsdam hinaus und bringt die Expertise in puncto Polymerforschung, seien es Thermosets wie beim Forschungsbereich PYCO oder Thermoplaste und Elastomere wie bei den anderen Forschungsbereichen des Fraunhofer IAP, in die Fläche des Landes Brandenburgs. Dazu fügt sich das im Dezember 2016 gestartete Projekt zur Planung und zum Aufbau eines

Kompetenzzentrums für energie- und ressourceneffizienten Leichtbau in der Region Berlin-Brandenburg, das durch das Ministerium für Wirtschaft und Energie mit Mitteln des EFRE-Strukturfonds gefördert wird. Darin sollen die im Land Brandenburg vorhandenen Strukturen und Kompetenzen zum polymerbasierten Leichtbau informell zusammengeführt werden, um Verbundforschungsprojekte anzuregen und der Industrie- und Forschungslandschaft auf diesem Gebiet ein Dienstleister zu sein.

Als erster Schritt wurde eine Kompetenzmatrix mit Firmen der Region erstellt, die auf dem Gebiet des polymerbasierten Leichtbaus tätig sind oder das Potenzial dazu haben. Erste Verbundprojekte, die auf Initiativen des Kompetenzzentrums zurückgehen, wurden Ende des Jahres 2017 bewilligt. So wird sich u.a. ein vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg mit EFRE-Mitteln gefördertes Projekt mit neuartigen Faser- und Multimaterialverbundmaterialien und -strukturen befassen, wozu die Forschungsbereiche Biopolymere und Polymermaterialien und Composite mit der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, der Technischen Hochschule Wildau sowie der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg zusammenarbeiten werden. Ebenso wurden auf Initiative des Kompetenzzentrums erste Projekte mit Industriepartnern erfolgreich durchgeführt.

Eine bessere Vernetzung in der Region stellt auch die laufende Kooperation des Forschungsbereichs mit der TH Wildau dar. Sie umfasst neben der Betreuung von Studierendengruppen und Praktika vor allem auch gemeinsame Forschungsprojekte, wie etwa das EFRE-StaF-Projekt ViCProQuO zur vibroakustischen Composite-Prozesskontrolle für Qualitätssicherung und Optimierung mit der AG Maschinendynamik.

Der Forschungsbereich PYCO ist zudem neben allen wesentlichen Luftfahrtzulieferern in dem im Frühjahr 2016 gestarteten und wesentlich durch Airbus und Lufthansa Technik initiierten Hamburger Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung (ZAL) vertreten und legt damit den Grundstein für die weitere erfolgreiche Tätigkeit im Leichtbau für die Luftfahrt.

POLYMERIC MATERIALS AND COMPOSITES

Highly crosslinked polymers (thermosets) are being developed by the Polymeric Materials and Composites PYCO research division at its sites in Teltow and Wildau. These polymers are used in lightweight construction and in micro- and optoelectronics in all major industry sectors, particularly transportation (above all aviation), information, communication and equipment technology. Our research focuses on the developments used in lightweight applications. In addition to Industry 4.0 and electromobility, these lightweight construction technologies form one of the cornerstones of the sustainability of Germany's economy.

Material research

The PYCO research division develops materials made from crosslinked polymers and composites that are made of multiple materials that are bound together – particularly fiber-reinforced plastics. The fibers – primarily carbon, glass or natural fibers – are used in technical textiles such as woven, knitted, crocheted, non-woven and felt fabrics. These are embedded in a polymer matrix in special geometric shapes depending on the particular application. The result is a comparatively lightweight component with excellent material properties.

The expertise – and the unique selling point of the research division – is its specialization in reactive resins, also called thermosetting resins. A dense crosslinked polymer network is formed through a chemical reaction. The term thermoset is used for this type of polymer (in German they are known as duroplastics) which clearly differentiates it from the much more widely known and widely spread type of polymer called thermoplastics. Both types of plastics have their specific advantages and disadvantages.

A conscious decision was made to specialize in thermosets which have some very apparent advantages. They can be cured at low temperatures up to room temperature. They exhibit a good media resistance (against liquids, gases, etc.) and specific types can withstand high temperatures (> 250 °C). They don't creep under load significantly because of their rigid three-dimensional network structure. Therefore, they can also be used in structural applications.

The reactive resins are developed in the research division, beginning with the monomer synthesis and ending with the final component. In practical terms, the research division's R&D work starts by defining component properties. This is usually done in collaboration with the client, where it is broken down into aspects of the base chemistry and developed at this level of complexity.

Transport technology makes up most of the research division's research profile, followed by (opto)electronic applications, contributions to the energy turnaround, tooling applications and applications for the construction industry, such as innovative carbon fiber concrete.

Range of applications

The research division's range of research topics includes new (also highly filled) (nano)materials, prepregs, core materials, multilayer composites, fiber-reinforced polymers, sandwich structures, bistable displays, integrated optical components and barrier layers. As these properties are often in opposition to one another, particular attention is paid to optimally balancing these properties. Starting with monomer synthesis, further development steps contain prepolymer production, including the incorporation of our own co-reactants such as flame retardants, tougheners and (our own) fillers, as well as other functional compounds.

Processing properties are optimized, prototypes are manufactured and characterized (frequently in collaboration with the user), and quality assurance criteria are worked out. Depending on the development stage required by the client, the results at the end of the development phase include reactive resin systems, fiber-reinforced materials, sandwich structures and any other components in the form of demonstrators.

A wide range of activities are conducted in the field of radiation-curable thermosets, particularly UV-curable systems. The research division coordinates the working field Production as part of the BMBF Zwanzig20 consortium Advanced UV for Life. Here, in multiple projects the use of UV LEDs in lightweight construction, for coatings and to cure 3D printing materials is investigated.

The research division Polymeric Materials and Composites PYCO has focused on lightweight construction technologies since the mid-2000s. At the Wildau site an innovative, modularly configurable, horizontal impregnation system, a RTM unit, an industrial microwave with 8 cubic meters of capacity, and a continuous multifrequency microwave combined with infrared radiators to homogeneously cure and heat (fiber-reinforced) polymeric components were established. The site is equipped with an autoclave, an injection molding machine for thermoplastic and thermosetting materials and other technologies that enable it to offer new opportunities for R&D collaboration with industry and to contribute to the research that is being conducted at universities and non-university research institutions in the region and beyond.

Polymer research in Brandenburg and beyond

Together with other research departments of the Fraunhofer IAP, the PYCO research division contributes significantly to a regionalized excellence that stretches beyond Berlin and Potsdam. Collaboration spreads its expertise in polymer research throughout the state of Brandenburg – be that in thermosets, like at PYCO, or thermoplastics, elastomers or other specialties provided by other Fraunhofer IAP research divisions.

Since December 2016, a project has been running funded by the German Ministry for Economic Affairs and Energy, with money from the European Regional Development Fund (ERDF), that involves planning and creating a competence center for energy- and resource-efficient lightweight construction in the region of Berlin-Brandenburg. As part of the project, the structures and competencies existing in the state of Brandenburg are to be informally brought together in order to encourage joint research projects and to provide services in this area to industry and research organisations.

The first step was to set up a competency matrix with regional companies that are active or potentially active in the area of polymer-based lightweight construction. The first joint projects initiated by the competence center were granted in 2017. One project, which will receive ERDF funding, will investigate innovative fiber and multi-material composites and structures. The two research divisions Biopolymers and Polymeric Materials and Composites will team up with Eberswalde University for Sustainable Development, the Technical University of Applied Sciences in Wildau and Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg. Furthermore, the competence center has initiated its first successful projects with partners from industry.

Improved regional networking is also reflected in the partnership between the PYCO research division and the Technical University of Applied Sciences in Wildau. It supports student project groups and internships as well as joint research projects, such as the project ViCProQuO, vibroacoustic composite process control for quality measurement and optimization, which was started with the machine dynamics working group.

Like all major aviation suppliers, the research division is a member of Hamburg's Center for Applied Aeronautical Research (ZAL) that was initiated, primarily by Airbus and Lufthansa, in spring 2016. Thus, it has laid the cornerstone for other successful activities in lightweight construction applications in aviation and beyond.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Synthese und Modifizierung

Lineare, verzweigte und vernetzte:

- Struktur- und Funktionspolymere

durch:

- Polyaddition
- Polykondensation
- polymeranaloge Reaktionen

inkl.:

- Recycling
- Verkapselung
- Partikel

Pilotanlage

- faserverstärkte Composite
- Lamine, Prepregs
- Papier- und Textilbeschichtung
- Leichtbaumaterialien (Sandwiches, Kernmaterialien)

Leistungen

- Entwicklung und Modifizierung von Polymeren und Compositen für Anwendungen im Leichtbau, in der Mikro- und Optoelektronik für Klebstoffe, Füllstoffe, Beschichtungen, Laminier- und Gießharze, Schäume, dünne Funktionsschichten, Prepregs, Lamine und Sandwichstrukturen
- Charakterisierung und Testung von Polymeren und Compositen
- (Weiter-)Entwicklung und Anpassung von Charakterisierungsmethoden
- Verarbeitung von Polymeren (auch zu Compositen mit anderen Materialien)
- anwendungsorientierte Analysen für Produkteinführungen
- Beratung
- Erstellung von Studien und Expertenberichten

(Weiter-)Entwicklung spezieller Charakterisierungsmethoden

- kontinuierliche Flüssigkeitschromatographie
- Nano-TMA/TGA/DVS
- Volumendilatometrie (in Kooperation mit InnoMat GmbH, Teltow)
- optische Rissverfolgung (OCT)
- Wellenleitertechnologie
- freilaufendes Torsionspendel
- Permeationsmessplatz

Struktur-Eigenschafts-Beziehungen

- mechanische, temperaturabhängige, elektrische und optische Eigenschaften
- Adhäsionsphänomene
- Verarbeitungseigenschaften

PYCO unterstützt Unternehmen und Forschungseinrichtungen bei

- Polymerentwicklungen
- neuen Messtechnologien zur Polymercharakterisierung
- Implementierung neuer Technologien und deren Anpassung an spezifische Produktionsbesonderheiten

APPLICATIONS AND SERVICES

Synthesis and modification

Linear, branched, and crosslinked:

- structural and functional polymers

through:

- polyaddition
- polycondensation
- polymer-analogous reactions

including:

- recycling
- encapsulation
- particles

Pilot plant

- fiber-reinforced composites
- laminates, prepregs
- paper and textile coating
- lightweight materials (sandwiches, core materials)

Services

- development and modification of polymers and composites for applications in lightweight design, as well as in the fields of micro- and optoelectronics, adhesives, underfillers, coatings, laminating and casting resins, foams, thin functional layers, prepregs, laminates, and sandwiches

- characterization and testing of polymers and composites
- development, optimization and adaptation of characterization methods
- processing of polymers (also as composites with other materials)
- application-oriented analysis for product introduction
- consulting
- preparation of studies and expert reports

Development and advancement of special characterization methods

- continuous liquid chromatography
- nano-TMA/TGA/DVS
- volume dilatometry (in cooperation with InnoMat GmbH, Teltow, Germany)
- Optical Crack Tracing (OCT)
- waveguide measurement technology
- free running torsion pendulum
- permeation testing device

Structure-property relationships

- mechanical, thermal, electrical, and optical properties
- adhesion phenomena
- processing properties

PYCO is supporting companies and research institutes when it comes to

- polymer development
- new measurement techniques for polymer characterization
- implementation of new technologies and their adaptation to specific production features



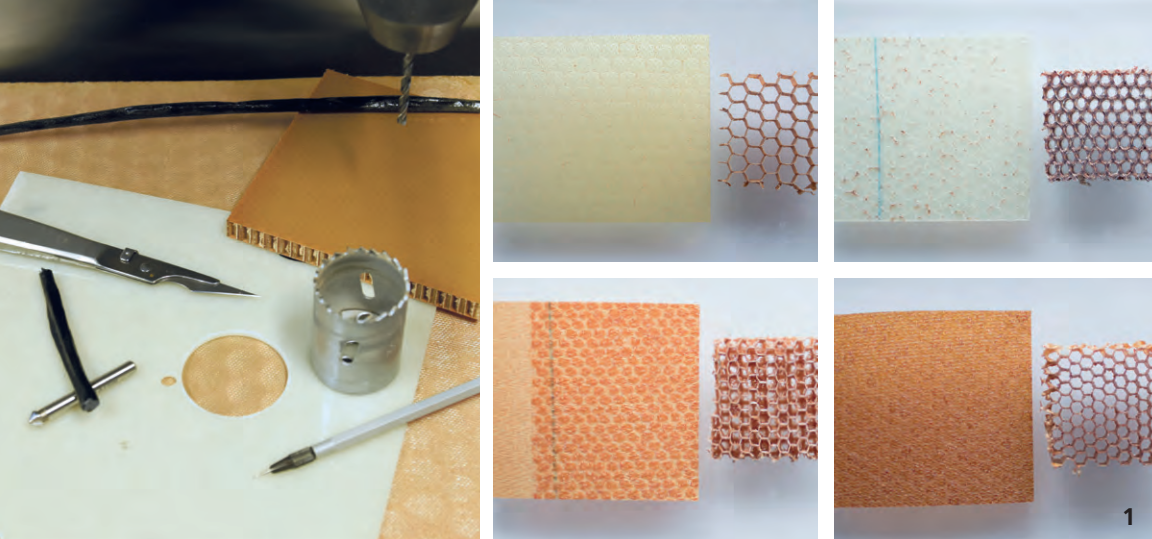
Forschungsbereichsleiter | Division director
Dr. Christian Dreyer (acting)

Harzformulierung und Charakterisierung
Resin Formulation and Characterization
Dr. Christian Dreyer

Thermosets im Leichtbau
Thermosets for Lightweight Applications
Dr. Christian Dreyer (acting)
Telefon +49 3328 330-284
Fax +49 3328 330-282
christian.dreyer@iap.fraunhofer.de

Strahlungs- und schnellhärtende Systeme (seit 2|2018)
Radiation and Rapid Curing Systems (since 2|2018)
Dr. Mathias Köhler
Telefon +49 3328 330-278
Fax +49 3328 330-282
mathias.koehler@iap.fraunhofer.de

Harzsynthese und Halbzeuge
Resin Synthesis and Semi-finished Components
Dr. Sebastian Steffen
Telefon +49 3328 330-246
Fax +49 3328 330-282
sebastian.steffen@iap.fraunhofer.de



Schnelle und ortsgenaue Bestimmung von Monomeren in Harzsystemen und Restmonomeren in Leichtbaumaterialien

Wer ein besseres Verständnis der Material-Zusammensetzung gewinnen möchte, benötigt moderne Analytik mit hohem Automatisierungsgrad, um den immer höheren Ansprüchen an die eingesetzten Analysetechniken zu genügen und dabei erfolgreich wiederkehrende Fragestellungen komplexer Polymeranalyse zu lösen. Kopplungstechniken von Massenspektrometrie mit traditionellen Chromatographiesystemen führen zu einer gesteigerten Selektivität und höheren Nachweisempfindlichkeit bei einer Vielzahl unterschiedlicher Proben. Mit diesen Techniken können verschiedene Fragestellungen im Bereich der Quantifizierung von Additiv, Restlösemittel und Restmonomergehalten in verschiedenen Probenmatrices bearbeitet werden, ohne dabei Extraktionsverfahren mit Lösungsmitteln [1,2] anzuwenden.

Mit einer erweiterten Implementierung automatisierter Probenvorbereitungen (Multipler Headspace Extraktion, Thermodesorption) können auch nicht-homogene Proben (z. B. Sandwichbauteile) bautiefenabhängig analysiert werden. Mit speziellen Werkzeugen (Fig. 1) können ortsgenau aus den zu untersuchenden Materialien bei schonenden Bedingungen kleine Probenmengen zur Analyse entnommen werden. An Sandwichstrukturen können separat sowohl die Decklagen als auch das Kernmaterial schichttiefenabhängig mittels Thermodesorption auf Restmonomergehalte geprüft werden. Bei Carbonfaser-Stabstrukturen ist dies separat sowohl für die Außenwand als auch den inneren Kern möglich. Bisher beschränkten sich die Aussagen der Analytik auf das gesamte Bauteil oder auf komplexe lösungsmittelhaltige Extraktionsproben. Mit einer Umkehrung der Reihenfolge der zweidimensionalen HPLC/GPC-Technik (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie/Gel-Permeations-Chromatographie) und gleichzeitiger Kopplung einer präparativen GPC/SEC (Gel-Permeations-Chromatographie/Größenausschluss-Chromatographie) mit der GCMS (Gaschromatographie-Massenspektrometrie) statt HPLC gelingt es, den Monomeranteil in Harzsystemen in der GPC besser zu quantifizieren bzw. Additive zu bestimmen. In der herkömmlichen zweidimensionalen Technik werden die HPLC und die GPC/SEC miteinander kombiniert. In der ersten Dimension (HPLC) werden die Moleküle nach ihrem chemischen Verhalten, in der zweiten Dimension (GPC/SEC) nach Größe getrennt.

Bei der GPC-GCMS-Technik verwendet man zunächst eine GPC/SEC mit präparativer Probeninjektion und anschließender Separation mittels GCMS statt HPLC. Die präparativen GPC/SEC-Fractionen der niedermolekularen Komponenten liegen in organischen Elutionsmitteln vor und können ohne weitere Vorbehandlung direkt mit dem gekoppelten GCMS-System ionisiert und analysiert werden. Als Vorteil erwies sich, zur kontinuierlichen Prozesskontrolle – sowohl für die Harzsysteme als auch für die Leichtbaumaterialien – nur eine MHE-Methode (Multiple Headspace Extraktion) bei der Monomerbestimmung (Fig. 2) zu etablieren. Anhand der beschriebenen lösungsmittelfreien Probenvorbereitungen und gleichen Methodenkopplungen können am Forschungsbereich PYCO komplexe Produkte wie Sandwichbauteile, Laminare und CF-Stabstrukturen durch verschiedene Methoden qualitativ und quantitativ ortsgenau und schnell mittels zeitsparender automatisierter Abläufe und Standard equipments identifiziert werden.

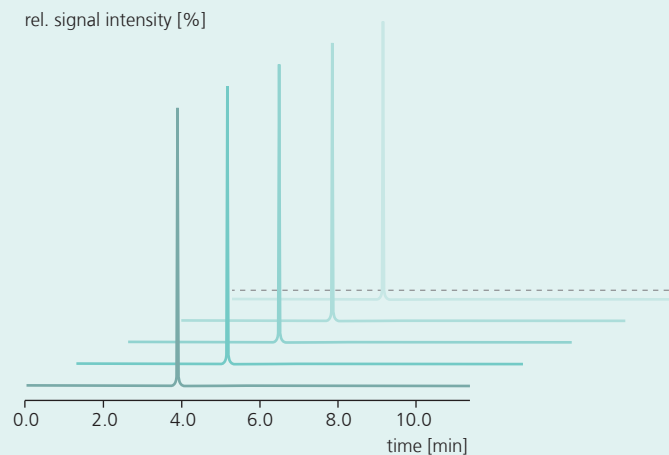
Literatur Literature

[1] DIN 53 394: *Bestimmung von monomeren Styrol in Reaktionsharzformstoffen auf Basis von ungesättigten Polyesterharzen* (1993)

[2] ISO 4901: *Reinforced plastics based on unsaturated-polyester resins – determination of the residual styrene monomer content, as well as the content of the volatile aromatic hydrocarbons, GC* (2011)

1 Tools, sandwich structures and carbon fiber rod structures.

2 MHE method used on solvent-free sample.



2

Fast and space-resolved determination of monomers in resin systems and residual monomers in lightweight materials

In order to gain a better understanding of material composition, modern analysis that uses a high degree of automation is needed to meet the ever-increasing demands on these techniques and to successfully solve recurring issues in complex polymer analysis. Combining techniques used in mass spectrometry with traditional chromatography systems leads to an increased selectivity and higher sensitivity in a variety of different samples. These techniques enable additives, residual solvents and residual monomer content to be quantified in various sample matrices without requiring solvent-based extraction procedures [1, 2].

A wider implementation of automated sample preparation (multiple headspace extraction, thermodesorption) now means that non-homogeneous samples (e.g. sandwich panels) can also be analyzed. Using special tools (Fig. 1), small sample quantities can be precisely extracted locally from the materials under investigation. In sandwich structures, thermodesorption can be used to separately examine the surface layers and the core material on residual monomers depending on the layer depth. In carbon fiber rod structures, both the outer wall and the inner core can be separately examined for residual monomer content. This allows new findings to be obtained with regard to material properties. Previously, analysis results were based on the entire component or complex solvent-based extraction samples. Reversing the order of the two-dimensional HPLC/GPC (High Performance Liquid Chromatography/Gel Permeation Chromatography) technology and coupling preparative GPC/SEC (Gel Permeation Chromatography/Size Exclusion Chromatography) with GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) instead of HPLC leads to improved quantification of the monomer content in resin systems in the GPC and a better determination of the additives. In a traditional two-dimensional technique, the HPLC and GPC/SEC are combined with one another. In the first dimension (HPLC), the molecules are separated according to their chemical behavior; in the second dimension (GPC/SEC), according to their size.

GPC-GC-MS technology uses in a first step a GPC/SEC with preparative sample injection and subsequent separation by GCMS instead of HPLC. The preparative GPC/SEC fractions of the low molecular components are present in organic solvents and can be directly ionized and analyzed with the coupled GC-MS system without further pretreatment. Establishing only one MHE method (Multiple Headspace Extraction) for determining monomers is beneficial in ensuring there is a continuous process control – both for the resin systems as well as for the lightweight materials (Fig. 2). At the PYCO research division, the solvent-free sample preparation and coupling techniques described above can be qualitatively and quantitatively used to quickly identify and precisely locate complex products, such as sandwich panels, laminates and CF rod structures, by means of time-saving automated processes and standard equipment.



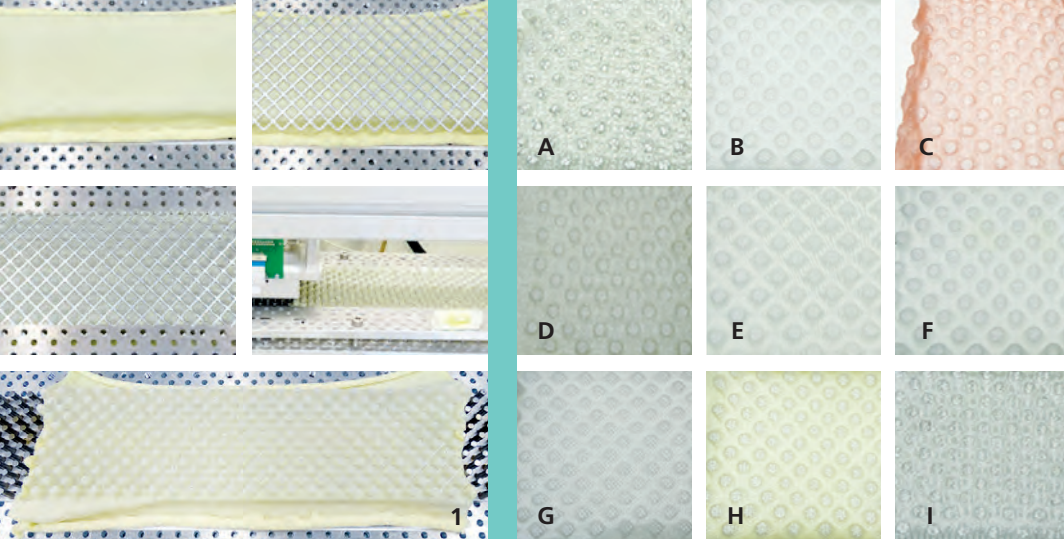
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Kay

Telefon +49 3328 330-275

Fax +49 3328 330-282

matthias.kay@iap.fraunhofer.de

Kontakt Contact



- A 100 % glass, 400 g/m².
- B 100 % PES, 95 g/m².
- C 100 % PyroTex®, 90 g/m².
- D 80 % aramid, 20 % polyester, 86 g/m².
- E 95 % cellulose, 5 % elastane, 245 g/m².
- F 95 % polyester, 5 % elastane, 190 g/m².
- G 100 % polyester, 260 g/m².
- H 86 % Nomex®, 9 % polyamide, 5 % elastane, 200 g/m².
- I 100 % glass, 360 g/m².

2

UV-härtbare Noppenwaben als Kernmaterial für Leichtbauanwendungen

Textilverstärkte Noppenwaben sind aufgrund ihres Eigenschaftsprofils als Kernmaterial für Sandwichbauteile eine interessante Alternative zu etablierten Materialien für zahlreiche Anwendungsfälle im Leichtbaubereich. Aus diesem Grund waren sie bereits Gegenstand verschiedener Forschungsprojekte [1, 2]. Sie bestehen aus einer flächigen, mit Harz imprägnierten Textil-Maschenware, die in einem ersten Schritt zu einer dreidimensionalen Noppenstruktur geformt und anschließend durch Härtung der Harzmatrix stabilisiert wird. Zur Herstellung dieses Kernmaterials lassen sich neben zahlreichen thermoplastischen Maschenwaren auch solche aus Aramid-, Glas- oder Hybridfasern einsetzen.

Bestehende Fertigungsverfahren zur Herstellung der Noppenwaben basieren auf einer thermischen Härtung [3, 4], bei der das Harz üblicherweise bei Temperaturen zwischen 130 °C und 180 °C in einem Zeitraum von 5 bis 60 Minuten aushärtet. Dies ist zum einen energieintensiv, zum anderen limitiert die erforderliche Haltezeit die Produktionskapazität.

Eine wesentlich schnellere und energieeffizientere Variante ist die Härtung mittels UV-Strahlung. Die Entwicklung immer leistungsstärkerer und effizienterer UV-LEDs in den vergangenen Jahren eröffnet hierbei neue Möglichkeiten. Im Rahmen des Projekts »UV-Endlos« (FKZ 03ZZ0133C) wird der bestehende Produktionsprozess weiterentwickelt und auf UV-LED-Härtung umgestellt.

Eine große Herausforderung ist hierbei die direkte Bestrahlung des imprägnierten Textils mit UV-Licht, da ein indirekter Energieeintrag in das Material über die Werkzeuge, wie es bei der thermischen Härtung praktiziert wird, in diesem Fall nicht möglich ist. Aus diesem Grund musste die Formgebung überarbeitet und angepasst werden. Fig. 1 zeigt die einzelnen Schritte der Noppenherstellung im Vorversuch. Das imprägnierte Textil wird zwischen Zylinderstiften und Gitter in Form gebracht und anschließend mit UV-LEDs bestrahlt.

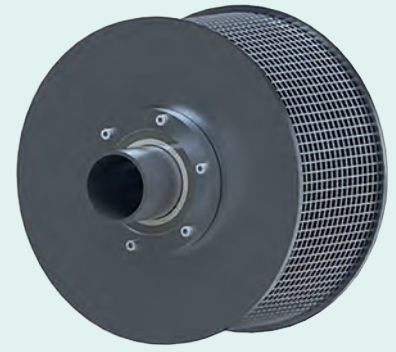
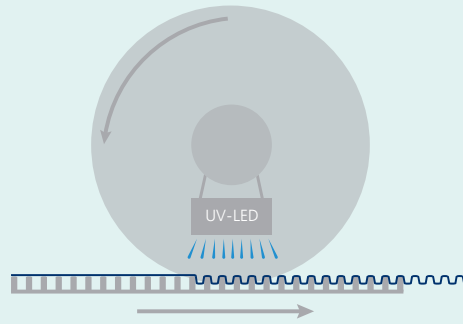
Auch mit dem neuen Verfahren lassen sich Noppenwaben mit unterschiedlichen Materialien und Raumgewichten herstellen. In Fig. 2 sind die ausgehärteten Noppenwaben bereits erfolgreich verarbeiteter Textilien zu sehen.

Zur kontinuierlichen Herstellung UV-gehärteter Noppenwaben wurde eine bestehende Versuchsanlage [4] modifiziert und das obere Werkzeugband durch eine Gitterwalze mit integrierter LED-Beleuchtungseinheit ersetzt. Schematisch ist der Produktionsprozess in Fig. 3 dargestellt. Das imprägnierte Textil wird zwischen Werkzeugband und Gitterwalze in die dreidimensionale Struktur der Noppenwabe verformt und die Harzmatrix unmittelbar im Anschluss mittels UV-LEDs ausgehärtet. Die Funktionalität dieses Fertigungsverfahrens konnte erfolgreich nachgewiesen werden, wobei die Fertigungsgeschwindigkeit an der Versuchsanlage im Vergleich zum bisherigen Prozess mit thermischer Härtung signifikant gesteigert werden konnte (Faktor 3,4). Systematische Untersuchungen mit verschiedenen Materialkombinationen laufen derzeit.

Literatur Literature

- [1] M. Bauer, C. Uhlig: *Bauelement, insbesondere Wandverkleidung und Verfahren zu dessen Herstellung*, Patent DE 10 2004 062 264 A1 (2006)
- [2] A. Bernaschek: *A three-dimensional core material for lightweight sandwich constructions*, Composite Solutions 6, pp. 10–14 (2012)
- [3] N. Gerber, M. Bauer, C. Dreyer: *Kontinuierlich herstellbares Kernmaterial zur Funktionsintegration in Sandwichbauteilen*, Konstruktion – Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe 3, pp. 14–16 (2015)
- [4] N. Gerber, A. Bernaschek, C. Dreyer, K. Klauke, M. Bauer, A. Bauer: *Progress on the Development and Automated Production of New Core Materials*, Proceedings of the 3rd International Conference on Thermosets, pp. 190–193 (2013)

- 1 Process steps for manufacturing UV-cured nap cores (source: InnoMat GmbH).
- 2 Various samples of UV-cured nap cores (source: InnoMat GmbH).
- 3 Setup to manufacture UV-cured nap cores in a continuous process.



3

Using UV-curable nap cores as a core material in lightweight applications

Textile-reinforced nap cores possess unique properties and represent an interesting alternative to established core materials used for sandwich structures in lightweight applications. For this reason, the material was the subject of several research projects [1, 2]. The material consists of a two-dimensional impregnated knitted fabric that is first shaped into a three-dimensional structure and then stabilized by curing the resin matrix. The core material can be produced from a variety thermoplastic fibers as well as textiles made from aramide, glass or hybrid fibers.

Conventional manufacturing processes use thermal curing [3, 4] at temperatures between 130°C and 180°C and require a lot of energy. Depending on the resin system, the curing time varies between 5 and 60 minutes, which limits production capacity.

A significantly faster and more energy-efficient curing process uses UV irradiation. The development of UV LEDs, whose power and efficiency have increased in recent years, provides new possibilities in this field of application. The ongoing project "UV-Endlos" focuses on further developing the current thermal curing production process and adapting it to UV LED curing.

One big challenge in this context is to directly irradiate the impregnated fabric with UV light. In this case, energy cannot be indirectly applied through the tools like in the thermal curing process. Therefore, the shaping of the material had to be revised and adapted to the new process. Fig. 1 illustrates the individual steps involved in producing the nap core in a pre-test. The impregnated fabric is brought between the cylindrical pins and the metallic mesh and subsequently cured by UV irradiation.

Like the established process, this new process allows the nap cores to be produced with different materials and densities. In Fig. 2 the cured nap cores of successfully processed textiles are illustrated.

An existing laboratory plant [6] has been modified to establish a continuous process for nap core production. The upper tools were replaced by a rotating mesh drum with an integrated LED system. Fig. 3 schematically illustrates the production process. The impregnated textile is shaped between the tool belt and the rotating mesh drum and the resin matrix is subsequently cured by UV irradiation. The functionality of this process was proven successful, even at significantly higher speeds (a factor of 3.4) than the current process. Systematic research using different material combinations is currently being conducted.



Dr. Christian Dreyer

Telefon +49 3328 330-284

Fax +49 3328 330-282

christian.dreyer@iap.fraunhofer.de

Kontakt Contact

Förderung Funding

– Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF),
FKZ 03ZZ0133C

Kooperation Collaboration

– InnoMat GmbH, Teltow
– OSA Opto Light GmbH, Berlin
– Laufenberg GmbH, Krefeld

FAKTEN, PUBLIKATIONEN, STANDORTE

FACTS, PUBLICATIONS, LOCATIONS

- 116 Ausstattung**
Equipment
- 122 Zusammenarbeit**
Collaboration
- 132 Patente**
Patents
- 136 Publikationen**
Publications
- 144 Anfahrt**
How to reach us
- 145 Standorte**
Locations

□ | p | i | o | n | e | e | r | s | | i | n | | p | o | l | y | m | e | r | s |



AUSSTATTUNG EQUIPMENT

Polymersynthese – Polymerverarbeitung

Reaktoren und Knetter

- Laborreaktoren 0,05–50 L
- Laborautoklaven 1–5 L
- explosionsgeschützter 50 L-Reaktor
- Glas/Metall Druckreaktorsysteme
- automatische Reaktorsysteme LabMax
- Mikrowellenreaktor
- Mikrowellengerät
- Peptid-Synthesizer
- Laborfermenter
- Laborknetter und -zerfaserer
- Messknetter

Pilotanlage PLA-Synthese

- Rektifikationskolonne
- Schmelzekristallisator
- kleintechnische Reaktorsysteme
- Dünnschichtverdampfer
- Mini-Compounder
- Aufwickelvorrichtung für Rundstränge und Schläuche
- Folienabzugsvorrichtung
- Filamentgranulator

Prozessanalyse

- Reaktionskalorimeter RC1 mit RTCal
- ReactIR für in-situ FTIR-Spektroskopie
- In-line-Mikroskopie von Partikelgrößen (PVM) mit CCD-Kamera
- In-line-Partikelgrößenanalytik mit FBRM

Probenvorbereitung und Probenaufarbeitung

- Labor- und Technikums-zentrifugen
- Ultrazentrifugen
- Ultrafiltrationsanlagen
- Hochdruckhomogenisator
- Ultraschallhomogenisator
- Bead Beater-Homogenisator
- Gefriertrocknungsanlagen
- Sprühtrockner
- Wirbelschichttrockner
- Dispergiergerät
- Zentrifugalmühle
- Cryo-Schwingmühle
- Kolloidmühle
- Labormixer für Pulver
- TURBULA® Mischer
- Pflugschar-Mischer
- Sandstrahlgerät
- Siebmaschinen
- Jet-Kocher
- Lösungsaggregate für Volumen von 3 bis 10 kg
- thermische Gradientenbank
- Granulattrockner
- Filamenttrockner
- Umluft- und Vakuumtrockenschränke
- Klimakammer
- Ozonisator

Compound-Herstellung

- konische Doppelschneckenextruder für Kleinstmengen ab 5 cm³
- Zweischneckencompounder
- flexibel konfigurierbare Doppelschneckenextruder, Schneckendurchmesser: 12 mm, 18 mm, 25 mm und 27 mm; Verfahrenslänge: bis 52 D, mit gravimetrischen Dosiereinheiten
- Wasserbäder
- Bandabzüge

- Granulierer
- Luft-Heißabschlag
- Schmelzepumpen
- physikalische Verschäumungseinheit Optifoam
- Labor-Prüfwalzwerk
- Plattenpressen bis 300 × 300 mm² Pressfläche
- Extrusionsblasformmaschine
- 3D-Drucker, Schmelzschichtung (FFF), selektives Lasersintern (SLS)
- 3D-Drucker, Fused Deposition Modeling, Stereolithographie

Folienherstellung

- Einschneckenextruder, Schneckendurchmesser 20 mm, 25 mm und 30 mm
- Werkzeuge für Gießfolien und Flachfolien in 1-Schicht, 3-Schicht und 5-Schicht Ausführung
- Labor-Blasfolien-Anlagen
- Chill-Roll-Anlagen
- monoaxiale Labor-Reckanlage für Folien und Fasern
- Thermoform- und Skin-Pack-Geräte
- Rakeltechnologie zur Prozessierung dünner Polymer- und Elastomerschichten

Spritzgießen

- Kolben-Spritzgießgerät für Kleinstmengen
- Spritzgießautomaten mit 220 kN, 350 kN und 550 kN Schließkraft
- Plastifiziereinheiten für Thermoplaste und Duromere
- Spritzgießwerkzeuge für Thermoplaste und Duromere

Faserspinnanlagen

- Technikums-Viskose-Anlage nach Blaschke
- Nassspinnanlagen
- Lyocell-Laborspinnanlage
- Schmelzspinnester für Nonwovens und Fasern
- Fourné Labor-Bikomponenten-Schmelzspinnanlage

Carbonfaseranlagen

- 2 × 2 m Horizontal-Rohröfen bis 950 °C zur Stabilisierung
- 4 m Horizontal-Rohröfen bis 2000 °C zur Carbonisierung
- kontinuierlicher spannungs- und dehnungsgeregelter Fadentransport für bis zu 3000 Filamente im Geschwindigkeitsbereich von 1,5 bis 50 m/h

Oberflächen, Filme und Membranen

- kaltaktives Plasmagerät
- Atmosphärendruckplasmagerät mit Gasmischeinheit
- Labor-Plasmareaktoren
- Pilot-Plasmaanlage
- Plasmaanlage für Bahnware
- Excimer-Strahler
- Corona-Treater
- Derivatisierungskammer
- Metallisierungsgeräte
- Atomlagenabscheidung (ALD)
- Easycoater
- Rotary coater
- Spin coater
- automatisches Filmziehgerät
- Membranziehmaschine für Flachmembranen
- kontinuierliche Waschanlage für Flachmembranen
- Langmuir-Waage

Pilotanlagenzentrum PAZ

- 15 Hauptreaktoren (50–870 L)
- Suspensionslinie
- Emulsionslinie (batch und konti)
- Massepolymerisationslinie (batch und konti)
- Hochviskostechnik I Knetter
- Hochviskostechnik II Scheibenreaktor
- Lösungspolymerisation (batch und konti)
- Rührkesselskade
- Dünnschichtverdampfer
- Begasungsreaktor bis 100 bar, 300 °C
- Sprühtrockner
- Bandtrockner
- Fließbettrockner
- gleichlaufende parallele Doppelschneckenextruder unterschiedlicher Größe
- Injection Molding Compounder KM 1300–14 000 IMC (Schließkraft 1300 Tonnen)
- Spritzgießmaschine KM 200 (Schließkraft 200 Tonnen)

Polymermaterialien und Composite PYCO

- 3D-Profilometrie
- CNC-Bearbeitung von FVKs und Metallen
- Dissolver
- Präzisionshärtungsöfen
- Elektronenstrahlanlage
- Klimakammer
- vertikale Imprägnieranlage für bahnförmige Materialien
- horizontale und vertikale Pilotimprägnieranlagen
- Heizpressen (max. 1500 × 1500 mm)
- Autoklav
- RTM-Anlage
- Prepreg-Technologie
- Mikrowellenhärtung (8 m³ Ofen und kontinuierlich)
- optische Charakterisierung dünner Schichten
- Duroplastspritzguss

Organische, elektronische und diffraktive optische Bauelemente

- Pilotlinie für gedruckte Elektronik
- Inkjet-Drucker
- Schlitzdüsendrucker
- Aufdampfanlage (thermisch und Elektronenstrahl)
- Sputteranlage
- Atomic Layer Deposition (ALD)
- UV-Reinigung
- UV-Pressen
- Displaycharakterisierungsmessplatz
- holographische Aufbauten mit UV- und VIS-Lasern

Biotechnikum, S1

- Fermentationsanlage
 - 2 L, 15 L, 100 L-Fermenter
 - Massenspektrometer zur Gasüberwachung
- Hochdruckhomogenisator
- Tellerseparator
- Technikums- und Ultrazentrifuge
- Ultrafiltrationsanlage
- Rotationsverdampfer 10 L
- Gefriertrocknungsanlage 10 L
- präparativer Hochleistungs-Flüssig-Chromatograph
- Heißluft-Sterilisator
- Autoklaven 120 L
- mikrobiologische Sicherheitswerkbänke
- Stand- und Schüttelinkubatoren
- Kühlraum

Polymeranalytik, Charakterisierung und Polymerbearbeitung

Lasertechnik

- Festkörperlaser (532 nm)
- HeNe-Laser (633 nm)
- Holographie-Aufbau mit Festkörperlaser 355 nm, 100 mW Leistung in-situ-Kontrolle der Beugungseffizienz
- Holographie-Aufbau mit holographischem Festkörperlaser 532 nm (200 mW Leistung) mit in-situ-Kontrolle der Beugungseffizienz
- Messplatz für DFB-Polymer-Laser: 2 DPSS gepulste Nd:YAG Laser (frequency-doubled und tripled 532 nm und 355 nm, 0,5 ns), Detektion mit Jobin Ivon iHR 320 CCD-Spektrometer (spektrale Auflösung 0,1 nm)
- Lasergravur- und Schneidsystem (30 W, 10640 nm)

Chromatographie und Lösungscharakterisierung

- Gel-Permeations-Chromatographen mit Multidetektion (VISCO, MALLS, UV, RI, ELSD), analytisch
- Eluenten: Wasser, diverse wässrige Puffer, DMSO, THF, Dichlormethan, Dimethylformamid/LiBr Hexafluorisopropanol/Na-Trifluoacetat
- dn/dc-Bestimmung
- Hochleistungs-Flüssig-Chromatograph mit DAD-Detektor
- Hochleistungs-Flüssig-Chromatographen mit Massenspektrometer
- Gaschromatograph mit Massenspektrometer, Headspace
- Combustion Ionenchromatograph

- Titrator
- Tensiometer
- Dünnschicht-Chromatograph (TLC)
- Trübungsphotometer

Spektroskopie

- hochauflösendes NMR-Spektrometer für Flüssigkeiten
- hochauflösendes NMR-Spektrometer für Festkörper
- UV/VIS-Spektrometer
- UV/VIS-NIR Spektralphotometer mit Ulbricht-Kugel
- FTIR-Spektrometer (MIR, NIR)
- ATR-FTIR Spektrometer
- heizbares ATR-Spektrometer und DRIFT-Einheit
- FT-Raman-Spektrometer
- Fluoreszenz-Spektrometer
- high performance Fluoreszenz-Spektrometer
- CCD-Spektrometer
- Röntgenphotoelektronen-Spektrometer (XPS)
- Massenspektrometer
- ICP Optisches Emissionsspektrometer
- Oberflächen-Plasmon-Resonanz-Spektrometer
- UV/VIS Mikroskop-Spektrometer
- Hamamatsu Spektrometer zur Messung der Quanteneffizienz
- dielektrische Spektroskopie

AUSSTATTUNG EQUIPMENT

Rheologie

- Rotationsviskosimeter
- Oszillationsrheometer
- Schmelzindex-Prüfgeräte
- Verdünnungs-Viskosimeter
- Rheometer-Hochdruckmesszelle für Lösungsviskosität bis 160 °C
- Gefrierpunkt-Osmometer
- automatische Kapillar-Viskosimeter für Lösungsviskosität
- Mooney-Viskosimeter

Morphologie und Strukturaufklärung

- Rasterelektronenmikroskop inkl. Röntgenmikroanalyse (EDX) und Rückstreuendetektor, Ausrüstung für Kryopräparation feuchter Proben
- Transmissionselektronenmikroskop; Ultradünnschnitttechnik, Kryomikrotomie, Abdrucktechniken
- Lichtmikroskope mit Video- und Bildanalysetechnik
- Röntgengeräte für Weitwinkelstreuung (WAXS) und Kleinwinkelstreuung (SAXS)
- Quecksilberporosimetrie
- volumetrische Gasadsorption (BET)
- dynamische Wasserdampfsorption
- Polarisations-Mikroskopie
- optische, Lumineszenz- und Polarisations-Mikroskopie

Materialkennndaten

- Cone-Kalorimeter
- dynamisches Scanning-Kalorimeter (DSC)
- dynamisch-mechanische Analyse (DMA)
- thermogravimetrische Analyse (TGA)
- Partikelgrößenmessgeräte
- Zetapotential-Analysengeräte
- Trübungsphotometer
- Polarimeter
- klimatisiertes, mechanisches Prüflabor mit Universal-Zugprüfmaschine, Kerbschlaggerät, Dauerbiegeprüfgerät, Fasernassscheuerprüfgerät, Härteprüfgerät, Dickenmessgerät, Vibroskop zur Bestimmung der Feinheit von Fasern
- Universalprüfsystem mit Temperierkammer und Laserextensometer
- Durometer
- Druckverformungsrest-Prüfeinrichtung
- Kugel-Rückprall-Tester
- Dart-Drop (Fallbolzen)-Gerät
- Permeationsmessstände für Gase und Flüssigkeiten
- Porometer für durchgängige Poren im Bereich 500 bis <math><0,02 \mu\text{m}</math>
- Geräte zur Bestimmung der Materialfeuchte
- digitales Biegeschwinger-Dichtemessgerät
- Dichtebestimmung von Festkörpern und Flüssigkeiten
- Dichtegradientensäule
- Helium-Pyknometer zur Dichtebestimmung
- Ladungsträgerbeweglichkeitsmessplatz
- OLED-Lebensdauer messplatz
- Suntester

- Optical-Calcium-Spiegel-Messplatz
- Membrantestanlage für Gase
- thermisch-Mechanische Analyse (TMA, Dilatometrie)
- M-Linien-Messplatz (Bestimmung des Brechungsindex, Doppelbrechung und Schichtdicke)
- Abbe-Refraktometer

Oberflächenanalyse

- Röntgenphotoelektronen-Spektrometer (XPS)
- Kontaktwinkelgoniometer
- Kontaktwinkelmessung
- digitales Refraktometer
- digitales Mikroskop
- Fluoreszenzspektrometer
- Infrarot-Thermografiesystem
- Messsystem basierend auf Fokusvariation
- Infrarotspektrometer (ATR, IRRAS)
- Rasterkraftmikroskop
- Ellipsometer
- Oberflächenplasmonenresonanzgerät

Molekularbiologie, Biochemie

- Thermocycler
- Real-Time Thermocycler
- DGGE/SSCP-Anlage
- Geldokumentationsanlage mit multipler Detektion
- Gelelektrophorese und Blotting-Systeme
- isoelektrische Fokussierung
- Mikroplattenleser (Absorption, Fluoreszenz)
- UV/VIS-Spektrometer
- NanoDrop
- Hochleistungs-Flüssig-Chromatograph mit UV- und Leitfähigkeit-Detektion

Mikro- und zellbiologische Testverfahren

- Autoklaven
- Sicherheitswerkbänke Klasse II mit drei Filtern
- Inkubatoren, Schüttelinkubator
- Zentrifugen, Ultrazentrifugen
- Hochleistungs-Thermocycler
- Casy Zellzähler
- Mikroplatten-Lesegerät für ELISA-assays
- Spektrophotometer
- Stereomikroskop mit digitaler Kamera
- inverses Fluoreszenzmikroskop
- konfokales Laserscanning Mikroskop

Ausführliche Informationen zu unserem umfangreichen Analytikangebot finden Sie unter:

www.polymer-analytik.de

Polymer synthesis – Polymer processing

Reactors and kneaders

- laboratory reactors 0.05–50 L
- laboratory autoclaves 1–5 L
- explosion-proof 50 L reactor
- laboratory pressure reactor systems
- LabMax process development workstations
- microwave reactor
- microwave system
- peptide synthesizer
- laboratory fermenter
- laboratory kneader and defibrator
- measuring kneader

Pilot plant PLA synthesis

- rectification column
- melt-crystallizer
- pilot plant scale tank reactors
- thin film evaporator
- mini-compounder
- winder for winding up round strands and hoses
- film take-off-device
- filament granulator

Process analysis

- reaction calorimeter RC1 with RTCal
- ReactIR for in-situ FTIR-spectroscopy
- in-line particle size microscopy (PVM) with CCD camera
- in-line particle size measurement with FBRM

Sample preparation and reprocessing

- laboratory and pilot plant centrifuges
- ultracentrifuges
- ultrafiltration system
- high pressure homogenizer
- ultrasonic homogenizer
- bead beater homogenizer
- freeze dryers
- spray dryer
- fluidized bed dryer
- disperser
- centrifugal mill
- ball, cutting and centrifugal mills
- CryoMill
- colloid mill
- laboratory mixer for powder
- TURBULA® mixer
- ploughshare batch mixer
- sand blasting machine
- screening machines
- jet cooker
- dissolving aggregates for volumes of 3 to 10 kg
- film formation bank
- pellet dryer
- filament dryer
- air-circulation and vacuum drying ovens
- climate chamber
- ozonizer

Compound processing

- conical twin screw extruders for compounding of small volume (> 5 cm³) samples
- twin screw compounder
- flexible configurable twin screw extruders, screw diameters: 12 mm, 18 mm, 25 mm and 27 mm, processing length: up to 52 D, equipped with gravimetric feeders
- water baths
- band take-offs
- pelletizer

- hot-cut air pelletizer
- melt pumps
- physical foaming equipment Optifoam
- testing roll mill
- platen presses up to 300 × 300 mm² press area
- extrusion blow molding machine
- 3D printers, fused filament fabrication (FFF), selective laser sintering (SLS)
- 3D printers, fused deposition modeling, stereolithography

Film manufacturing

- single screw extruders, screw diameters: 20 mm, 25 mm and 30 mm
- tools for cast-film and flat-film processing in monolayer, 3-layer and 5-layer version
- laboratory blown film lines
- chill-roll units
- monoaxial laboratory stretching unit for film and monofilament
- thermoforming and skin pack equipment
- doctor-blade techniques in order to process thin polymer and elastomer layer

Injection molding

- piston injection molding machine for small amounts
- injection molding machines with 220 kN, 350 kN and 550 kN clamping force
- plastification units for thermoplastics and thermosets
- injection molding tools for thermoplastics and thermosets

Fiber spinning lines

- viscose pilot plant by Blaschke
- wet spinning lines
- lyocell-laboratory spinning system
- melt spintester for nonwovens and fibers
- Fourné laboratory bicomponent melt spinning line

Carbon fiber equipment

- 2 × 2 m horizontal tube ovens up to 950 °C for stabilization
- 4 m horizontal tube oven up to 2000 °C for carbonization
- continuous tension and strain controlled fiber transportation up to 3000 filaments in the speed range from 1.5 to 50 m/h

Surfaces, films and membranes

- cold active plasma device
- atmosphere plasma device with gas mixing unit
- lab-scale plasma reactors
- pilot-scale plasma reactors
- plasma reactors for web material
- excimer lamp
- corona treater
- derivatization chamber
- metallization equipment
- atomic layer deposition (ALD)
- easycoater including slot die, knife coating and screen printing
- rotary coater
- spin coater
- automatic film applicator coater
- flat sheet membrane casting machine
- continuous washer for flat sheet membranes
- Langmuir balance

AUSSTATTUNG EQUIPMENT

Polymer analysis, characterization and polymer treatment

Pilot Plant Center PAZ

- 15 main reactors (50 to 870L)
- suspension line
- emulsion line (batch and conti)
- bulk polymerization (batch and conti)
- high-viscosity technology I kneader
- high-viscosity technology II disc reactor
- solution polymerization (batch and conti)
- cascade of stirred tank reactors
- thin film evaporator
- gassing reactor to 100 bar, 300°C
- spray and band dryer
- fluid-bed dryer
- co-rotating twin-screw extruders
- injection molding compounder KM 1300 – 14,000 IMC (clamping force 1300 tons)
- injection molding machine KM200 (clamping force 200 tons)

Polymeric Materials and Composites PYCO

- 3D-profilometry
- CNC treatment of FRPs and metals
- dissolver
- precision curing furnace
- electron beam curing plant
- climatic chamber
- vertical technology impregnation drum for web-shaped prepregs
- horizontal and vertical pilot impregnation plants
- hot presses (max. 1,500 × 1,500 mm)
- autoclave
- RTM-technology
- prepreg technology
- microwave curing (8 m³ oven and continuously)
- optical characterization of thin layers
- thermoset injection molding

Organic electronic and diffractive optical components

- pilot line for printed electronics
- inkjet printer
- slot die coater
- evaporation chamber with thermal and e-beam evaporation
- sputter facility
- atomic layer deposition (ALD)
- UV cleaning
- UV press
- display characterization equipment
- display characterization
- holographic setups with UV and VIS lasers

Biotechnology plant, S1

- fermentation plant
 - 2 L-, 15 L-, 100 L-fermenter
- mass spectrometer for gas detection
- high pressure homogenisator
- disc separator
- pilot plant and ultra centrifuge
- ultrafiltration device
- rotary evaporator 10 L
- freeze dryer 10 L
- preparative high performance liquid chromatograph
- hot air sterilizer
- autoclaves 120 L
- microbiological safety work benches
- shaking and non-shaking incubators
- cold room

Laser technology

- solid state laser (532 nm)
- HeNe laser (633 nm)
- holographic set-up, holographic structuring of polymers with 355 nm solid state-laser, in-situ-monitoring of diffraction efficiency
- holographic setups, holographic structuring of polymers with 532 nm solid state-laser, in-situ-monitoring of diffraction efficiency
- measuring station for DFB polymer lasers: 2 DPSS pulsed Nd:YAG laser (frequency-doubled and tripled 532 nm and 355 nm, 0.5 ns), detection with Jobin Ivon iHR 320 CCD spectrometer (spectral resolution 0.1 nm)
- laser engraving and cutting machine (30 W, 10640 nm)

Chromatography and solution characterization

- gel permeation chromatographs with multi-detection (VISCO, MALLS, UV, RI, ELSD), analytical
- eluents: water, DMSO, dichloromethane, dimethyl-formamide/LiBr, hexafluoroisopropanol/Na-trifluoracetat
- dn/dc-determination
- high performance liquid chromatograph with DAD-detector
- high performance liquid chromatographs with mass spectrometer
- gas chromatograph with mass spectrometer, headspace
- combustion ion chromatograph
- titrator
- tensiometer
- thin-layer chromatograph (TLC)
- turbidity photometer

Spectroscopy

- high resolution NMR spectrometer for liquid state analysis
- high resolution NMR spectrometer for solid states analysis
- UV-VIS spectrometer
- UV-VIS-NIR spectrophotometer with integration sphere
- FTIR spectrometer (MIR, NIR)
- ATR-FTIR spectrometer
- heatable ATR spectrometer and DRIFT unit
- FT-Raman spectrometer
- fluorescence spectrometer
- high performance fluorescence spectrometer
- CCD-spectrometer
- X-ray photoelectron spectrometer (XPS)
- mass spectrometer
- ICP optical emission spectrometer
- surface plasmon resonance (SPR) spectrometer
- UV/VIS microscope spectrometer
- quantum yield measurement setup
- dielectric spectroscopy
- ellipsometer

Rheology

- rotational viscometer
- oscillation rheometer
- melt-flow-index measurement devices
- dilution viscometer
- rheometer high pressure cell modules for solution viscosity up to 160°C
- freezing point osmometer
- capillary viscometer for solution viscosity
- Mooney viscometer

Morphology and structure elucidation

- scanning electron microscope including X-ray microanalysis (EDX) and detector for back-scattered electrons, devices for cryopreparation of moist samples
- transmission electron microscope; ultra-thin cut technology, cryo-microtomy, replica technology
- optical microscopes with video- and image analysis technology
- X-ray equipment for wide angle (WAXS) and for small angle (SAXS) x-ray scattering
- mercury porosimetry
- volumetric gas adsorption (BET)
- dynamic vapour sorption
- polarization microscopy
- optical, luminescence and polarisation microscopy

Material characteristics

- cone calorimeter
- dynamic scanning calorimeter (DSC)
- dynamic mechanical analysis (DMA)
- thermogravimetric analysis (TGA)
- particle size analyzers
- zetapotential analyzers
- turbidity photometer
- polarimeter
- air-conditioned mechanical test laboratory with universal tensile testing machine, impact tester, bending endurance tester, wet fiber abrasion machine, hardness gauge tester, thickness gauge tester, vibroscope for determination of fineness of fibers
- universal testing machine with temperature chamber and laser extensometer
- durometer

- compression set testing
- ball-rebound-tester
- dart-drop tester
- gas and liquid permeation analyzers
- capillary flow porometer
- moisture meter for plastics
- digital oscillating U-tube density meter
- system for density determination of solids and liquids
- helium gas pycnometer
- density gradient column
- charge mobility tester
- OLED lifetime tester
- charge mobility
- OLED lifetime testing
- suntester
- optical calcium tester
- gas permeability tester
- thermal mechanical analysis (TMA, dilatometry)
- device for m-line measurement (determination of refractive index, birefringence, and layer thickness)
- Abbe refractometry

Surface analysis

- X-ray photoelectron spectrometer (XPS)
- contact angle goniometry
- contact angle measurement equipment
- digital refractometer
- digital microscope
- fluorescence spectrometer
- infrared thermography system
- focus variation microscopy
- infrared spectrometer (ATR, IRRAS)
- fluorescence labelling
- infrared spectroscopy (ATR, IRRAS)
- atomic force microscopy (AFM)
- ellipsometer
- surface plasmon resonance instrument

Molecularbiology and biochemistry

- thermocycler
- real-time thermocycler
- DGGE/SSCP device
- geldocumentation system with multiple detection
- gelelectrophoresis and blotting systems
- isoelectric focussing
- micro plate reader (absorbance, fluorescence)
- UV/VIS spectrometer
- NanoDrop
- high performance liquid chromatograph with UV and conductivity detection

Micro and cell biological test methods

- autoclaves
- 3-filter class II microbiological safety cabinets
- incubators, shaker incubator
- centrifuges, ultracentrifuge
- ultra high-performance thermal cycler
- easy cell counter
- microplate reader for ELISA assays
- spectrophotometer
- stereo microscope with digital camera
- inverted fluorescence microscope
- confocal laser scanning microscope

Detailed information on our broad range of analytical methods and services:

www.polymer-analytik.de

ZUSAMMENARBEIT COLLABORATION

Zusammenarbeit Collaboration

Fraunhofer-Institute Fraunhofer Institutes

Fraunhofer CBP, Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse, Leuna

Fraunhofer COMEDD, Einrichtung für Organik, Materialen und Elektronische Bauelemente, Dresden

Fraunhofer ENAS, Institut für Elektronische Nanosysteme, Chemnitz

Fraunhofer FEP, Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnologie, Dresden

Fraunhofer FOKUS, Institut für Offene Kommunikationssysteme, Berlin

Fraunhofer HHI, Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, Berlin

Fraunhofer IAO, Institut für Arbeitswirtschaft und -organisation, Stuttgart

Fraunhofer IBMT, Institut für Biomedizinische Technik, St. Ingbert

Fraunhofer ICT, Institut für Chemische Technologie, Pfinztal

Fraunhofer IFAM, Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen

Fraunhofer IGB, Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik, Stuttgart, Institutsteil Staubingen

Fraunhofer IIS, Institut für Integrierte Schaltungen, Erlangen

Fraunhofer IKTS, Institut für Keramische Technologien und Systeme, Dresden

Fraunhofer ILT, Institut für Lasertechnik, Aachen

Fraunhofer IME, Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie, Schmallenberg

Fraunhofer IMS, Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme, Duisburg

Fraunhofer IMWS, Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen, Halle (Saale)

Fraunhofer INT, Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen, Euskirchen

Fraunhofer IOF, Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, Jena

Fraunhofer IPA, Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart

Fraunhofer IPK, Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Berlin

Fraunhofer IPMS, Institut für Photonische Mikrosysteme, Dresden

Fraunhofer ISC, Institut für Silicatforschung, Würzburg

Fraunhofer ISE, Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg

Fraunhofer ISI, Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Fraunhofer IVV, Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, Freising

Fraunhofer IWM, Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg

Fraunhofer IWU, Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Dresden

Fraunhofer IZI-BB, Institut für Zelltherapie und Immunologie – Bioanalytik und Bioprozesse, Potsdam-Golm

Fraunhofer IZM, Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin

Fraunhofer LBF, Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt

Fraunhofer UMSICHT, Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Oberdorf

Fraunhofer WKI, Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, Braunschweig

Hochschulen in Deutschland Universities in Germany

Bergische Universität Wuppertal, Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente

Beuth Hochschule für Technik, Berlin

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Leichtbau mit strukturierten Werkstoffen, Lehrstuhl für Thermophysik, Fakultät 3/Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Biochemie

Fachhochschule Münster, Fachbereich Chemieingenieurwesen

Freie Universität Berlin, Institut für Chemie, Fachbereich Wirtschaftswissenschaft, BWL und Management; Lehrstuhl für Innovationsmanagement

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Optik, Institut für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie

Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Fachbereich Holzingenieurwesen

Hochschule Hannover, Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Hochschule Kaiserslautern

Hochschule Merseburg

Hochschule Ostwestfalen-Lippe,
Fachgebiet Regelungstechnik und
Mechatronik

Hochschule Reutlingen

Humboldt Universität zu Berlin,
Institut für Physik, Institut für
Chemie

Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg, Institut für
Organische Chemie

Rheinisch-Westfälische Technische
Hochschule Aachen

Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm, Fachbereich
Chemieingenieurwesen

Technische Hochschule Wildau,
Fachbereich Ingenieur- und
Naturwissenschaften

Technische Universität Berlin,
Fachgebiet Polymertechnik/
Polymerphysik, Fakultät für Elektro-
technik und Informatik, Institut für
Physik, Institut für Chemie

Technische Universität
Braunschweig, Institut für
Hochfrequenztechnik

Technische Universität Chemnitz,
Institut für Strukturleichtbau,
Zentrum für Mikrotechnologien

Technische Universität Darmstadt,
Institut für Druckmaschinen und
Druckverfahren, IDD

Technische Universität Dresden,
Institut für Pflanzen- und
Holzchemie

Technische Universität Ilmenau

Universität Albstadt-Sigmaringen,
Department of Engineering

Universität Bayreuth,
Polymer Engineering

Universität Darmstadt, Lehrstuhl
für Elektronische Bauelemente

Universität Düsseldorf, Institut
für Bioorganische Chemie

Universität Erlangen – Nürnberg,
Materials for Electronics and
Energy Technology

Universität Hamburg, Zentrum
für Holzwirtschaft, Institut für
chemische Holztechnologie

Universität Kassel, Institut für
Werkstofftechnik, Kunststoff-
und Recyclingtechnik

Universität Leipzig

Universität Marburg, Institut für
Pharmazeutische Chemie

Universität Potsdam, Institut für
Chemie, Institut für Physik und
Astronomie

Universität Rostock, Universitäts-
medizin Rostock

Universität Stuttgart, Institut für
Technische Optik, Institut für
Halbleiteroptik und Funktionelle
Grenzflächen, Institut für Groß-
flächige Mikroelektronik, Institut
für Organische Chemie

Universitätsklinikum Düsseldorf

Westfälische Hochschule
Zwickau, Institut für Produktions-
technik

Hochschulen im Ausland Foreign universities

Aalto University, School of Science
and Technology/Department of
Forest Product Technology, Espoo
(Finland)

Aristotle University of
Thessaloniki, Lab for Thin Films –
Nanosystems & Nanometrology
(LTFN), Department of Physics,
Thessaloniki (Greece)

Colorado State University,
Department of Clinical Sciences,
Fort Collins, Colorado (USA)

Cyprus University of Technology,
Molecular Electronics and
Photonics Research Unit, Limassol
(Cyprus)

Instituto de Pesquisas Energéticas
e Nucleares, Reator Multipropósito
Brasileiro, São Paulo (Brazil)

National Technical University of
Athens, Material Science and
Engineering Department, Athen
(Greece)

Technische Universität Graz,
Institut für Chemische Techno-
logie von Materialien, Institut für
Molekulare Biotechnologie, Graz
(Austria)

The Hebrew University of
Jerusalem, HUJI, Institute for
Drug Research (IDR), School of
Pharmacy, Hadassah University
Medical Center, Department of
Gastroenterology, Jerusalem
(Israel)

ZUSAMMENARBEIT COLLABORATION

The University of Manchester,
Manchester Interdisciplinary
Biocentre, Manchester (UK)

The University of Texas,
MD Anderson Cancer Center,
Houston, Texas (USA)

The University of Texas at Austin,
College of Natural Sciences,
Department of Molecular Bio-
sciences, Austin, Texas (USA)

Universidad de Concepción,
Departamento de Ingeniería
Química, Concepción (Chile)

Universidad de Santiago de
Compostela, Dept. Microbiología,
Facultad de Biología, Santiago de
Compostela (Spain)

Universität Linz, Linzer Institut
für Organische Solarzellen, Linz
(Austria)

Université de Mons, Institut des
Biosciences, Mons (Belgium)

University of Aveiro, Department
of Chemistry, Aveiro (Portugal)

University of Campinas,
Laboratorio de Nanotecnologia
e Energia Solar, LNES, Campinas
(Brazil)

University of Connecticut,
Department of Chemistry,
Hartford (USA)

University of Copenhagen,
Faculty of Health and Medical
Sciences, Copenhagen (Denmark)

University of Durham, Durham (UK)

Universität Graz, Institut für
Chemie, Graz (Austria)

University of Helsinki,
Department of Chemistry,
Helsinki (Finland)

University of Ioannina, Depart-
ment of Material Science and
Engineering, Ioannina (Greece)

University of Limerick, Irish
Centre for Composites Research
(IComp), Limerick (Ireland)

University of Liverpool, Depart-
ment Chemistry, Liverpool (UK)

University of Maribor, Laboratory
for Characterization and
Processing of Polymers, Maribor
(Slovenia)

University of Oxford, Department
of Materials, Oxford (UK)

University of Patras, Advanced
Polymers Hybrid Nanomaterials
Research Laboratory, Patras
(Greece)

University of Surrey, Advanced
Technology Institute, Surrey (UK)

University of Tel Aviv, Department
of Zoology, Tel Aviv (Israel)

Veterinärmedizinische Universität
Wien, Institut für Virologie, Wien
(Austria)

Andere Forschungs- einrichtungen Other research institutions

Acondicionamiento Tarrasense
Associación, Barcelona (Spain)

Acreo Swedish ICT AB,
Norrköping (Sweden)

Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsvereinigungen »Otto
von Guericke« e.V., AIF, Köln

Austrian Institute of Technology
GmbH, Energy Department,
Wien (Austria)

Bundesanstalt für Material-
forschung und -prüfung, BAM,
Berlin

Center for Material Forming,
MINES ParisTech, Sophia Antipolis,
Cedex (France)

Centre Nationale de la Recherche
Scientifique, CNRS, Palaiseau
(France)

Centrum für Angewandte Nano-
technologie, CAN, Hamburg

CIDETEC IK4, San Sebastian (Spain)

CNPEM Brazilian Center for
Research in Energy and Materials,
Campinas, São Paulo (Brazil)

Commissariat à l'énergie atomique
et aux énergies alternatives,
Grenoble (France)

Cori Coatings Research Institute,
Ottignies-Louvain-la-Neuve,
(Belgium)

DWI – Leibniz-Institut für Interaktive
Materialien e.V., Aachen

EU Joint Research Center, Ispra
(Italy)

Ferdinand-Braun-Institut. Leibniz-
Institut für Höchstfrequenztechnik,
Berlin

Forschungsgemeinschaft
Werkzeuge und Werkstoffe e.V.,
FGW, Remscheid

Forschungsinstitut für Leder und
Kunststoffbahnen gGmbH, FILK,
Freiburg

Forschungszentrum Jülich, Jülich

Helmholtz-Zentrum Berlin für
Materialien und Energie GmbH,
Berlin

Helmholtz-Zentrum Geesthacht,
Zentrum für Material- und
Küstenforschung GmbH, Institut
für Biomaterialforschung, Teltow

Helmholtz-Zentrum Geesthacht,
Zentrum für Material- und
Küstenforschung, Geesthacht

Institut für Dünnschichttechnologie
und Mikrosensorik e.V., Teltow

Institut für Holztechnologie
Dresden gemeinnützige GmbH
(IHD), Dresden

Institut für Verbundwerkstoffe
GmbH, IVW, Kaiserslautern

Institute of Macromolecular Che-
mistry Petru Poni, Iasi (Romania)

Instituto de Investigação da Floresta e Papel, RAIZ, Eixo (Portugal)

Instituto Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, IMPiB, Toruń (Poland)

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Graz (Austria)

Karlsruher Institut für Technologie, KIT, Karlsruhe

Kompetenzzentrum Holz GmbH (Wood K plus), Wien (Austria)

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., ATB, Potsdam

Leibniz-Institut für Polymerforschung e.V., IPF, Dresden

MateriaNova, Mons-Bergen (Belgium)

Max Rubner-Institut, MRI, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Detmold

Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam

NanoTecCenter Weiz, Graz (Austria)

Papiertechnische Stiftung, PTS, München

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., STFI, Chemnitz

Sirris, Hasselt (Belgium)

Stiftelsen SINTEF, Trondheim (Norway)

Süddeutsches Kunststoffzentrum Würzburg, SKZ, Würzburg

Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V., Greiz

The Institute of Photonic Sciences, ICFO, Barcelona (Spain)

Thünen-Institut, Großhansdorf

Ukraine Academy of Science, Institute of Physics, Kiev (Ukraine)

Firmenkooperationen Cooperations with companies

3D Micromac, Chemnitz

3M Poland, Wroclaw (Poland)

ABB, Ladenburg

Advent, Patras (Greece)

aevotis GmbH, Potsdam

Agrana Research & Innovation Center GmbH, Tulln (Austria)

Aixtron, Aachen

Albis Plastic GmbH, Hamburg

Allnex Germany GmbH, Wiesbaden

Allresist GmbH, Strausberg

AMSilk GmbH, Martinsried

amynova polymers GmbH, Bitterfeld-Wolfen

Andreas Junghans – Anlagenbau und Edelstahlbearbeitung GmbH & Co. KG, Frankenberg

APK AG, Merseburg

AquaBioTech Limited, Mosta (Malta)

ARKEMA France, Grenoble (France)

AVEBE, Veendam (Netherlands)

B. Braun Melsungen AG, Berlin, Melsungen

BASF Polyurethanes GmbH, Lemförde

BASF Schwarzheide GmbH, Schwarzheide

BASF SE, Ludwigshafen

Bayer CropScience AG, Monheim

Becorit GmbH, Recklinghausen

BHS Corrugated Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Weiherhammer

Biobase Europe Pilot plant, Gent (Belgium)

BioLog Biotechnologie GmbH, Queist

Biomer, Krailling

BioNucleo GmbH, Berlin

BIOTEC GmbH & Co. KG, Emmerich

BIOTECON Diagnostics GmbH, Potsdam

BMW Group, München

Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH, Leipzig

Bundesdruckerei GmbH, Berlin

BYK-Chemie GmbH, Wesel

Cargill Deutschland GmbH, Krefeld

Carmel Olefins, Haifa (Israel)

Ceapro Inc., Edmonton (Canada)

ZUSAMMENARBEIT

COLLABORATION

Centro Ricerche Fiat (CRF), Turin–Orbassano (Italy)	Dow Olefinverbund GmbH, Schkopau	Glatfelter Falkenhagen GmbH, Pritzwalk	Huntsman Advanced Materials GmbH, Basel (Switzerland)
Ceresan Erfurt GmbH, Markranstädt	DuPont, Delaware (USA)	GMT Membrantechnik GmbH, Rheinfelden	Hutchinson SA, Châlette-sur- Loing (France)
Clariant Deutschland GmbH, Frankfurt/Main	Eastman, Kingsport (USA)	Göckener GmbH, Ahaus	IBF Electronic GmbH & Co. KG, Ober-Ramstadt
CNA Diagnostics Inc., Calgary (Canada)	Eckert&Ziegler BEBIG GmbH, Berlin	Grafe Advanced Polymers GmbH, Blankenhain	ifn Anwenderzentrum GmbH, Lauchhammer
Coatema, Coating Machinery GmbH, Dormagen	Emsland-Stärke GmbH, Emlichheim	Greibo-Chemie GmbH, Velten	ImaBiotech, Lille (France)
Coltène/Whaledent AG, Altstätten (Switzerland)	Erbslöh Geisenheim AG, Geisenheim	Gremolith AG, Bazenheid (Switzerland)	Ineos Melamines GmbH, Frankfurt a. Main
Compliance Advice and Services in Microbiology GmbH, Köln	ESE GmbH, Neuruppin	Groupe SEB, Rumilly (France)	InnoMat GmbH, Teltow
Compraxx GmbH, Brehna	Evonik Industries AG, Essen	Gundlach Verpackungen GmbH, Oerlinghausen	Interstarch GmbH Altröglitz, Elsteraue
Compucon, Thessaloniki (Greece)	evoxx technologies GmbH, Monheim am Rhein	Gustav Scharnau GmbH, Werneuchen	Intrinsic Materials Limited, Farnborough, Hamshire (UK)
COMSA EMTE SL, Barcelona (Spain)	Festo AG & Co. KG, Esslingen	HAUTE INNOVATION, Berlin	Isovoltaic AG, Lebring (Austria)
Constantia GmbH, Weinburg (Austria)	FiberLean Technologies, Cornwall (UK)	H. Hiendl GmbH & Co. KG, Bogen-Furth	Jäckering Mühlen- Nährmittelwerke GmbH, Hamm
Continental, Hannover	First Sensor AG, Berlin	Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf	Jotun AS, Sandefjord (Norway)
Cordenka GmbH & Co. KG, Obernburg	Folex AG, Seewen (Switzerland)	hesco Kunststoffverarbeitung GmbH, Luckenwalde	Jowat AG, Detmold
Corning Cable Systems, Berlin- Adlershof	Follmann GmbH & Co. KG, Minden	Hobum Oleochemicals GmbH, Hamburg	KARL WEISS Technologies GmbH, Berlin
crystalsol GmbH, Wien (Austria)	foxiflex GmbH & Co. KG, Lehnin	Horiba Jobin Yvon SAS, Palaiseau (France)	Karodur Wirksteller GmbH, Troisdorf
C-Tech Innovation Limited, Capenhurst (UK)	Fujifilm Manufacturing Europe B.V., Tilburg (Netherlands)	HuaAnTang, Guangzhou (China)	Koehler Innovative Solutions, Oberkirch
Cynora GmbH, Karlsruhe	Fumatech BWT GmbH, Bittigheim-Bissingen	Hueck Rheinische GmbH, Stolberg	Koenen GmbH, Ottobrunn- Riemerling
Cyramid AG, Güster	Gemalto, Gémenos (France)	Huhtamaki Flexible Packaging Germany GmbH & Co. KG, Ronsberg	Kolon Plastics Inc., Gimcheon (South Korea)
Delta Engineering & Chemistry GmbH, Berlin	Gen-IAL GmbH, Troisdorf		
	Givaudan S.A., Paris (France)		
	glabete GmbH, Ebersbach		

Konarka Technologies, Linz (Austria)	Luxilon Industries NV, Antwerpen (Belgium)	Oxford Lasers Inc., Oxford-Oxon (UK)	Sapemus Chemie GmbH, Springe
Korea Electronics Technology Institute, KETI, Bundang-gu Seongnam (South Korea)	LXP Group, Berlin	PanEuro, Cork (Ireland)	Saturn Bath Co., Ltd., Seoul (South Korea)
Kronoply GmbH, Heiligengrabe	made of air GmbH, Berlin	Papierfabrik Palm GmbH, Schwepnitz	Schaeffler Friction Products GmbH, Morbach
KSG Leiterplatten GmbH, Gornsdorf	Marintek, Trondheim (Norway)	PDW Analytics GmbH, Potsdam	Schill+Seilacher GmbH, Böblingen
L&L Products Europe SAS, Molsheim (France)	MateriaNova, Mons-Bergen (Belgium)	PLAton GmbH, Hamburg	Schoeller Technocell GmbH & Co. KG, Osnabrück
Lanxess Deutschland GmbH, Bitterfeld-Wolfen, Leverkusen	M. Braun Inertgas-Systeme GmbH, Garching	Pollmeier Massivholz GmbH & Co. KG, Creuzburg	SE Tylose GmbH & Co. KG, Wiesbaden
Largentec Vertriebs GmbH, Berlin	Merck KGaA, Darmstadt	PolyAn GmbH, Berlin	SeeReal Technologies GmbH, Dresden
Laufenberg GmbH, Krefeld	micro resist technology GmbH, Berlin	Polyblend GmbH, Bad Sobernheim	Sensor- und Lasertechnik Dr. W. Bohmeyer, Neuenhagen bei Berlin
Leipa Georg Leinfelder GmbH, Schwedt	Microdyn-Nadir GmbH, Wiesbaden	Polygal AG Schweiz, Märstetten (Switzerland)	SG Austria Pte Ltd., Singapore (Singapore)
Lenzing AG, Lenzing (Austria)	MILTON ESSEX S.A., Warschau (Poland)	Polyterra Innovations GmbH, Berlin	Siemens AG, Berlin
Linotech GmbH & Co. KG, Forst	MiNaCon GmbH, Düsseldorf	PRA Trading Ltd., London (UK)	Sikoplast Maschinenbau GmbH, Siegburg
LIST AG, Arisdorf (Switzerland)	Model AG, Weinfelden (Switzerland)	Pracht Lichttechnik GmbH, Dautphetal	Sirigen Inc., San Diego (USA)
Loewe Technology GmbH, Kronach	Moll-Engineering GmbH, Lübeck	Precision Varionic International LTD, Swindon (UK)	Smallmatek, Aveiro (Portugal)
Lonza AG, Visp (Switzerland)	Nanograde Ltd., Staefa (Switzerland)	PUMA AG, Herzogenaurach	Smurfit Kappa Hoya Papier und Karton GmbH, Hoya
Lonza Ltd., Basel (Switzerland)	NCA, Navara (Spain)	qpa bioanalytics GmbH, Potsdam	Soldardynamik, Berlin-Adlershof
Lonza Group Ltd., Basel (Switzerland)	Nematel GmbH & Co. KG, Mainz	Quarzwerke GmbH, Frechen	Specific Polymers, Montpellier (France)
LTB Lasertechnik Berlin GmbH, Berlin	Notion Systems GmbH, Schwetzig	Raab-Photonik GmbH, Potsdam	Specs Surface Nano Technology GmbH, Berlin
LUMILEDS, San Jose (USA)	Novald GmbH, Dresden	Reifenhäuser REICOFIL GmbH & Co. KG, Troisdorf	Stadler Pankow GmbH, Berlin
Lüth & Dümchen GmbH, Berlin	orfix International GmbH, Radbruch	Rent-a-Scientist GmbH, Regensburg	
	Osram Opto Semiconductors GmbH, Regensburg	Robert Bosch Battery Systems GmbH, Stuttgart	

ZUSAMMENARBEIT

COLLABORATION

Styrolution Schwarzheide GmbH, Schwarzheide	TES Frontdesign GmbH, Neuruppin	W.L. Gore & Associates Inc., Elkdon (USA)
Südzucker AG Mannheim/ Ochsenfurt, Obrigheim	tesa SE, Hamburg	Wacker Chemie AG, Burghausen
SWL Tischlerplatten Betriebs- GmbH, Langenberg	TFI Aachen GmbH, Aachen	WESSLING GmbH, Altenberge
Symrise AG, Holzminden	Tilse Formglas GmbH, Liepe	Xetos AG, Hohenbrunn
SYNTHON Chemicals GmbH & Co. KG, Wolfen	Trinseo Deutschland GmbH, Schkopau	Zellstoff Stendal GmbH, Arneburg
Synthopol Chemie Deutschland, Buxtehude	UBC GmbH, Murr	Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal GmbH, Blankenstein
Technip Zimmer GmbH, Frankfurt/Main	Uhde Inventa-Fischer GmbH & Co. KG, Berlin	Zeppelin Systems GmbH, Kassel
TechnoCompound GmbH, Bad Sobernheim	Vertec, Nizza (France)	
Tecnaro GmbH, Ilsfeld-Auenstein	Vestas Blades Deutschland GmbH, Lauchhammer	
Teijin Aramid BV, Arnhem (Netherlands)	Viscofan S.A., Navada (Spain)	
	Volkswagen AG, Wolfsburg	
	VON ARDENNE GmbH, Dresden	

Netzwerke und Verbände Networks and associations

Das Fraunhofer IAP war 2017 Mitglied in folgenden Netzwerken, Vereinen bzw. Arbeitsgemeinschaften:

- Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V., AGEF
- Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, AiF
- Berlin-Brandenburgischer Verband Polymerforschung
- Cluster Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland
- Deutsches Flachdisplayforum, DFF
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V., DGM, Fachausschuss Polymerwerkstoffe
- European Polysaccharide Network of Excellence, EPNOE
- Exzellenzcluster »Das Taschentuchlabor – Impulszentrum für Integrierte Bioanalytik«, IZIB
- Fachverband der Stärke-Industrie e.V.
- Forschungsvereinigung Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen e.V., WNR
- Fraunhofer-Allianz NANOTECH
- Fraunhofer-Allianz POLO®
- Fraunhofer-Allianz Textil
- Fraunhofer-Forschungsallianz Kulturerbe

- Fraunhofer-Leitprojekt »Theranostische Implantate«
- Fraunhofer-Netzwerk Elektrochemie
- Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS
- Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., GdCh
- Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., DECHEMA
- Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., AVK
- International Advisory Board, Chiral Compounds and Polymers, CCSP
- International Advisory Board, IUPAC, Novel Materials and their Synthesis, NMS
- Internationaler Verein für technische Holzfragen e.V., IVTH
- Kompetenznetz Optische Technologien, OpTecBB e.V.
- Kunststoff-Verbund Brandenburg Berlin e.V., KuVBB
- Landesvereinigung Außeruniversitärer Forschung Brandenburg, LAUF e.V.
- Leibniz-Kolleg Potsdam e.V.
- NeZuMed Netzwerk für innovative Zulieferer in der Medizintechnik
- Organic and Printed Electronics Association, oe-a
- pearls-Potsdam Research Network
- Photonik BB e.V.
- POLYKUM e.V., Fördergemeinschaft für Polymerentwicklung und Kunststofftechnik in Mitteldeutschland
- ProWissen Potsdam e.V.
- Society for Information Display-Mid Europe Chapter, SID-MEC
- Spitzencluster BioEconomy
- Technologieplattform Mikroverkapselung
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., VDMA
- Verein der Zellstoff- und Papierchemiker und -ingenieure e.V., Zellcheming
- Verein Sichere Identität Berlin-Brandenburg e.V.
- Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, WFBB
- Wissenschaftspark Potsdam-Golm

Prof. Dr.-Ing. M. Bartke

- DECHEMA, Arbeitsausschuss Polyreaktionen

Prof. Dr. A. Böker

- Aufsichtsratsmitglied pearls-Potsdam Research Network
- Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V., Fachkollegium Polymermaterialien
- Editor-in-Chief von Polymers, MDPI
- Editorial Board von Colloid & Polymer Science, Springer
- Editorial Board von Polymer, Elsevier
- Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., GDCh
- International Advisory Board von Macromolecular Chemistry & Physics (Wiley-VCH)
- Reimund Stadler Minerva Center for Mesoscale Macromolecular Engineering
- Vorstandsmitglied LAUF e.V.

Dr. C. Boeffel

- DKE/GUK 681.2, Gedruckte Elektronik

Dr. J. Buller

- Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V., Stärke-Fachausschuss

Dipl.-Ing. T. Büsse

– Kunststoff-Verbund
Brandenburg Berlin e.V. (KuVBB)

Dr. C. Dreyer

– Berlin-Brandenburg Aerospace
Allianz e.V., BBAA, Wildau
– Bundesverband der Deutschen
Luft- und Raumfahrtindustrie e.V.,
BDLI
– Carbon Composites e.V., CCeV
– Fraunhofer-Allianz Space
– OpTecBB e.V.
– Zwanzig20, Advanced UV for
Life-Konsortium, BMBF

Dr. K. Hettrich

– DIN Arbeitsausschuss
Partikelmesstechnik,
Oberflächenmessverfahren

Prof. Dr. D. Hofmann

– Berlin-Brandenburgischer
Verband für Polymerforschung
– Verantwortlicher Handlungsfeld
Biopolymere/Cluster Kunststoffe
und Chemie Brandenburg

Dr. A. Holländer

– Deutsche Gesellschaft für
Plasmatechnologie e.V., DGPT
– Koordinierungsausschuss
Plasma Germany
– Fachausschuss »Plasma und
Polymere«, Plasma Germany
– International Advisory Board
der Zeitschrift »Plasma Processes
and Polymers«
– Sprecher der Fraunhofer-Allianz
Polymere Oberflächen POLO®

Priv.-Doz. Dr. S. Janietz

– Arbeitsgemeinschaft Elektro-
chemischer Forschungs-
institutionen e.V., AGEF

Dr. H. Krüger

– Smart³ e.V.

Prof. Dr. A. Laschewsky

– Berlin-Brandenburgischer
Verband für Polymerforschung
– Kolloidgesellschaft e.V.
– Gesellschaft Deutscher Chemiker
e.V., GDCh Fachgruppen
Makromolekulare Chemie und
Chemie des Waschens
– Vorstandsmitglied SEPAWA e.V.

Dr. T. Pretsch

– Verband »3D-Druck« e.V.

Dr. R.R. Rosencrantz

– glyconet Berlin Brandenburg e.V.

Dr. C. Schmidt

– The American Society for Bio-
chemistry and Molecular Biology,
ASBMB (USA)

Dr. J. Storsberg

– Editorial Board des »American
Journal of Biomedical Engineering«
– European Association for Vision
and Eye Research, EVER (Belgium)
– Gesellschaft Deutscher
Chemiker e.V., GDCh-
Fachgruppe »Makromolekulare
Chemie«
– Leitung der Arbeitsgruppe
»Materialien für medizinische
Anwendungen« in der
»Regenerativen Medizin Initiative
Berlin-Brandenburg«, RMIB
– SEPAWA e.V.
– Société Suisse Des Chimistes-
Cosméticiens, SWISS SCC
(Switzerland)

Dr. S. Steffen

– Zwanzig20, C³-Carbon Concrete
Composites-Konsortium, BMBF

Dr. B. Volkert

– Zellcheming Cellulosefach-
ausschuss

Dr. J. Wagner

– OpTecBB e.V.

Dr. A. Wedel

– Officer, Society for Information
Displays-Mid Europe Chapter,
SID-MEC

Lehrveranstaltungen Lecturing activities

Prof. Dr.-Ing. M. Bartke

- Vorlesung: *Polymerisations-technik*, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Vorlesung: *Polymer Reaction Engineering*, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Prof. Dr. A. Böker

- Vorlesung: *Biobased Building Blocks for Nanotechnology*, Universität Potsdam
- Vorlesung: *Verarbeitung von polymeren Werkstoffen*, Universität Potsdam
- Seminar: *Diplomanden-, Doktoranden-, Mitarbeiterseminar der Kolloid- und Polymerchemie*, Universität Potsdam

Dipl.-Ing. T. Büse

- Vorlesung: *Nachhaltigkeit in der Kunststoffverarbeitung*, BTU Cottbus-Senftenberg
- Praktikum: *Kunststoffverarbeitung*, BTU Cottbus-Senftenberg

Dr. C. Dreyer

- Praktikum: *Alternative Härtungsmethoden*, Technische Hochschule Wildau

Prof. Dr. J. Ganster

- Vorlesung: *Biobasierte Polymerwerkstoffe I*, BTU Cottbus-Senftenberg
- Vorlesung: *Biobasierte Polymerwerkstoffe II*, BTU Cottbus-Senftenberg

Prof. Dr. D. Hofmann

- Vorlesung: *Physikalisch-Chemische Eigenschaften der Werkstoffe: PEW organisch*, Technische Universität Berlin
- Vorlesung: *Physik polymerbasierter Trennmembranen*, Technische Universität Berlin

Prof. Dr. A. Laschewsky

- Vorlesung: *Technische Chemie*, Universität Potsdam
- Vorlesung: *Functional Polymers/ Stimuli-responsive Polymers*, Universität Potsdam
- Vorlesung: *Polymerchemie (Wahlfach B.Sc.)*, Universität Potsdam
- Praktikum: *Polymerchemie II*, Universität Potsdam
- Praktikum und Seminar: *Vertiefungsfach Polymerchemie*, Universität Potsdam
- Seminar: *Seminar für Doktoranden, Masterstudenten und Mitarbeiter der Kolloidchemie und Polymerchemie*, Universität Potsdam

Dr. T. Pretsch

- Vorlesung: *Soft Matter – Shape-Memory Polymers*, Freie Universität Berlin

Dr. R. Rihm

- Vorlesung: *Werkstoffkunde für Mechatronik und Elektrotechnik*, Beuth Hochschule für Technik Berlin

Dr. J. Storsberg

- Vorlesung: *Macromolecular Chemistry in Pharmaceutical and Chemical Engineering*, Beuth Hochschule für Technik Berlin
- Vorlesung: *Organische Materialien*, Beuth Hochschule für Technik Berlin

Dr. U. Wendler

- Vorlesung: *Makromolekulare Chemie*, Hochschule Merseburg (FH)

Auszeichnungen Awards

Hilal Bahceci

Förderpreis der SEPAWA e.V., Berlin, Kategorie »Herausragende Hochschulabsolventin mit Bachelorabschluss«, 1. Preis

Dr. Viet Hildebrand

Förderpreis der Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh, Sektion »Chemie des Waschens/ Detergency«, Berlin Kategorie Promotion, Bereich der Grundlagenforschung bei Wasch- und Reinigungsmittel

Mathias Müller

Förderpreis der SEPAWA e.V., Berlin, Kategorie »Herausragender Hochschulabsolvent mit Masterabschluss«, 1. Preis

Noverra Mardhatillah Nizado

Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh – First Poster Award, Fachgruppe Chemie des Waschens

PATENTE PATENTS

Offengelegte Patente 2017: 30

Published patents in 2017: 30

D. Anand, M. Bocola, A. Böker, H. Charan, U. Glebe, J. Kinzel, T. Mirzaeigarakani, U. Schwaneberg, M. Tutus, L. Zhu:

Poröse Dünnschichtmembran, Verfahren zu ihrer Herstellung sowie Verwendungsmöglichkeiten

EP 3 219 381 A1

WO 2017/157 662 A1

S. Aust, N. Bode, A. Buhl, H. Hellmuth, A. Laschewsky, B. Luneau, M. Päch, A. Schulz, Y. Willemsen, E. Wischerhoff:

Wasch- und Reinigungsmittel mit polymerem Wirkstoff 1

EP 3 227 423 A0

R. Barré, R. Bartmann, H. Bartzsch, S. Bruns, J. Fischer, P. Frach, M. Gittner, D. Löttsch (†), T. Neubert, C. Rabe, G. Schottner, A. Seeboth, M. Vergöhl:

Elektrisch steuerbarer Interferenzfarbfilter und dessen Verwendung

EP 3 245 559

CN 107 257 941 A

M. Bauer, C. Dreyer, R. Fischer, D. Söthje:

Anordnung zur Behandlung von Materialien mit Mikrowellen

WO 2017/008 986 A1

M. Bauer, C. Dreyer, D. Söthje:

Verfahren zum Recycling benzoxazinharzhaltiger Materialien, insbesondere von benzoxazinharzhaltigen Faserverbundkunststoffen

WO 2017/012 997 A1

M. Bauer, C. Dreyer, J. Lang, D. Söthje:

Verfahren zum Recycling von phenolharzhaltigen Materialien, insbesondere phenolharzbasierten Faserverbundkunststoffen

DE 10 2016 104 518 A1

WO 2017/081 061 A1

N. Bode, A. Buhl, H. Hellmuth, A. Laschewsky, B. Luneau, M. Päch, A. Schulz, Y. Willemsen, E. Wischerhoff:

Wasch- und Reinigungsmittel mit polymerem Wirkstoff 2

EP 3 227 421 A0

J. Bohrisch, H.-P. Fink, A. Lehmann, R. Protz:

Lignocellulose-Spinnlösung, Lignocellulose-Regeneratfaser sowie Verfahren zu deren Herstellung

JP 6 195 896

F. Börner, B. Dix:

Baustoffzubereitungen mit Formaldehydfreien und Polyethergruppen enthaltenden Polykondensationsprodukten

DE 10 2016 004 210 A1

F. Börner, K. Hohmann, K. Jesse, M. Jobmann, M. Walter:

Formaldehydfreie und Polyethergruppen enthaltende Polykondensationsprodukte

DE 10 2016 004 209 A1

T. Büsse, T. Pretsch:

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Polymer-Formteilen aus Polymeren mit Formgedächtnis oder thermoresponsiven Eigenschaften

DE 10 2015 014 291 A1

Y. Chowdhury, N. Ischdonat, O. Kahle, C. Uhlig:

Plattenanordnung

DE 10 2016 124 678 A1

J.-P. Couturier, A. Laschewsky, M. Sütterlin, E. Wischerhoff:

Responsives Hydrogel für den Nachweis von Biomolekülen

US 2017/0 003 281 A1

C. Dreyer:

Verbundanker

WO 2017/114 667 A1

J. Erdmann, J. Ganster, A. Lehmann, R. Protz:

Nassspinnverfahren zur Herstellung einer ligninhaltigen Faser als Precursor für eine Kohlenstofffaser

WO 2017/129231 A1

T. Fuchsluger, A. Grünert, C. Schmidt, J. Storsberg:

Chirurgisches Instrument für chirurgische Eingriffe am Auge sowie Verfahren zur Durchführung einer Corneatransplantation

DE 10 2016 200 215 A1

T. Fuchsluger, A. Grünert, C. Schmidt, J. Storsberg:

Transplantatträger zur Aufnahme von Corneagewebe, Corneatransplantat, Verfahren zur Herstellung eines Corneatransplantates sowie Verfahren zur Durchführung einer Corneatransplantation

DE 10 2016 200 216 A1

M. Hahn, M. Knoop, A. Lieske:

Schmelzspinnbare Copolymere vom Polyacrylnitril, Verfahren zur Herstellung von Fasern oder Faserprecursoren mittels Schmelzspinnen und entsprechend hergestellte Fasern

EP 3 201 248 A0

US 2017/0275405 A1

M. Hahn, M. Knoop, A. Lieske:

Verfahren zur thermischen Stabilisierung von Fasern sowie derart stabilisierte Fasern

EP 3 201 375 A0

CN 107002297 A

M. Hahn, M. Knoop, A. Lieske:

Verfahren zur Herstellung von thermisch stabilen schmelzspinnbaren PAN-Copolymeren, PAN Copolymere, hieraus gebildete Formkörper sowie Verfahren zur Herstellung dieser Formkörper

WO 2017/084853 A1

DE 10 2015 222 585 A1

M. Hahn, C. Herfurth, A. Lieske:

Schmelzspinnbare Copolymere und Terpolymer von Polyacrylnitril

WO 2017/167355 A1

M. Knoop, A. Lieske:

Schmelzspinnbare Copolymere vom Polyacrylnitril, Verfahren zur Herstellung von Fasern oder Faserprecursoren mittels Schmelzspinnen und entsprechend hergestellte Fasern

WO 2017/162268 A1

H. Krüger, F. Limberg:

Verfahren zur Vernetzung organischer Halbleiter und Leiter zum Aufbau von lösungsprozessierten Multischicht-Devicen der organischen Elektronik

EP 3 183 758 A1

CN 106575719 A

PATENTE PATENTS

Erteilte Patente 2017: 25

Granted patents in 2017: 25

M. Bauer, D. Decker, M. Gwiazda, F. Richter:

Poly-Silazane Cyanat-Hybrid-Harze
KR 2011-0131284

M. Bauer, D. Decker, F. Richter, M. Stasiak:

Reaktivharze und damit hergestellte Formkörper und flächige oder textile Materialien mit teilchenförmigen Polysilazanen als neuen Flammfestmachern
DE 10 2011 009 873 A1

M. Bauer, D. Decker, H.-J. Gläsel:

Polysiloxan-modifiziertes Resolharz, daraus erhältliche Formkörper und Composite sowie Verfahren zum Herstellen des Harzes, der Formkörper und der Composite
EP 2 731 992 (CH, DE, FR, GB)

M. Bauer, C. Uhlig:

Cyanatbasierte Harze mit verringerter Viskosität sowie daraus hergestellte Duomere mit verbesserter Schlagfestigkeit
EP 2 714 774 A (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, IE, IT, LU, NL, PL)

M. Bauer, S. Steffen:

Phosphorhaltige ungesättigte Polyester, Polyesterharze und ggf. faserverstärkte Bauteile daraus
EP 2 828 307 (HK, AT, CH, CZ, DE, FR, GB, IT, NL, PL)

M. Bauer, F. Kenfack:

Latentwärmespeichermaterialien auf der Basis von Aluminiumsulfat-Hydraten
DE 10 2012 210 238 A1

J. Bohrisch, H.-P. Fink, A. Lehmann, R. Protz:

Lignocellulose-Spinnlösung, Lignocellulose-Regeneratfaser sowie Verfahren zu deren Herstellung
JP 6 195 896

F. Börner, M. Hahn, M. Jobmann:

Formaldehydfreie Amino- oder Amidharze basierend auf einer reaktiven Schutzgruppe und einem Di- oder Trialdehyd als Netzwerkbildner
DE 10 2013 217 654 A1

S. Bruzzano, G. Deerberg, A. Laschewsky, J. Storsberg, H. Wack, E. Wischerhoff:

System, Verbund und Verfahren zu Wassergewinnung durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit aus der Umgebung
DE 10 2010 047 788 A1

S. Bruzzano, A. Fastabend, E. Möhle, A. Somborn-Schulz, B. Volkert:

Adsorbens zur Abtrennung fluoriertes organischer Verbindungen aus kontaminierten Fluiden, Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendung desselben
EP 2 763 790 A1 (DE, GB)

G. Dorff, M. Hahn, A. Lieske:

Blockcopolymere umfassend Polylactid
EP 2 630 165 A1 (BE, CH, DE, ES, FR, GB, NL)

C. Duschl, T. Hellweg, A. Lankenau, A. Laschewsky, J.-F. Lutz,

S. Schmidt, E. Wischerhoff:
Thermoresponsives Substrat mit Mikrogelen, Verfahren zu dessen Herstellung und Kultivierungsverfahren für biologische Zellen
EP 2 550 353 A1 (BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, NL, SE)

G. Engelmann, J. Erdmann, J. Ganster:

Mikrostrukturiertes Kompositmaterial, Verfahren zu dessen Herstellung, Formkörper hieraus sowie Verwendungszwecke
EP 2 953 997 A0 (DE, FI, FR, GB, IT, SE)
US 2016/0002466 A1

J. Erdmann, J. Ganster:

Kompositzusammensetzung, Verfahren zu deren Herstellung, Formteil und Verwendung
EP 2 539 396 B1 (AT, BE, CZ, DE, FR, GB, IT, NL, PL)

B. Fischer, S. Kreißl, A. Wedel:

OLED Sicherheitselement
KR 2012-0112400

T. Fuchsluger, A. Grünert, C. Schmidt, J. Storsberg:

Transplantatträger zur Aufnahme von Corneagewebe, Corneatransplantat, Verfahren zur Herstellung eines Corneatransplantates sowie Verfahren zur Durchführung einer Corneatransplantation
DE 10 2016 200 216 A1

C. Gehrhardt, F. Herzig, M. Vater, U. Wendler:

Alternatives Verfahren zur Polymerabtrennung aus Polymerlösungen
US 2016/0137757 A1

T. Greco, C. Ippen, A. Wedel:

Blau-emittierende Leuchtdioden auf Basis von Zinkselenid-Quantenpunkten
US 2014/0353579 A1

K. Hettrich, J. Rohowsky:

Verfahren zur Herstellung von sulfatierten Celluloseestern sowie hieraus hergestellte Mikrokapseln und deren Verwendung
DE 10 2013 204 817 A1

S. Janietz, E. Katholing, A. Lange:

Halbleitendes Copolymer sowie Verfahren zu dessen Herstellung, Stoffgemisch, elektrisches oder elektronisches Bauelement sowie Verfahren zu dessen Herstellung
EP 2 824 158 A1 (LI, AT, CH, DE, FR, GB)

A. Laschewsky, J. Storsberg:

Extrudierbare Polymermischungen auf Basis von Proteinen mit Polyamiden und/oder Polyurethanen, deren Herstellung und Verwendung
DE 10 2013 223 139 A1

A. Lehmann, H. Nerenz, A. Schrader, B. Volkert:

Viskositätsregulator, Verfahren zu dessen Herstellung und dessen Verwendung
DE 10 2007 015 282 A1

A. Lehmann, B. Volkert:

Verfahren zur Herstellung von Polysaccharidderivaten
EP 2 403 882 B1 (AT, CH, DE, FI, FR, GB, IE, NL, NO, PL, SE, TR)

D. Löttsch (†), R. Ruhmann, A. Seeboth:

Thermochromes Material, dieses enthaltende Formkörper und deren Verwendung
CN 104718272 A

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

Graduierungsarbeiten

Theses

Entwicklung, Charakterisierung und sensorische Beurteilung von Tensid-basierten, anti-aging wirkstoffhaltigen kosmetischen Emulsionen

Serin Al-Hussein | Bachelor thesis,
Beuth University of Applied Sciences Berlin

Herstellung und Untersuchung Naturstoff-basierter Tensid-stabilisierter kosmetischer Emulsionen und deren Anwendung in anti-aging Produkten und Lippenbooster

Hilal Bahceci | Bachelor thesis,
Beuth University of Applied Sciences Berlin

Wavelength-tunable polymer distributed feedback lasers controlled by dielectric elastomer actuators

Alex Berdin | Master thesis, University of Potsdam

3D printing of shape memory polymer

Dilip Chalissery | Master thesis, Hochschule Kaiserslautern

Self-assembled transmembrane protein-polymer conjugates for the generation of nano-thin membranes and micro-compartments

Himanshu Charan | PhD thesis, University of Potsdam

Development of Functional Hydrogels for Sensor Applications

Sandor Dippel | PhD thesis, University of Potsdam

Biobasierte Kunststoffe mit Cellulosefaserverstärkung – Zusammenhänge zwischen Struktur, Haftung und mechanischen Eigenschaften

Jens Erdmann | PhD thesis, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg

Temperaturgesteuerte Schaltung von Enzymaktivität mittels responsiver Polymere

Thilo Fischer | Bachelor thesis, Freie Universität Berlin

Untersuchungen zur kontrollierten Ausfällung und Vernetzung von Enzymen unter Erhalt der Aktivität

Marie Flechner | Bachelor thesis, Technische Universität Berlin

Bausteine für neue Glycopolymere

Florian Fornaçon | Bachelor thesis, University of Potsdam

Synthese formaldehydfreier Melaminharze zur Mikroverkapselung

Angelina Gogolin | Master thesis,
Beuth University of Applied Sciences Berlin

Synthese, Charakterisierung und mikrobiologische Untersuchungen von plasmabehandelten, polymerbasierten Hydrogelen

Patrick Höfer | Master thesis,
Beuth University of Applied Sciences Berlin

Herstellung anisotroper Kolloide mittels templatgesteuerter Assemblierung und Kontaktdruckverfahren

Daniela John | PhD thesis, University of Potsdam

Herstellung und Untersuchung von polymerbasierten Chlorhexidin Nanocarrier

Karim Khalil | Bachelor thesis,
Beuth University of Applied Sciences Berlin

Improving manufacturing of casting solution for the production of high performance UF membranes

Paranjeet Laktharia | Master thesis, University of Potsdam

Physikalische Hydrogele auf Polyurethan-Basis

Mai-Thi Leiendecker | PhD thesis, University of Potsdam

Keimbildung und Kristallisation von Polybutylensuccinat

Heiko Nevoigt | Master thesis, BTU Cottbus-Senftenberg

Klonierung und Expression klebender Muschelproteine

Annika Christine Pohl | Bachelor thesis, Technische Universität Berlin

Synthesis of FhuA-polymer conjugates and their crosslinking to ultra-thin membranes for size exclusion separations

Paria Pouyan | Master thesis, Freie Universität Berlin, Humboldt University Berlin, Technische Universität Berlin, University of Potsdam

Modifikation von Stärke für den Einsatz in Barrierschichten

Marc Przewdziaak | Master thesis, University of Potsdam

Upscale of PLA-diol polycondensation and subsequent chain extension through reactive extrusion

Benjamin Rodriguez | Master thesis, Technische Universität Berlin

Synthesis of a one-component PVAc adhesive for bonding solid wood

Santiago Rubio | Master thesis, University of Potsdam

Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Florfliegenseide

Martin Schmidt | PhD thesis, University of Potsdam

Synthese von Polyurethan-Mikrokapseln zur kovalenten Bindung an Baumwollstoffen

Marcel Setzermann | Master thesis, Beuth University of Applied Sciences Berlin

Investigation of the reaction conditions for the isocyanate-free synthesis of polyurethanes

Nimit Shah | Master thesis, University of Potsdam

Entwicklung von Protein-basierten Bausteinen zur Funktionalisierung von Polymeroberflächen

Benjamin Stomps | PhD thesis, University of Potsdam

Herstellung und Untersuchung einer Wachsestersynthese in dem Expressionssystem Ustilago maydis

Leonard Thomas | Bachelor thesis, Freie Universität Berlin

Matrixpolymer-verkapselte DNA zur permanenten identitäts-sicheren Markierung von polysiloxanhaltigen Implantaten

Marina Kim Volkert | Bachelor thesis, Beuth University of Applied Sciences Berlin

Synthese, Charakterisierung und in-vitro Untersuchungen von liposomalen potenziellen Drug Delivery Systemen

Friedrich Wingert | Master thesis, Beuth University of Applied Sciences Berlin

Engineering of Ustilago maydis for biodiesel production

Fabian Wollny | Master thesis, Technische Universität Berlin

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

Vorträge

Lectures

A. Böker: *Incorporation of Biological Functions into Polymer Materials: The Use of Protein-Polymer-Conjugates*, Lorentz Workshop Structured Soft Interfaces, Leiden, 25.1.2017

A. Böker: *Polymer-Funktionalisierung von nanoskopischen und makroskopischen Bausteinen: Von Membranen zu Selbstreplikation*, GDCh-Kolloquium, Universität Bayreuth, 1.6.2017

A. Böker: *Biologisierung von Werkstoffen: Integration von biologischen Funktionalitäten in Polymere am Beispiel von Membranen*, Jahreskongress Biotechnologie 2020*, Forschungszentrum Jülich, 4.10.2017

A. Böker: *Programmierbare Materialien – Materialien der Zukunft?*, Fraunhofer Alumni Summit, Stuttgart, 24.11.2017

K. Claude, B.-J. Niebuur, D. Aravopoulou, V. Hildebrand, A. Laschewsky, A. Kyritsis, P. Müller-Buschbaum, A. Schulte, C. Papadakis: *Phase behaviour of PNIPAM in dependence on temperature and pressure*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 19.–24.3.2017

X. Dai: *Linkage of purely artificial building blocks by the enzyme sortase*, CGCA-BB Autumn Workshop, Chinese German Chemical Association, CGCA-BB Autumn Workshop, Berlin, 25.11.2017

D. Dietz: *Versatility of nature in polymer materials*, XV. BIONNALE 2017, Berlin, 17.5.2017

C. Dreyer, A. Setzer: *Chemisches Recycling und Reparatur von Composites*, 16. Schwarzheider Kunststoffkolloquium, Schwarzheide, 27.–28.9.2017

C. Dreyer, T. Büsse, S. Scholz: *Drei Fraunhofer-Fachhochschulkooperationen stärken die angewandten Wissenschaften auf dem Kunststoff-Sektor zwischen Elbe und Neiße*, 16. Schwarzheider Kunststoffkolloquium, Schwarzheide, 27.–28.9.2017

C. Dreyer: *Innovative UV-LED-härtbare (faserverstärkte) duromere Kunststoffe und deren Anwendungsprofile – Praxisorientierte Forschung mit kleinen und mittleren Unternehmen aus Ostdeutschland*, Hightech-Transfertag meets IHK-Technologieforum, Potsdam-Golm, 10.10.2017

C. Dreyer: *UV-LED-Curing of Lightweight Materials*, Session 8, Innovations – New Materials, RadTech Europe 2017 Conference & Exhibition, Prag (Czech Republic), 17.–19.10.2017

U. Glebe, H. Charan, A. Böker: *Mimicking natural membranes utilizing transmembrane protein-polymer conjugates*, SEPAWA Kongress and European Detergents Conference, Berlin, 18.–20.10.2017

U. Glebe, H. Charan, A. Böker: *Multi-responsive protein-polymer conjugates and their applications for membrane materials*, Kolloid-Tagung "Multiresponsive systems", Technische Universität München, Garching, 9.–11.10.2017

U. Glebe: *Protein-polymer conjugates to mimic natural membranes*, Jiangnan University, Wuxi (China), 27.5.2017

U. Glebe: *Responsive protein-polymer conjugates for membrane applications*, Congress "New and Emerging Technologies", Potsdam, 12.9.2017

K. Hettrich, B. Volkert: *Nanocellulose – Properties and application*, 2nd Joint Symposium on Nanotechnology, Hannover, 6.–7.4.2017

J. Jagodzinska: *Potential of UV-LED-Curing in Different Industrial Applications*, TU Berlin, Institut für Festkörperphysik, Doktorandenkolloquium (T. Wernicke), 17.5.2017

M. Kay: *Analytische Charakterisierung von Duromer-Rezyklaten mittels HPLC und GCMS und deren Weiterleitung*, PerkinElmer Material 2017, Nürnberg, 8.5.2017

M. Kay: *Einsatz der MHE-Technik zur Bestimmung von Monomergehalten in Polymerbauteilen, Beispiele zur Anwendung und Praxiseinsatz*, PAL-Anwendertreffen, Potsdam, 7.–8.9.2017

M. Köhler, L. Goldenberg, C. Pithart, C. Dreyer: *UV-Curable Thermosetting Polymers for (Optical) Coatings and Photonics*, Session 6, Innovations – New Applications, RadTech Europe 2017 Conference & Exhibition, Prag (Czech Republic), 17.–19.10.2017

L. Kreuzer, T. Widmann, N. Hohn, K. Wang, J.-F. Moulin, V. Hildebrand, A. Laschewsky, C. Papadakis, P. Müller-Buschbaum: *In-situ time of flight neutron reflectometry study of the swelling and exchange kinetics of multi-stimuli responsive PNIPAM based block copolymers*, Jülich Centre for Neutron Science JCNS, Workshop 2017 "Trends and Perspectives in Neutron Instrumentation, Probing Structure and Dynamics at Interfaces and Surfaces", Tutzing, 10.–13.10.2017

A. Laschewsky: *Modulating Color by Smart Polymers: Strategies for Sensors and Molecular Thermometers*, Ecole Normale Supérieure de Chimie, Montpellier (France), 11.5.2017

A. Laschewsky, V. Hildebrand, N. Nizardo, D. Schanzenbach, E. Schönemann, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis, N. Vishnevetskaya: *Zwitterionic Polymers as Versatile Building Blocks for Multi-Responsive and Biocompatible Systems*, 16th European Polymer Federation Congress EPF2017, Lyon (France), 2.–7.7.2017

A. Laschewsky, V. Hildebrand, P. Müller-Buschbaum, N. Nizardo, C. Papadakis, N. Vishnevetskaya: *The Multifarious Self-assembly of Polyzwitterions: From Multi-responsive Biocompatible Systems to Schizophrenic Amphiphiles*, 48th Biennial Meeting of the German Colloid Society, Garching, 9.–11.10.2017

Poster
Posters

A. Laschewsky, V. Hildebrand, N. Nizardo, D. Schanzenbach, E. Schönemann, E. Wischerhoff, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis, N. Vishnevskaya: *Schizophrenic Amphiphilic Polymers: Turning Surfactants Upside-Down and Micelles Inside-Out*, 13th European Detergency Conference EDC, Berlin, 18.10.2017

A. Laschewsky: *Intelligente Polymere als optische Signalgeber: Neue Wege zu Sensoren und Molekularen Thermometern*, GDCh-Kolloquium Ortsgruppe Krefeld, Krefeld, 7.12.2017

A. Lieske, R. Hass: *Online monitoring of polymer nanoparticle growth as valuable tool in the development of adhesive dispersions*, In-Adhesives Symposium, München, 15.2.2017

M. Plata, M. Bartke: *High Impact Polypropylene – Structure evolution and impact on reaction*, INCOREP – 6th International conference on reaction engineering of polyolefins, Maastrich (Netherlands), 6.–9.6.2017

T. Pretsch: *Potentiale erkennen, die in Formgedächtnispolymeren schlummern*, Unternehmerabend »Funktionale Werkstoffe«, Nano-Mikro-Werkstoffe-Photonik, Remscheid, 28.9.2017

A. Schaefer, K. Hettrich, B. Volkert: *Synthesis and properties of silyl cellulose derivatives – a potentially new type of adhesives*, 5th EPNOE International Polysaccharide Conference, Jena (2017)

J. Storsberg: *Biomaterialien für ophthalmologische Applikationen, Cornea – IOL – Kontaktlinse, Was bringt die Zukunft*, 7. Düsseldorfer Hornhauttag, Düsseldorf, 14.10.2017

B. Volkert, J. Ganster: *Thermoplastics from lignocellulose – bagasse esters and ethers*, Cellulose Symposium 2017, Zellcheming, Weiterstadt, 6.7.2017

J. Wagner, R. Ruhmann, V. Eberhardt, C. Rabe: *Chromogene Polymere – Kunststoffe mit steuerbaren optischen Eigenschaften*, 12. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik, 5. Kolloquium Dünne Schichten in der Optik, Innovent e.V., Zeulenroda-Triebes, 14.–16.3.2017

A. Fandrich, D. Schäfer, E. Wischerhoff, B. Schulz, A. Laschewsky, F. Lisdat: *Responsive polymer electrodes – Influence of temperature, pH and peptide binding*, 1st European/10th German BioSensor Symposium (EBS2017/DBS2017) Potsdam, 20.–23.3.2017

L. Goldenberg, M. Köhler, O. Kahle, C. Dreyer: *Influence of silica nanoparticles on optical properties of waveguiding polymers*, BPS2017 – 15th Bayreuth Polymer Symposium, Bayreuth, 17.–19.9.2017

J. Hill, M. Bartke: *External slurry prepolymerization for gas phase polymerization of propylene*, INCOREP – 6th International conference on reaction engineering of polyolefins, Maastrich (Netherlands), 6.–9.6.2017

L. Kreuzer, T. Widmann, N. Hohn, K. Wang, J.-F. Moulin, V. Hildebrand, A. Laschewsky, C. Papadakis, P. Müller-Buschbaum: *H₂O – D₂O exchange kinetics in PNIPAM based block copolymer films followed with in-situ neutron reflectivity*, DPG-Frühjahrs-tagung, Dresden, 19.–24.3.2017

L. Kreuzer, T. Widmann, N. Hohn, K. Wang, J.-F. Moulin, V. Hildebrand, A. Laschewsky, C. Papadakis, P. Müller-Buschbaum: *In-situ analysis of swelling and exchange kinetics of multi-stimuli responsive PNIPAM based block copolymers*, 48th Biennial Meeting of the German Colloid Society, Garching, 9.–11.10.2017

A. Lieske, A. Gomoll, M. Hahn, A. Laschewsky, E. Mitzner, F. Reiche: *Enabling bio-based polymers: Industrially feasible structure variations of polylactide*, European Polymer Federation Congress EPF2017, Lyon (France), 2.–7.7.2017

W. Meyer, S. Asaftei, D. Grothe, S. Janietz: *New material routes to polymeric solid electrolytes*, 231 ECS Meeting, New Orleans, (USA), 20.6.2017

N. Nizardo, A. Laschewsky: *Block Copolymers of Polysulfobetaine as Smart Materials*, 5th International Symposium Frontiers in Polymer Science, Sevilla (Spain), 17.–19.5.2017

N. Nizardo, A. Laschewsky, V. Hildebrand, E. Schönemann: *Thermoresponsive Poly(sulfobetaine)s Based Block Copolymers as Smart Materials for Controlled Delivery*, 13th European Detergency Conference EDC, Berlin, 18.10.2017

E. Schönemann, N. Nizardo, V. Hildebrand, A. Laschewsky: *Complex Structural Effects on the Hydrophilicity of Polysulfobetaines*, Makromolekulares Kolloquium Freiburg, Freiburg, 15.–17.2.2017

E. Schönemann, V. Hildebrand, A. Laschewsky: *Correlating Polysulfobetaine Structures with UCST Behavior in Aqueous Media*, Tag der Chemie Berlin-Brandenburg, Humboldt Universität Berlin, 5.7.2017

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

Publikationen Publications

L. Tan, U. Glebe, B. Liu, A. Böker: *Synthesis of thermo-responsive nanocomposite of superparamagnetic cobalt nanoparticles*, Kolloid-Tagung "Multiresponsive systems", Technische Universität München, Garching, 9. – 11.10.2017

J. Wagner, R. Ruhmann, V. Eberhardt, C. Rabe: *Chromogene Polymere Kunststoffe mit steuerbaren optischen Eigenschaften*, Tagungsband, ISBN 978-3-00-055614-2

M. Zimmermann, D. Grigoriev, N. Puretskiy, A. Böker: *Multifunctional Patchy Silica Particles via Micro Contact Printing*, Kolloid-Tagung "Multiresponsive systems", Technische Universität München, Garching, 9. – 11.10.2017

M. Zimmermann, D. Grigoriev, N. Puretskiy, A. Böker: *Multifunctional Patchy Silica Particles via Micro Contact Printing*, Particle-Based Materials Symposium, Saarbrücken, 9. – 10.11.2017

C. Anderson, C. Abecunas, M. Warrenner, A. Laschewsky, E. Wischerhoff: *Effects of Methacrylate-Based Thermo-responsive Polymer Brush Composition on Fibroblast Adhesion and Morphology*, Cell. Mol. Bioeng. 10, pp. 75–88 (2017)
DOI 10.1007/s12195-016-0464-5

C. Anderson, F. Gambinossi, K. DiLillo, A. Laschewsky, E. Wischerhoff, J. Ferri, L. Sefcik: *Tuning reversible cell adhesion to methacrylate-based thermo-responsive polymers: Effects of composition on substrate hydrophobicity and cellular responses*, Journal of biomedical materials research Part A, Vol. 105, No. 9, pp. 2416–2428 (2017)

C. Anderson, F. Gambinossi, K. DiLillo, A. Laschewsky, E. Wischerhoff, J. Ferri, L. Sefcik: *Tuning Reversible Cell Adhesion to Methacrylate-Based Thermo-responsive Polymers: Effects of Composition on Substrate Hydrophobicity and Cellular Responses*, J. Biomed. Mater. Res. Part A9, pp. 2416–2428 (2017)
DOI 10.1002/jbm.a.36100

M. Bartel, H. Remde, A. Bohn, J. Ganster: *Barrier properties of poly(lactic acid)/cloisite 30B composites and their relation between oxygen permeability and relative humidity*, Journal of applied polymer science, Vol. 134, No. 5, Art. 44424 (2017)

J. Balko, B. Fernández-d' Arlas, E. Pösel, R. Dabbous, A. Müller, T. Thurn-Albrecht: *Clarifying the Origin of Multiple Melting of Segmented Thermoplastic Polyurethanes by Fast Scanning Calorimetry*, Macromolecules 20, pp. 7672–680 (2017)

J. Balko, G. Portale, R. Lohwasser, M. Thelakkat, T. Thurn-Albrecht: *Surface Induced Orientation and Vertically Layered Morphology in Thin Films of Poly(3-hexyl thiophene) Crystallized from the Melt*, Journal of Materials Research 132, pp. 1957–1968 (2017)

R. de la Barré, R. Bartmann, S. Jurk, M. Kuhlmeier, B. Duckstein, A. Seeboth, D. Löttsch (+), C. Rabe, P. Frach, H. Bartzsch, M. Gittner, S. Bruns, G. Schottner, J. Fischer: *Time-sequential working wavelength-selective filter for flat autostereoscopic displays*, Applied Sciences, Vol. 7, No. 2, Art. 194, p. 20 (2017)

J. Buchs, L. Vogel, D. Janietz, M. Prehm, C. Tschierske: *Chirality synchronization of hydrogen-bonded complexes of achiral N-heterocycles*, Angewandte Chemie, Vol. 129, No. 1, pp. 286–290 (2017)

J. Buchs, L. Vogel, D. Janietz, M. Prehm, C. Tschierske: *Chirality synchronization of hydrogen-bonded complexes of achiral N-heterocycles*, Angewandte Chemie, International edition, Vol. 56, No. 1, pp. 280–284 (2017)

H. Charan, U. Glebe, D. Anand, J. Kinzel, L. Zhu, M. Bocola, T. Mirzaei Garakani, U. Schwaneberg, A. Böker: *Nano-thin walled micro-compartments from transmembrane protein-polymer conjugates*, Soft matter, Vol. 13, No. 15, pp. 2866–2875 (2017)

M. Edwards, I. Alshiraihi, C. Schmidt, J. Storsberg, M. Brown: *Nitric-Oxide-Mediated Chemosensitization, Gene Therapy Versus Exogenous Introduction of NO Donors*, in: B. Bonavida: *Nitric Oxide (Donor/Induced)*, Chemosensitization, Vol. 1, Nitric Oxide as a Chemosensitizing Agent, New York, Academic Press, (Cancer Sensitizing Agents for Chemotherapy), pp. 11–14 (2017)

A. Fandrich, J. Buller, H. Memczak, W. Stöcklein, K. Hinrichs, D. Schäfer, E. Wischerhoff, B. Schulz, A. Laschewsky, F. Lisdat: *Responsive Polymer-Electrode Interface – Study of its Thermo- and pH-Sensitivity and the Influence of Peptide Coupling.*, Electrochimica Acta, Vol. 229, pp. 325–333 (2017)
DOI 10.1016/j.electacta.2017.01.080

S. Gagliardi, F. Rondino, C. D'Erme, F. Persia, F. Menchini, M. Santarelli, B.-R. Paulke, L. Enayati, M. Falconieri: *Preparation and characterization of polymeric nanocomposite films for application as protective coatings*, AIP Conference Proceedings, Vol. 1873, 1, Art. 020007 (2017)

- T.M. Garakani**, M.J. Richter, A. Böker: *Controlling the Bio-inspired Synthesis of Silica*, *J. Colloid Interface Sci.*, Vol. 488, p. 322 (2017)
DOI 10.1016/j.jcis.2016.10.069
- D. Grigoriev**, E. Shchukina, D. Shchuk: *Nanocontainers for Self-Healing Coatings*, *Advanced materials interfaces*, Vol. 4, No. 1, Art. 1600318, p. 11 (2017)
- S. Haufe**, J. Bohrisch, D. Schwarz, S. Bratskaya, C. Steinbach, S. Schwarz: *Flocculation efficiency of reacylated water soluble chitosan versus commercial chitosan*, *Colloids and surfaces A*, Vol. 532, pp. 222–227 (2017)
- K. Hettrich**, U. Drechsler, F. Loth, B. Volkert: *Preparation and characterization of water-soluble xylan ethers*, *Polymers*, Online resource, Vol. 9, No. 4, Art. 129, p. 13 (2017)
- V. Hildebrand**, A. Laschewsky, M. Päch, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis: *Effect of the Zwitterion Structure on the Thermo-responsive Behaviour of Poly(Sulfobetaine Methacrylates)*, *Polym.Chem.* 8, pp.310–322 (2017)
DOI 10.1039/c6py01220e
- V. Hildebrand**, M. Heydenreich, A. Laschewsky, H. Möller, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis, D. Schanzenbach, E. Wischerhoff: *"Schizophrenic" Self-assembly of Dual Thermoresponsive Block Copolymers Bearing a Zwitterionic and a Non-Ionic Hydrophilic Block*, *Polymer* 122, pp.347–357 (2017)
DOI 10.1016/j.polymer.2017.06.063
- A. Holländer**: *Why do we need chemical derivatization?*, *Plasma Processes and Polymers*, Vol. 14, No. 7, Art. 1700044, p. 4 (2017)
- D. Katz**, J. Storsberg, C. Schmidt: *Chasing the Fat Demon: Fat Chance, Buddy?*, *American Journal of Immunology*, Vol. 13, No. 2, pp. 86–88 (2017)
- D. Kim**, C. Schmidt, M. Brown, H. Tucker: *Competitive promoter-associated matrix attachment region binding of the *Arid3a* and *Cux1* transcription factors*, *Diseases*, Vol. 5, No. 4, Art. 34, p. 16 (2017)
- S. Koeber**, A. Seidenspinner, K. Meerholz, H. Krüger, S. Janietz: *Optimizing the Near-Infrared Performance of Photorefractive Composites by Chemical Modification of the Sensitizer*, *Chem Photo Chem* 1, pp. 304–310 (2017)
DOI 10.1002/cptc.201700042
- A. Laschewsky**, N. Vishnevetskaya, V. Hildebrand, B.-J. Niebuur, I. Grillo, S. Filippov, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis: *"Schizophrenic" Micelles from Doubly Thermoresponsive Polysulfobetaine b poly(N isopropylmethacrylamide) Diblock Copolymers*, *Macromolecules*, Vol. 50, No. 10, pp. 3985–3999 (2017)
- A. Laschewsky**, V. Hildebrand, M. Heydenreich, H. Möller, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis, D. Schanzenbach, E. Wischerhoff: *"Schizophrenic" Self-assembly of Dual Thermoresponsive Block Copolymers Bearing a Zwitterionic and a Non-Ionic Hydrophilic Block*, *Polymer*, Vol. 122, pp. 347–357 (2017)
- A. Laschewsky**, V. Hildebrand, M. Päch, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis: *Effect of the zwitterion structure on the thermo-responsive behaviour of poly(sulfobetaine methacrylates)*, *Polymer chemistry*, Vol. 8, No. 1, pp. 310–322 (2017)
- A. Latnikova**, M. Jobmann: *Towards microcapsules with improved barrier properties*, *Topics in current chemistry*, Vol. 375, Art. 64, p. 18 (2017)
- B. Liebeck**, N. Hidalgo, G. Roth, C. Popescu, A. Böker: *Synthesis and Characterization of Methyl Cellulose/Kreatin Hydrolysate Composite Membranes*, *Polymers*, Vol. 9(3), 91 (2017)
DOI 10.3390/polym9030091
- A. Lorente**, P. Pingel, G. Liaptis, H. Krüger, S. Janietz: *Modulation of ambipolar charge transport characteristics in side-chain polystyrenes as host materials for solution processed OLEDs*, *Organic Electronics*, Vol. 41, pp. 91–99 (2017)
- A. Lorente**, P. Pingel, A. Miasojedovas, H. Krüger, S. Janietz: *Orthogonal Solution-Processable Electron Transport Layers Based on Phenylpyridine Side-Chain Polystyrenes*, *Appl. Mat. Interfaces* 9, pp. 24043–240 (2017)
- A. Lorente**, P. Pingel, H. Krüger, S. Janietz: *High triplet energy electron transport side chain polystyrenes containing dimesitylboron and tetraphenylsilane for solution processed OLEDs*, *J. Mat. Chem. C* 5, pp. 10660–10667 (2017)
- N. Mirtschin**, T. Pretsch: *Programming of one- and two-step stress recovery in a poly(ester urethane)*, *Polymers*. Online resource, Vol. 9, No. 3, Art. 98, p. 12 (2017)
- B. Mutaliyeva**, D. Grigoriev, G. Madybekova, A. Sharipova, S. Aidarova, A. Saparbekova, R. Miller: *Microencapsulation of insulin and its release using w/o/w double emulsion method*, *Colloids and surfaces A*, Vol. 521, pp. 147–152 (2017)
- T.J. Neubert**, J.O. Adongo, G. Sun, S. Janietz, I. Lauermann, K. Rademann, J. Rappich: *Fabrication and Characterization of Surfaces Modified with Carboxymethylthio Ligands for Chelate-Assisted Trapping of Copper*, *Appl. Mat. Interfaces* 9, pp. 24273–24281 (2017)
- T.J. Neubert**, F. Rösicke, G. Sun, S. Janietz, M. Gluba, K. Hinrichs, N. Nickel, J. Rappich: *Functionalization of gold and graphene electrodes by p-maleimidophenyl towards thiol-sensing systems investigated by EQCM and IR ellipsometric spectroscopy*, *Applied surface science*, Vol. 421, Part B, pp. 755–760 (2017)

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

- V. Nguyen**, S. Richert, H. Park, A. Böker, U. Schnakenberg: *Single Interdigital Transducer as Surface Acoustic Wave Impedance Sensor*, *Procedia Technology*, Vol. 27, 70 (2017)
- C. Pester**, C. Liedel, M. Ruppel, A. Böker: *Block copolymers in electric fields: Review*, *Progress in polymer science*, Vol. 64, pp. 182–214 (2017)
- S. Reinicke**, H. Rees, P. Espeel, N. Vanparijs, C. Bisterfeld, M. Dick, R. Rosencrantz, G. Brezesinski, B. de Geest, F. du Prez, J. Pietruszka, A. Böker: *Immobilization of 2-Deoxy-D-Ribose-5-Phosphate Aldolase in polymeric thin films via the Langmuir-Schaefer technique*, *ACS applied materials & interfaces*, Vol. 9, No. 9, pp. 8317–8326 (2017)
- K. Rübsam**, B. Stomps, A. Böker, F. Jakob, U. Schwaneberg: *Polymer – Anchor peptides – A green and versatile method for polypropylene functionalization*, *Polymer* 116, p. 124 (2017)
DOI 10.1016/j.polymer.2017.03.070
- A. Ryabchun**, O. Sakhno, J. Stumpe, A. Bobrovsky: *Full-polymer cholesteric composites for transmission and reflection holographic gratings*, *Advanced Functional Materials*, Vol. 5, No. 17, 1700314, p. 10 (2017)
- C. Schmidt**, D. Kim, S. Marthur, D. Covarrubias, C. Das, M. Brown, J. Storsberg, H. Tucker: *The Arid3a transcription factor rescues natural and RAS-V12-induced senescence via a Rb-dependent pathway*, *American Journal of Immunology*, Vol. 13, No. 4, pp. 216–232 (2017)
- C. Schmidt**, J. Storsberg: *Risk evaluation requires an independent mind*, *Diseases*, Vol. 5, No. 4, Art. 28, p. 3 (2017)
- C. Schmidt**, M. Geyer, J. Bohrisch, V. Jentzen, A. Gorczyza, K. Khalil, M. Volkert, M. Brown, S. Sel, J. Storsberg: *Functionalization Strategies for Antibodies: Lessons Learned*, *American Journal of Immunology*, Vol. 13, No. 2, pp. 144–154 (2017)
- T. Schneider**, F. Limberg, K. Yao, A. Armin, N. Jürgensen, J. Czolk, B. Ebenhoch, P. Friederich, W. Wenzel, J. Behrends, H. Krüger, A. Colsmann: *p-Doping of polystyrene polymers with attached functional side-groups from solution*, *Journal of materials chemistry C, Materials for optical and electronic devices*, Vol. 5, No. 3, pp. 770–776 (2017)
- M. Schwarz**, S. Kloß, S. Stöckel, S. Pollok, A. Holländer, D. Cialla-May, K. Weber, J. Popp: *Pioneering particle-based strategy for isolating viable bacteria from multipart soil samples compatible with Raman spectroscopy*, *Analytical and bioanalytical chemistry*, Vol. 409, No. 15, pp. 3779–3788 (2017)
- T. Schneider**, F. Limberg, K. Yao, A. Armin, N. Jürgensen, J. Czolk, B. Ebenhoch, P. Friederich, W. Wenzel, J. Behrends, H. Krüger, A. Colsmann: *p-Doping of polystyrene polymers with attached functional side-groups from solution*, *Journal of materials chemistry C, Materials for optical and electronic devices*, Vol. 5, No. 3, pp. 770–776 (2017)
- S. Sel**, J. Storsberg, M. Brown, C. Schmidt: *Choice Meaning and Context: Two Sides of the Same Coin?*, *American Journal of Immunology*, Vol. 13, No. 2, pp. 89–90 (2017)
- J. Storsberg**, C. Schmidt, C. Plog, P. Höfer, S. Klöpzig, S. Rehfeldt, S. Sel: *Towards a new therapy concept for acute microbial keratitis, including Acanthamoebae*, *European Association for Vision and Eye Research (EVER Conference) 20, Nice (2017)*, *Acta Ophthalmologica*, Vol. 95, Supplement S259, p. 209 (2017)
- J. Storsberg**, P. Höfer, C. Schmidt, S. Sel: *Neuartiger Therapieansatz zur Behandlung akuter mikrobieller Keratitis, einschließlich Acanthamoeben, mittels DBE-Plasma aktivierten Kontaktlinsen*, *Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft (DOG Kongress) 115, Berlin (2017)*, *Der Ophthalmologe*, Vol. 114, No. 2, Supplement, Abstractband DOG 2017, p. S80 (2017)
- M. Tebaldi**, H. Charan, L. Mavliutova, A. Böker, U. Glebe: *Dual-stimuli sensitive hybrid materials: Ferritin-PDMAEMA by grafting-from polymerization*, *Macromolecular chemistry and physics*, Vol. 218, No. 11, Art. 1600529, p. 6 (2017)
- C. Uhlig**, M. Bauer, J. Bauer, O. Kahle, A. Taylor, A. Kinloch: *Influence of backbone structure, conversion and phenolic co-curing of cyanate esters on side relaxations, fracture toughness, flammability properties and water uptake and toughening with low molecular weight polyethersulphones*, *Reactive and Functional Polymers (2017)*
DOI 10.1016/j.reactfunctpolym.2017.10.004
- N. Vishnevetskaya**, V. Hildebrand, B.-J. Niebuur, I. Grillo, S. Filippov, A. Laschewsky, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis: *“Schizophrenic” Micelles from Doubly Thermo-responsive Polysulfobetaine-b-poly(N isopropylmethacrylamide) Diblock Copolymers*, *Macromolecules* 50, pp. 3985–3999 (2017)
DOI 10.1021/acs.macromol.7b00356
- B. Volkert**, J. Ganster: *Thermoplastic materials from bagasse*, *International Polysaccharide Conference 5, Universität Jena: 5th EPNOE International Polysaccharide Conference 2017*, Abstract book, p. 137 (2017)

- B. Volkert**, K. Hettrich, S. Fischer: *Preparation, characterization and application of nanocellulose*, in: M. Laudon: TechConnect briefs 2017, Vol. 1, Advanced materials, TechConnect World Innovation Conference and Expo and the 2017 Nanotech Conference and Expo, Washington (D.C.), pp. 216–220 (2017)
- L. Vogel**, D. Janietz, M. Prehm, C. Tschierske: *Polyphilic hydrogen bonded block molecules involving semiperfluorinated and silylated molecular fragments*, *Soft matter*, Vol. 13, No. 39, pp. 7188–7196 (2017)
- J. Wagner**, R. Ruhmann, V. Eberhardt, C. Rabe: *Chromogene Polymere – Kunststoffe mit steuerbaren optischen Eigenschaften*, 12. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik, 5. Kolloquium Dünne Schichten in der Optik, Innovent e.V., Zeulenroda-Triebes, Tagungsband, CD-ROM, p. 3 (2017)
- T. Wagner**, M. Oded, R. Shenhar, A. Böker: *Two-dimensionally ordered AuNP array formation via microcontact printing on lamellar diblock copolymer films*, *Polymers for advanced technologies, PAT*, Vol. 28, No. 5, pp. 623–628 (2017)
- T. Wagner**, A. Nedilko, M. Linn, D. Chigrin, G. von Plessen, A. Böker: *Controlled Gold Nanorod Reorientation and Hexagonal Order in Micro-molded Gold Nanorod@pNIPAM Microgel Chain Arrays*, *Small* 13, 1603054 (2017)
DOI 10.1002/smll.201603054
- L. Wu**, U. Glebe, A. Böker: *Fabrication of thermoresponsive plasmonic core-satellite nano-assemblies with a tunable stoichiometry via surface-initiated reversible addition-fragmentation chain transfer polymerization from silica nanoparticles*, *Advanced materials interfaces*, Vol. 4, No. 15, Art. 1700092, p. 10 (2017)
- L. Wu**, U. Glebe, A. Böker: *Synthesis of Polystyrene and Poly(4-vinylpyridine) Mixed Grafted Silica Nanoparticles via a Combination of ATRP and CuI-Catalyzed Azide-Alkyne Click Chemistry*, *Macromolecular rapid communications*, Vol. 38, No. 1, Art. 1600475, p. 7 (2017)
- S. Zarmas-Röhl**, A. Liekfeld, O. Mauger, J. Storsberg: *1-Jahres-ergebnisse: Die Auswirkung der Fadenspannung auf den Operationserfolg nach Kanaloplastik*, *Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft (DOG Kongress) 115*, Berlin (2017), *Der Ophthalmologe*, Vol. 114, No. 2, Supplement, Abstractband DOG 2017, pp. S86–S87 (2017)
- Q. Zhong**, E. Metwalli, M. Rawolle, G. Kaune, A. Bivigou-Koumba, A. Laschewsky, C. Papadakis, R. Cubitt, J. Wang, P. Müller-Buschbaum: *Dehydration of poly(methoxy diethylene glycol acrylate) and polystyrene-block-poly(methoxy diethylene glycol acrylate)-block-polystyrene films under vacuum probed by in-situ neutron reflectivity.*, *Polymer* 124, pp. 263–273 (2017)
DOI 10.1016/j.polymer.2017.07.066
- Q. Zhong**, E. Metwalli, M. Rawolle, G. Kaune, A. Bivigou-Koumba, A. Laschewsky, C. Papadakis, R. Cubitt, J. Wang, P. Müller-Buschbaum: *Vacuum induced dehydration of swollen poly(methoxy diethylene glycol acrylate) and polystyrene-block-poly(methoxy diethylene glycol acrylate)-block-polystyrene films probed by in-situ neutron reflectivity*, *Polymer*, Vol. 124, pp. 263–273 (2017)

ANFAHRT

HOW TO REACH US

Anreise mit Bus/Bahn/ Flugzeug

ab Berlin Hauptbahnhof oder Berlin Zoologischer Garten

- Regionalbahnen RB 21 oder RB 22 direkt bis Potsdam, Bahnhof Golm
- Regionalexpress RE 1 bis Potsdam Hbf

ab Potsdam Hauptbahnhof

- Busse 605 oder 606 bis Wissenschaftspark Golm
- Regionalbahnen RB 20, RB 21, RB 22 bis Potsdam, Bahnhof Golm

vom Flughafen Berlin-Schönefeld

- Regionalbahn RB 22 direkt nach Potsdam, Bahnhof Golm

vom Flughafen Berlin-Tegel

- Busse X9 oder 109 bis Berlin Zoologischer Garten
- Regionalbahnen RB 21 oder RB 22 bis Potsdam, Bahnhof Golm

Vom Bahnhof Golm ca. 10 Minuten Fußweg. Der Straße »Am Mühlberg« in Richtung Wissenschaftspark Potsdam-Golm folgen.

Arriving by bus/train/plane

from Berlin's Central Station or Berlin Zoologischer Garten

- take the regional trains RB 21 or RB 22 directly to Golm
- take the regional express RE 1 to Potsdam's main station

from Potsdam's main station

- take buses 605 or 606 to Wissenschaftspark Golm
- take the regional trains RB 20, RB 21 or RB 22 to Golm

from the Berlin-Schönefeld Airport

- take the regional train RB 22 directly to Golm

from the Berlin-Tegel Airport

- take buses X9 or 109 to Berlin Zoologischer Garten
- from here take the regional trains RB 21 or RB 22 to Golm

It is about a 10 minute walk from the Golm train station to the Fraunhofer IAP (heading in the direction of Wissenschaftspark Potsdam-Golm).

Anreise mit dem Auto

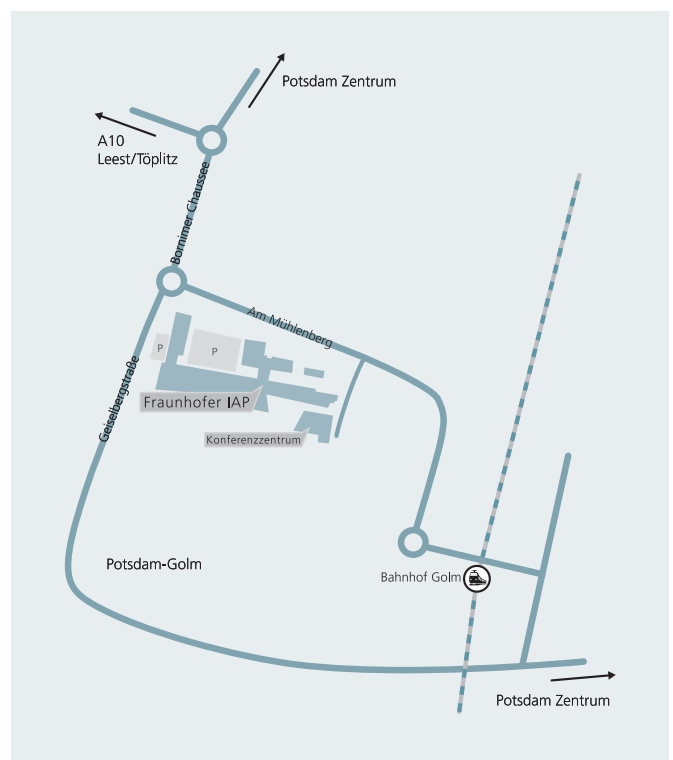
- Autobahn A10 (Berliner Ring), Ausfahrt Leest/Töplitz (nördlich des Autobahndreiecks Werder)
- weiter Richtung Potsdam, am Ende der Wublitzstraße rechts abbiegen in Richtung Golm, am Kreisverkehr geradeaus
- Parkplätze des Fraunhofer IAP an der ersten Einfahrt links

Arriving by car

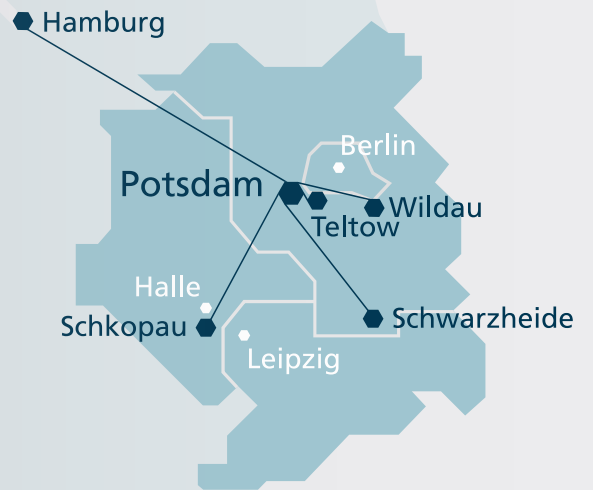
- on the A10 freeway (Berliner Ring) take the exit labeled Leest/Töplitz (north of the Werder junction)
- head towards Potsdam, at the end of Wublitzstraße turn right towards Golm, drive straight on at the roundabout
- the parking lots of the Fraunhofer IAP are the first driveway on the left

Standortkarte Potsdam-Golm

Location map Potsdam-Golm



STANDORTE LOCATIONS



Hauptsitz Potsdam-Golm
Headquarter Potsdam-Golm

Geiselbergstr. 69
14476 Potsdam-Golm

Telefon +49 331 568-1000
Fax +49 331 568-3000



**Pilotanlagenzentrum PAZ
Schkopau**
Pilot Plant Center PAZ
Schkopau

Value Park A 74
06258 Schkopau

Telefon +49 3461 2598-120
Fax +49 3461 2598-105



**Verarbeitungstechnikum
Biopolymere Schwarzheide**
Processing Pilot Plant for
Biopolymers Schwarzheide

Schipkauerstr. 1 | Haus A754
01987 Schwarzheide

Telefon +49 331 568-3403
Fax +49 35752 6-3170



**Polymermaterialien und
Composite PYCO Teltow**
Polymeric Materials and
Composites PYCO Teltow

Kantstr. 55
14513 Teltow

Telefon +49 3328 330-280
Fax +49 3328 330-282



**Polymermaterialien und
Composite PYCO Wildau**
Polymeric Materials and
Composites PYCO Wildau

Technikum 1 | Freiheitstr. 124-126
Technikum 2 | Schmiedestr. 5
15745 Wildau

Telefon +49 3375 528 823-00



**Zentrum für Angewandte
Nanotechnologie CAN Hamburg**
Center for Applied
Nanotechnology CAN Hamburg

Grindelallee 117
20146 Hamburg

Telefon +49 40 42838-4983

Impressum

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP
Strategie & Marketing

Geiselbergstr. 69
14476 Potsdam-Golm

Telefon +49 331 568-1000
Fax +49 331 568-3000
E-Mail info@iap.fraunhofer.de
Internet www.iap.fraunhofer.de

Redaktion

Kathrin Begemann M. A.

Übersetzung

able Sprachschule GbR

Satz und Gestaltung

Dipl.-Inform. (FH) Nadine Gruber, Carolin Janoschek

Covergestaltung

Dipl.-Inform. (FH) Nadine Gruber

Druck

Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft
Potsdam mbh

Bildquellen

Andreas Bandow | Seiten 13 (rechts), 18, 19

Till Budde | Seiten 5, 17 (oben), 20, 21, 37, 39, 51, 53, 62, 63, 65, 67,
79, 81, 88, 93, 95, 101, 103, 105, 145 (oben links)

Ines Escherich | Seite 28 (oben rechts)
Katrín Heyer | Seite 29 (Mitte rechts)
Ernst Kaczynski | Seite 29 (oben rechts)
Alexander Krause | Seite 145 (oben Mitte)
Thomas Meinicke | Seite 11, 29 (oben links)
Michael Moser | Seite 9
Steffen Rasche | Seite 145 (oben rechts)
Bertram Solcher | Seite 17 (unten)

Portraitfotos
Seiten 22, 109, 113 (Dr. Dreyer) | Studioline Photography
Seite 22 (Dr. Wendler) | Foto Reinhard
Seiten 22, 23, 25, 49, 99, 101 (Dr. Aleksandrovic-Bondzic, Prof. Bartke,
T. Büsse, Dr. Gimmler, M. Hildenbrand, Dr. Niehaus, Dr. Schotten,
Dr. Wandrey, Prof. Weller, Dr. Werner) | Till Budde

Alle weiteren Portraits | Manuela Zydor

Cover Fotos | Till Budde

Fotos, wenn nicht anders angegeben, vom Fraunhofer IAP.

Editorial notes

Address of the editorial office

Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP
Strategy & Marketing

Geiselbergstr. 69
14476 Potsdam-Golm

Phone +49 331 568-1000
Fax +49 331 568-3000
E-mail info@iap.fraunhofer.de
Internet www.iap.fraunhofer.com

Editorial team

Kathrin Begemann M. A.

Translation

able Sprachschule GbR

Layout

Dipl.-Inform. (FH) Nadine Gruber, Carolin Janoschek

Cover design

Dipl.-Inform. (FH) Nadine Gruber

Printing house

Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft
Potsdam mbh

Photo acknowledgements

Andreas Bandow | pages 13 (right), 18, 19

Till Budde | pages 5, 17 (top), 20, 21, 37, 39, 51, 53, 62, 63, 65, 67,
79, 81, 88, 93, 95, 101, 103, 105, 145 (top left)

Ines Escherich | page 28 (top right)
Katrín Heyer | page 29 (center right)
Ernst Kaczynski | page 29 (top right)
Alexander Krause | page 145 (top center)
Thomas Meinicke | pages 11, 29 (top left)
Michael Moser | page 9
Steffen Rasche | page 145 (top right)
Bertram Solcher | page 17 (bottom)

Portrait photos
pages 22, 109, 113 (Dr. Dreyer) | Studioline Photography
page 22 (Dr. Wendler) | Foto Reinhard
pages 22, 23, 25, 49, 99, 101 (Dr. Aleksandrovic-Bondzic, Prof. Bartke,
T. Büsse, Dr. Gimmler, M. Hildenbrand, Dr. Niehaus, Dr. Schotten,
Dr. Wandrey, Prof. Weller, Dr. Werner) | Till Budde

Other portrait photos by Manuela Zydor

Cover photos by Till Budde

Photos by Fraunhofer IAP unless otherwise indicated.