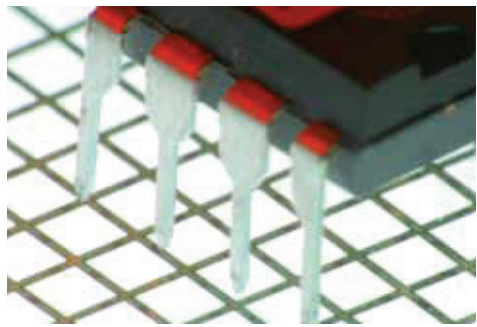




Fraunhofer IAP

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE POLYMERFORSCHUNG | INSTITUTE FOR APPLIED POLYMER RESEARCH



JAHRESBERICHT ANNUAL REPORT 2009

Impressum

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Angewandte
Polymerforschung IAP
PR & Marketing

Wissenschaftspark Golm
Geiselbergstr. 69
14476 Potsdam-Golm
Germany

Telefon +49 331 568-1151
Fax +49 331 568-2551
E-Mail info@iap.fraunhofer.de
Internet www.iap.fraunhofer.de

Redaktion

Anett Koch
Nadine Gruber

Übersetzung

able Sprachschule Miller King Bird GbR

Satz und Gestaltung

Nadine Gruber
Kinga Lipowicz

Druck

Brandenburgische Universitätsdruckerei
und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH

Bildverzeichnis

Seite 11
Architekten Schmidt-Schicketanz und Partner GmbH

Seiten 6, 9
Kai Royer

Seiten 22, 40, 62, 74, 90
induo fotografie

Seiten 65, 93
Alexander Krause

Seite 25, 49, 54, 55, 57, 84, 85
Armin Okulla

Seite 70
Institut für Nichtklassische Chemie, Leipzig

Portraitfotos
Seiten 13, 37, 69: Michael Kompe
Seite 16 sowie alle weiteren Portraits:
Manuela Zydor

Fotos, wenn nicht anders angegeben,
vom Fraunhofer IAP.

Editorial notes

Address of the editorial office

Fraunhofer Institute for Applied
Polymer Research IAP
PR & Marketing

Wissenschaftspark Golm
Geiselbergstr. 69
14476 Potsdam-Golm
Germany

Fon +49 331 568-1151
Fax +49 331 568-2551
E-mail info@iap.fraunhofer.de
Internet www.iap.fraunhofer.com

Editorial team

Anett Koch
Nadine Gruber

Translation

able Sprachschule Miller King Bird GbR

Layout

Nadine Gruber
Kinga Lipowicz

Printing house

Brandenburgische Universitätsdruckerei
und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH

Photo acknowledgments

Page 11
Architekten Schmidt-Schicketanz und Partner GmbH

Pages 6, 9
Kai Royer

Page 22, 40, 62, 74, 90
induo fotografie

Pages 65, 93
Alexander Krause

Pages 25, 49, 54, 55, 57, 84, 85
Armin Okulla

Page 70
Institut für Nichtklassische Chemie, Leipzig

Portrait photos
Pages 13, 37, 69: Michael Kompe
Page 16 and the other portrait photos:
Manuela Zydor

Photos are, if not indicated otherwise,
by Fraunhofer IAP.



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

INHALTSVERZEICHNIS

CONTENTS

Vorwort **04**
Preface

07 DAS INSTITUT

THE INSTITUTE

Das Fraunhofer IAP im Überblick **08**

The Fraunhofer IAP at a Glance

Eine Vision wird zur Realität **10**

Vision becomes reality

Kuratorium **12**

Advisory Board

Das Institut in Zahlen **13**

The Institute in Figures

Organisation und Schwerpunkte **14**

Organization and Key Aspects

Ansprechpartner **16**

Contact Persons

Die Fraunhofer-Gesellschaft **18**

The Fraunhofer-Gesellschaft

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile –
MATERIALS **20**

Fraunhofer Group for Materials and
Components – MATERIALS

22 BIOPOLYMERE

BIOPOLYMERS

Vom Biopolymer zum

Hochleistungskunststoff **24**

From Biopolymers to high

performance plastics

Anwendungen und Dienstleistungen **28**

Applications and services

Herstellung von stabilen Dispersionen mit

Cellulosenanopartikeln **32**

Preparing stable dispersion with cellulose
nanoparticles

Biokomposite mit optimierter

Haftvermittlung **34**

Improved biocomposite adhesion

Celluloseether in zementbasiertem Mörtel –

Porenstruktur und Abbindekinetik **36**

Cellulose ether in cementitious mortar –

pore structure and setting kinetics

Optimierte Stärke für die Oberflächenleimung
von Papier **38**

Optimized starch for surface sizing
of paper

41 FUNKTIONALE

POLYMERSYSTEME

FUNCTIONAL

POLYMER SYSTEMS

Funktionalisierte Materialien –

Die Anwendungen werden immer vielfältiger! **42**

Functional materials –

the applications are becoming more and more
multifaceted!

Anwendungen und Dienstleistungen **46**

Applications and services

Wachsamen Fensterscheiben **48**

Functional layers for smart windows

Die fadenförmige OLED **50**

The filamentary OLED

Thermotrope Materialien – Phasenseparation vs.

Phasenübergang **52**

Thermotropic materials – phase separation vs.
phase transition

Flexible OLEDs sicher verpackt **54**

Packed for long life – flexible OLEDs

Ein Material mit dem Licht spielen kann:

Mikroreliefs in azobenzehaltigen Materialien **56**

A material playing with light: microrelief in

azobenzene materials

Farbige Flüssigkristalle **58**

Colored liquid crystals

Nanophotonik für die Alzheimer Diagnostik **60**

Nanophotonics for Alzheimer's disease diagnosis

63 SYNTHESE- UND POLYMERTECHNIK

SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY

Nachhaltigkeit bei der Synthese von Polymeren **64**

Sustainability of polymer synthesis

Anwendungen und Dienstleistungen **68**

Applications and services

In-situ Nanocomposite von PA66 **70**

In-situ Nanocomposites of PA66

Synthesewege für nichtstatische Poly lactid

(PLA)-Copolymere **72**

Syntheses for non-statistical polylactide (PLA) copolymers

75 WASSERBASIERENDE POLYMERSYSTEME

WATER-BASED POLYMER SYSTEMS

Wasserbasierende Polymersysteme: Nachhaltigkeit und Effizienz **76**

Water-based polymer systems: combining sustainability and efficiency

Anwendungen und Dienstleistungen **80**

Applications and services

Neue Gelatineblends für funktionale Gele **82**

New gelatin blends for functional gels

Gleiten statt Reiben –

Funktionelle Hochleistungspolymere für die Medizin **84**

Slippage instead of friction – functional high performance polymers for medical applications

Nanotechnologie für Life-Science **86**

Nanotechnology for life science

Off- und On-line Charakterisierung von hochkonzentrierten Polymerdispersionen **88**

Off-line and on-line characterization of highly concentrated polymer dispersions

91 PILOTANLAGEN-ZENTRUM SCHKOPAU

PILOT PLANT CENTER SCHKOPAU

Polymertechnologie im

Pilotanlagenzentrum PAZ **92**

Polymer technology at the

Polymer Pilot Plant Center PAZ

Anwendungen und Dienstleistungen **96**

Applications and services

Aufbau eines Laborscheibenreaktors für

Polykondensationsreaktionen mit integrierter

Online-Viskositätsmessung **98**

Construction of a lab-scale rotating disc reactor

for polycondensation reactions with an

integrated online-viscosity measurement system

Entwicklung von Extrudermischelementen für

faserverstärkte Compounds **100**

Design of extruder mixing elements for fiber reinforced composites

103 NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

NAMES, DATA, EVENTS

Graduierungsarbeiten **108**

Theses

Wissenschaftliche Zusammenarbeit **114**

Scientific collaboration

Ereignisse **117**

Events

Präsentationen und Publikationen **119**

Presentations and publications

Patente **124**

Patents

Anreise **126**

How to reach us

VORWORT

100 Jahre Kunststoffproduktion – Innovationen mit Polymeren

Polymere in Form von Kunststoffen, Fasern, Folien, Funktionsmaterialien oder Spezialprodukten sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Als Verpackungsmaterialien, als Isoliermaterial in der Bau- und Elektroindustrie, in Form von Haushaltsgeräten, in der Fahrzeugindustrie, im Flugzeugbau und für die Flügel von Windkraftanlagen, aber auch bei der Freizeitgestaltung mit Laufschuhen, Tennisschläger oder Segelboot wird es deutlich – wir leben im Kunststoffzeitalter! Weniger sichtbar, aber nicht minder wichtig ist der Einsatz der langkettigen, regelmäßigen Moleküle als Additive und Prozesshilfsmittel in der Chemie-, Pharma- und Kosmetikindustrie.

Seit Gründung der ersten Kunstharzfabrik in Deutschland im Jahr 1909 in Erkner bei Berlin haben die Kunststoffe und mit ihr die Kunststoffindustrie eine einzigartige Entwicklung genommen. Während der in Erkner produzierte duroplastische Kunststoff Bakelit bereits in den 20er und 30er Jahren des letzten Jahrhunderts den Markt eroberte, begann der steile Anstieg der Kunststoffproduktion nach dem zweiten Weltkrieg und erreicht heute weltweit jährlich mehr als 250 Millionen Tonnen. Der Aufstieg der Elektro- und Elektronikindustrie, die Entwicklung von Massenverkehrsmitteln sowie die Verbesserung des Lebensstandards im 20. Jahrhundert wären ohne Kunststoffe undenkbar gewesen. Natürlich ist die Entwicklung der Kunststoffe mit großen Namen verbunden, von denen anlässlich des 100-jährigen Jubiläums der ersten Kunststofffabrik in Deutschland Leo Hendrik Baekeland besonders hervorgehoben werden muss. In bewundernswerter Weise hat er als Wissenschaftler die Bedeutung eines aus Phenol und Formaldehyd gebildeten Materials erkannt, ein neues und effektives Herstellungsverfahren entwickelt, hierauf Patente angemeldet und schließlich mit Partnern die erste Fabrik zur Herstellung des Bakelit genannten Kunststoffs gegründet. Es ist dieser geniale Forscher- und Gründergeist, der Vorbild und Modell für die Fraunhofer-Gesellschaft als größter Organisation für Angewandte Forschung in Europa ist.

Forschung und Entwicklung sind auch gegenwärtig eine unabdingbare Voraussetzung für die weitere Entwicklung von Polymeren und Kunststoffen. Neben den Massenkunststoffen, die sich in weiterentwickelter Form neue Einsatzgebiete erobern, sind es höherwertige Verbundmaterialien für den Leichtbau und die Funktionsmaterialien mit speziellen optischen, elektrischen oder biokompatiblen Eigenschaften, die in immer neue Einsatzgebiete vordringen. Die Verteuerung und Verknappung von fossilen Ressourcen zwingt zum sparsamen Einsatz von Energie und zur verstärkten Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die Kunststoffherstellung. Das Fraunhofer IAP ist in diesem Zusammenhang gut positioniert. Sein Profil umfasst in einmaliger Form synthetische und bio-basierte Polymere, wobei neben der Laborarbeit zunehmend die Umsetzung von neuen Materialien und Technologien in den Pilotmaßstab im Mittelpunkt stehen. Hierfür stehen die Technikumsanlagen für Fasern und Nonwovens in Potsdam-Golm und das Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung in Schkopau. Darüber hinaus ist 2009 das Planungs- und Genehmigungsverfahren eines neuen Anwendungszentrums für Polymer-Nanotechnologien abgeschlossen worden. Mit dem Bau dieses Anwendungszentrums als zweiter Ausbaustufe des Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm wurde Anfang 2010 begonnen. Einen Schwerpunkt der Arbeiten dieses Anwendungszentrums werden Technologien für polymerbasierte Leuchtdioden und flexible Displays darstellen.

Trotz der widrigen Einflüsse der Wirtschaftskrise hat das Fraunhofer IAP auch 2009 ein erfolgreiches Jahr absolviert. Durch die breitgefächerte, international aufgestellte Vertragsforschung konnte der Rückgang von Wirtschaftserträgen in einem erträglichen Rahmen gehalten werden und durch zunehmende öffentliche Projekte kompensiert werden. Bei einem insgesamt ausgeglichenen Haushalt erfolgte ein weiteres Wachstum des Fraunhofer IAP um ca. 10 Prozent.

Das bedeutet enorme Anstrengungen der Mitarbeiter, treue Industriepartner, die bewährte Unterstützung durch das Kuratorium und das Vertrauen der öffentlichen Stellen. Ihnen allen danke ich an dieser Stelle herzlich.

PREFACE

100 years of plastic production - innovation of polymers

Polymers are an integral part of daily life whether in the form of plastics, fibers, films, functional materials or special products. They are used in packaging material, household appliances, wind turbine blades, and insulation material in the building and electrical industry. They are also used in the automobile industry, the aviation industry and in the recreation industry, for example, in running shoes, tennis rackets or sail boats. It's clear: we are living in the age of plastic! Less visible, but no less important is the use of the regular, long-chain molecules as additives and processing aids in the chemical, pharmaceutical and cosmetic industries.

Since 1909, when the first synthetic resin plant in Germany was established in the town of Erkner near Berlin, both plastics and the plastics industry, have had a unique development. The thermosetting plastic Bakelite, produced in Erkner, had already conquered the market in the 1920s and 30s. The steep rise in plastic production began after the Second World War and today it amounts to more than 250 million tons annually. The rise of the electrical and electronic industry, the development of mass transportation, and the improvement in living standards in the 20th century would have been unthinkable without plastic. Of course the development of plastics is tied to great names and, on the occasion of the 100th anniversary of the first plastics plant in Germany, the name Leo Hendrik Baekeland cannot be omitted. As a scientist he was amazingly able to realize the significance of a material made from phenol and formaldehyde, to develop a new and effective manufacturing process, register patents for it, and finally to establish the first factory for manufacturing the plastic – called Bakelite – together with his partners. The Fraunhofer-Gesellschaft, as the largest organization for applied research in Europe, models itself after this type of brilliant research and entrepreneurial spirit.

Research and development are still indispensable for the further development of polymers and plastics. In addition to the mass plastics that, in further-developed form, are conquering new application areas, valuable compound materials for lightweight construction and functional materials with special optical, electrical or biocompatible properties are penetrating

new application areas. The rise in price, coupled with a shortage in fossil resources, are forcing a more economical use of energy and an increased use of renewable resources in the manufacturing of plastics. Fraunhofer IAP is well-positioned in this respect. Its profile uniquely comprises both synthetic and bio-based polymers. In addition to lab work, it also focuses on implementing new materials and technologies on a pilot plant scale, with technical plants for fibers and nonwovens in Potsdam-Golm and the pilot plant center for polymer synthesis and processing in Schkopau. In addition to this, the planning and permit procedures were completed in 2009 for a new applications center for polymer nanotechnologies. The construction of this applications center marked the beginning of the second expansion phase of the Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm. Work at this application center will focus on polymer-based light diode and flexible displays.

Despite the adverse impact of the economic crisis, Fraunhofer IAP was again able to conclude a successful year in 2009. A broad range of internationally positioned contract research secured that the decline in earnings from industry was limited and offset by an increased number of public projects. With a balanced budget overall, Fraunhofer IAP displayed a growth rate of 10 percent in 2009. This was the result of enormous efforts made by staff, loyal industry partners, proven support of the board of trustees and confidence from the public sector. I would like to take this opportunity to express my sincere thanks to all of them.



Prof. Dr. habil. Hans-Peter Fink
Institutsleiter
Director



pioneers in polymers



Außenansicht des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung IAP.

Outside view of the Fraunhofer Institute of Applied Polymer Research IAP.

DAS INSTITUT

THE INSTITUTE

- 8 Das Fraunhofer IAP im Überblick**
The Fraunhofer IAP at a glance
- 10 Eine Vision wird zur Realität**
Vision becomes Reality
- 12 Kuratorium**
Advisory Board
- 13 Das Institut in Zahlen**
The Institute in figures
- 14 Organisation und Schwerpunkte**
Organization and key aspects
- 16 Ansprechpartner**
Contact persons
- 18 Die Fraunhofer-Gesellschaft**
The Fraunhofer-Gesellschaft
- 20 Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile –
MATERIALS**
Fraunhofer Group for Materials and
Components – MATERIALS

DAS FRAUNHOFER IAP IM ÜBERBLICK

THE FRAUNHOFER IAP AT A GLANCE

Polymere sind regelmäßig aufgebaute langkettige Moleküle, die in Form von Kunststoffen, Fasern, Folien, Funktionsmaterialien sowie als Additive und Verarbeitungshilfsmittel aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken sind. Wir leben – aus Materialersicht – im gerade erst angebrochenen Kunststoffzeitalter mit Auswirkungen auf nahezu allen Marktsegmenten. Das Fraunhofer IAP bietet seinen Auftraggebern und Partnern eine breite Palette von Kompetenzen zur angewandten Polymerforschung, die von der Synthese neuer Materialien, der Entwicklung und Optimierung von Polymertechnologien bis zur Charakterisierung der Produkte und der Erschließung neuer Anwendungen reicht. Im Mittelpunkt stehen dabei heute nachhaltige Materialien und Technologien, wobei neben der verbesserten Verfahrenseffizienz auch nachwachsende Rohstoffe und Biopolymere eine zunehmende Rolle spielen. In Hinblick auf die Bedürfnisse unserer Industriepartner stellt die Übertragung von Ergebnissen aus dem Labormaßstab in den Pilotanlagenmaßstab einen Schwerpunkt der Arbeiten des Fraunhofer IAP dar. Hierfür stehen gegenwärtig das Technikum zur Faser- und Nonwovensentwicklung in Golm und das Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung in Schkopau zur Verfügung. Ein neues Anwendungszentrum für Polymernanotechnologien ist im Bau und wird voraussichtlich Ende 2011 in Golm in Betrieb genommen.

Biopolymere werden von der Natur in nahezu unbegrenzter Menge synthetisiert und seit Jahrhunderten industriell genutzt. Insbesondere die chemisch-technische Verarbeitung von Cellulose und Stärke stellen einen traditionellen Schwerpunkt der Arbeiten des Fraunhofer IAP dar. Zum Angebot gehören die kompetente Beratung zum Rohstoffeinsatz (Chemiezellstoffe, Industriestärken), die Optimierung eingeführter industrieller Technologien (u.a. Viskoseverfahren), aber auch die Entwicklung von neuen umweltfreundlichen Verfahren (Lyocell, Carbamat) zur Herstellung von Fasern, Folien und Nonwovens aus Cellulose. Dazu kommen vielfältige Polysaccharidderivate für medizinische Anwendungen, faserverstärkte Biocompositmaterialien, biobasierte Schaumstoffe, Additive für die Papier- und Baustoffindustrie sowie eine Vielzahl von Anwendungen im Lebensmittel- und Pharmabereich..

Kompetenzen und Ausrüstungen zur Entwicklung von Fasern und Nonwovens umfassen neben dem klassischen Lösungs- und Luftspaltspinnen auch das Trocken- und Schmelzspinnen. Das Portfolio reicht hier von Biopolymerfasern aus Cellulose oder PLA bis zu PAN-basierten Precursoren für Carbonfasern.

Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeiten des Fraunhofer IAP stellen die Synthese und Polymertechnologie der klassischen Kunststoffe dar, zu denen C-Ketten- wie auch Heterokettenpolymere gehören. Zunehmend sind hier auch FuE-Arbeiten zu biobasierten Kunststoffen wie Polylactid integriert. Durch Optimierung der Prozessparameter werden klassische und biobasierte Kunststoffe weiterentwickelt und mit neuen Eigenschaften versehen. Acht Syntheselinien im Pilotanlagenzentrum im ValuePark Schkopau erweitern die Entwicklungs- und Wertschöpfungskette am Fraunhofer IAP und bieten unseren Industriepartnern darüber hinaus einzigartige Möglichkeiten zur Technologieentwicklung und Maßstabsübertragung.

Die Entwicklung von Polymeren mit besonderen elektrischen und optischen Eigenschaften und Funktionen für Hochtechnologieanwendungen ist ein weiteres, zukunftsträchtiges Arbeitsfeld des Instituts. Das Spektrum reicht von der Polymeren mit halbleitenden Eigenschaften über chromogene, phototrope bis hin zu leuchtenden Polymeren, die in organischen Leuchtdioden (OLEDs) und anderen Anwendungen der organischen Elektronik zum Einsatz gebracht werden. Einen Schwerpunkt der Aktivitäten stellen hier technologische Entwicklungen für OLEDs und organischer Photovoltaik dar sowie zukunftsträgliche Arbeiten zur Nanopolyphotonik unter Nutzung von Quantum Dots.

Wasserbasierende Polymersysteme spielen eine herausragende Rolle in dem Bestreben, Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit miteinander zu verbinden. Dieser Forschungsschwerpunkt des IAP adressiert sowohl klassische Felder wie Abwassertechnologie, Papierherstellung oder Baustoffe als auch die Nanotechnologie, kosmetische und pharmazeutische Produkte sowie die Entwicklung von Biomaterialien für medizinische und biotechnologische Anwendungen.

Das Fraunhofer IAP bearbeitet Aufträge von lokal angesiedelten mittelständischen Unternehmen der Kunststoffbranche bis zu weltweit operierenden Großunternehmen im In- und Ausland stets mit derselben Sorgfalt und hohem wissenschaftlichen Engagement. Aufgrund umfassender Erfahrungen und Kompetenzen, interdisziplinärer Zusammensetzung der Forscherteams aus Chemikern, Physikern und Ingenieuren sowie erstklassiger Ausstattung im Labor- und Technikumsmaßstab können unsere Kunden fundierte Beratung und maßgeschneiderte Lösungen zu fast allen Fragen auf dem Polymergebiet erwarten.



Polymers are regular, long-chain molecules found in everything from plastics, fibers, films and functional materials. They are also used as additives and processing aids and we could not imagine a world without them. From a material standpoint we are living in an age of plastics that has only just begun and is impacting nearly every market segment. The Fraunhofer IAP offers its clients and partners a wide range of expertise in the field of applied polymer research, from the synthesis of new materials, to the development and optimization of polymer technologies, characterization of products and the development of new applications. Today the focus is on sustainable materials and technologies. Improved processing efficiency as well as renewable resources and biopolymers are playing an ever-increasing role. Our work at the Fraunhofer IAP focuses on transferring lab-scale findings to a pilot plant scale in order to meet the needs of our industrial partners. Currently we have technical facilities in Golm that are used for developing fibers and nonwovens and a pilot plant center for polymer synthesis and processing in Schkopau. A new applications center for polymer nanotechnology is under construction and is expected to begin operations at the end of 2011.

Biopolymers are synthesized naturally in nearly unlimited quantities and have been used industrially for centuries. The chemical-technical processing of celluloses and starches has been a particular focus of the work carried out at the Fraunhofer IAP. We offer competent advice on the use of raw materials (dissolving pulp, industrial starches), we optimize established industrial technologies (including viscose processes) and develop new, environmentally friendly processes (Lyocell and carbamate) for producing fibers, films and nonwovens made from cellulose. In addition to this we offer various polysaccharide derivatives for medical applications, fiber-reinforced biocomposite materials, bio-based foams, additives for the paper and building material industry and a number of applications for the food and pharmaceutical industries.

We have expertise and equipment which allow us to develop fibers and nonwovens using typical solution and air gap spinning as well as dry and melt spinning. Our portfolio extends from biopolymer fibers made of cellulose or PLA to PAN-based precursors for carbon fibers.

The Fraunhofer IAP also focuses on the synthesis and polymer technology of traditional plastics including C-chain and heterochain polymers. Increasingly, R&D work is carried out on bio-based plastics such as polylactide. By optimizing process parameters, traditional and bio-based plastics are developed further and new properties are added. Eight synthesis lines at the pilot plant center in the ValuePark in Schkopau increase the development and value creation chain of the Fraunhofer IAP. They offer our industry partners unique opportunities in terms of technology development and scale-up.

The development of polymers with special electrical and optical properties and functions for high-tech applications is another future-oriented field of work at the institute. Our spectrum includes polymers with semi-conducting properties, chromogenic, phototropic and luminescent polymers which are used in organic light emitting diodes (OLEDs) and other organic electronic applications. Our activities focus on developing OLED and organic photovoltaic technologies as well as working on future-oriented nanopolyphotonics using quantum dots.

Aqueous polymer systems play a challenging role by attempting to link sustainability, environmental compatibility and economic efficiency. The IAP's research focus addresses not only traditional areas such as waste water technology, paper production and building material, but also nanotechnology, cosmetic and pharmaceutical products, and the development of biomaterials for medical and biotechnological applications.

The Fraunhofer IAP processes orders with the same care and high scientific dedication whether they come from local medium-sized companies in the plastics industry or from major internationally operating companies in Germany and abroad. Thanks to its comprehensive experience and competencies, interdisciplinary research teams made up of chemists, physics and engineers, and its state-of-the-art lab and pilot plant scale equipment, our customers can expect thorough consultation and tailor-made solutions in all matters related to polymers.

EINE VISION WIRD ZUR REALITÄT

VISION BECOMES REALITY

2. Ausbaustufe – Fraunhofer-Anwendungszentrum für Polymer-Nanotechnologien

Ergebnis eines Architektenwettbewerbs ist das Gebäude des neuen Anwendungszentrums für Polymer-Nanotechnologien. In einem L-förmigen Anbau soll dieses das jetzige Fraunhofer IAP erweitern. Der Entwurf der Hascher und Jehle Planungsgesellschaft mbH gliedert sich in einen Kopfbau mit vier Vollgeschossen, der die Fluchten des Bestandes sowie der Geiselbergstraße aufnimmt. Das Gebäude soll zwei Labor- und drei Bürogeschossen beherbergen. Im 1. OG ist der Kopfbau durch zwei transparente Verbindungsstege an den Bestand angeschlossen. Der 2. Bauabschnitt mit über 2600 m² Hauptnutzfläche und 94 neuen Arbeitsplätzen soll bis November 2011 fertiggestellt werden.

Im Anwendungszentrum sollen vor allem die technologischen Grundlagen der kunststoffbasierten flexiblen Displayherstellung weiterentwickelt werden. Weiterhin sollen neue biotechnologische Verfahren und Produkte in den Pilotanlagenmaßstab übertragen werden.

Die Nutzung des Neubaus gliedert sich in ca. 1050 m² Büro- und 1370 m² Laborflächen. Besonderheiten sind hierbei ca. 430 m² Reinraumtechnikum, ein ca. 150 m² großes Biochemisches Technikum mit S1 Anforderung, weitere S1 und S2-Labore und ca. 100 m² abgedunkelte und schwingungsentkoppelte Sonderlabore für Mikroskopie und Laserstruktur.

Die technische Ausrüstung orientiert sich im Wesentlichen an die vorhandene Ausrüstung. Durch Erstellung eines Wärme-, Kälte- und Stromverbundes zwischen beiden Institutsgebäuden kann die jeweils effizienteste Art der Wärme- und Kälteerzeugung, je nach Abhängigkeit von Witterungs- und Energiepreiseinflüssen, gewählt werden. Neu ist die Möglichkeit die Temperierung der Labor- und Büroräume durch Betonkernaktivierung zu unterstützen. Die Installation einer neuen Netzersatzanlage verbessert wesentlich die Versorgung sicherheitsrelevanter Anlagen im Falle eines Netzausfalls.

Das Vorhaben mit Gesamtausgaben in Höhe von insgesamt 23,3 Mio. Euro wird zu 50 Prozent mit EFRE-Mitteln und zu je 25 Prozent durch Bund und Land Brandenburg finanziert.

Startschuss für neues Anwendungszentrum für Polymer-Nanotechnologien des Fraunhofer IAP

Mit der Übergabe des Fördermittelbescheides der Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB) durch die Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg, Prof. Dr. Johanna Wanka, an den Leiter des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung IAP, Prof. Dr. Hans-Peter Fink, fiel im September der Startschuss für den Bau des neuen Anwendungszentrums für Polymer-Nanotechnologien des Fraunhofer IAP.

»Diese Investition in die Forschungsinfrastruktur des Fraunhofer IAP ist für die Wettbewerbsfähigkeit des Instituts mit seinen Kernkompetenzen auf dem Gebiet der synthetischen und biobasierten Polymere und Funktionsmaterialien von besonderer Bedeutung. Wir etablieren damit ein modernes Anwendungszentrum für funktionelle High-Tech-Polymermaterialien, in dem innovative Materialien und Technologien vom Labormaßstab in den industriellen Produktionsmaßstab übertragen werden. Das stärkt entscheidend die Attraktivität des Forschungsstandorts Potsdam-Golm, der sich mit der Unterstützung der Landesregierung in den vergangenen Jahren zum größten Wissenschafts- und Forschungsstandort Brandenburgs entwickelt hat. Die vergangenen Jahre haben dem Standort eine hohe Dynamik beschert, die heute einen weiteren Höhepunkt erfährt und sich in den kommenden Jahren fortsetzen wird«, so die damalige Forschungsministerin Johanna Wanka anlässlich der Übergabe des Zuwendungsbescheids.

»Neue praxistaugliche Ideen und angewandte, industriennahe Forschung mit wirtschaftlichen Effekten sind das Markenzeichen der Fraunhofer-Gesellschaft. Das Fraunhofer IAP stellt bereits heute die größte Fraunhofer-Einrichtung des Landes Brandenburg dar und ist in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen, wobei Aufträge und Projekte der Kunststoffforschung nicht nur aus Deutschland, sondern weltweit eingeworben werden. Insbesondere die Forschungsrichtungen der Biopolymere und Funktionsmaterialien sind hervorragend aufgestellt und haben auch im Krisenjahr 2009 zu einem weiteren personellen Wachstum des Instituts geführt, so dass inzwischen alle Büro- und Laborreserven ausgeschöpft sind und bereits eine Arbeitsgruppe im benachbarten Institut untergebracht werden musste«, erklärt der Institutsleiter, Prof. Dr. Hans-Peter Fink.



1 Inside an outside view of the second expansion phase.

Second expansion phase – Fraunhofer Applications Center for Polymer-Nanotechnologies

The design for the building of the new Applications Center for Polymer-Nanotechnologies stemmed from an architectural competition. Designed in the shape of an L, this annex will expand the current Fraunhofer IAP. The plans drawn up by Hascher und Jehle Planungsgesellschaft mbH include a front building with four full stories that assimilate the walls of the existing building and the Geiselbergstrasse. The building will house two laboratories and three office floors. It is connected to the existing building by two transparent bridges on the first upper floor. The second construction phase comprising more than 2,600 m² of floor space and 94 new work stations is set to be completed by November 2011.

The focus of the applications center will be on developing the technological foundations of plastic-based, flexible display manufacturing. Furthermore, new biotechnological processes and products are to be transferred to a pilot plant scale.

The new-build will house around 1,050 m² of office space and 1,370 m² of lab space. Special features include around 430 m² of clean room lab space, a biochemical lab of approximately 150 m² which meets S1 requirements, more S1 and S2 labs and approximately 100 m² of special darkened and vibration-neutralizing laboratories for microscopy and laser structure.

For the most part, the new technical equipment is aligned with existing equipment. Heating, refrigeration and electricity are connected between both institute buildings so that the most efficient way to generate heat and refrigeration can be selected according to the weather and energy prices. A new feature is the possibility of regulating the temperature in the labs and offices using concrete core activation. The installation of new emergency power supply equipment greatly improves the supply of power to safety systems in the case of a power failure.

Fifty percent of the project, costing a total of 23.3 million euros, was financed through the European Fund for Regional Development and both the federal government and the State of Brandenburg assumed equal shares of the remainder of the project costs.

Starting signal for the new Fraunhofer IAP Applications Center for Polymer Nanotechnologies

Construction began in September on the new Fraunhofer IAP Applications Center for Polymer Nanotechnologies after Prof. Dr. Johanna Wanka, Minister of Science, Research and Culture of the State of Brandenburg, gave Prof. Dr. Hans-Peter Fink, Head of the Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP, the official funding notification from the Promotional Bank of the State of Brandenburg.

»This investment in the Fraunhofer IAP's research structure is particularly important for the institute's competitiveness, whose core competencies lie in the areas of synthetic and bio-based polymers and functional materials. Through it, we establish a modern applications center for functional, high-tech polymer materials where innovative materials and technologies can be transferred from a lab scale to an industrial production scale. This decisively strengthens the attractiveness of the Potsdam-Golm research location which has developed over the past years with the aid of the state government into the largest scientific and research location in Brandenburg. These past few years have given this location great forward momentum. Today marks another highlight and this momentum is set to continue throughout the coming years,« remarked Johanna Wanka former Minister of Research at the handing over of the funding notification.

»New, practicable ideas and applied, industry-relevant research that impacts the economy are the hallmarks of the Fraunhofer-Gesellschaft. Today the Fraunhofer IAP is the largest Fraunhofer institute in the State of Brandenburg having grown continuously throughout the past years. Contracts and projects in plastics research not only come from Germany, but from all over the world. Indeed the research areas of biopolymers and functional materials are excellently positioned and helped grow the institute even in 2009, a year of economic crisis. We now no longer have free capacity in the offices and labs and one work group has had to be accommodated in a neighboring institute,« explains Prof. Dr. Hans-Peter Fink, Head of the institute.

KURATORIUM ADVISORY BOARD

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 in 2009:

Prof. Dr. Thomas Müller-Kirschbaum

Vorsitzender des Kuratoriums
Henkel KGaA, Düsseldorf

Prof. Dr. Gerhard Koßmehl

Stellvertretender Vorsitzender des
Kuratoriums, Berlin

Prof. Dr. Andrzej Bledzki

Universität Kassel, Institut für Werkstofftechnik, Kassel

Dipl.-Ing. Ulrich Hamann

Bundesdruckerei GmbH, Berlin

Dr. Rüdiger Hannaleck

TES Frontdesign GmbH, Neuruppin

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

Universität Potsdam, Präsidentin, Potsdam

Prof. Dr. Jürgen Kurths

Humboldt Universität, Institut für Physik, Berlin

Dr. Volker Landschütze

Bayer Bioscience GmbH, Potsdam

Prof. Dr. Meinolf G. Lindhauer

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
(BFEL), Detmold

Prof. Dr. Gerd Marowsky

Laser Laboratorium Göttingen e.V., Göttingen

Prof. Dr. Helmuth Möhwald

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

Dr.-Ing. Christoph Mühlhaus

Sprecher des Clusters Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland,
Halle

Dr. Rudolf Müller-Mall

BASF AG, Ludwigshafen

Dr. Klaus Nachtkamp

Dow Wolff Cellulosics GmbH, Walsrode

Dr. Andreas Pachten

ZukunftsAgentur Brandenburg (ZAB), Potsdam

Konstanze Pistor

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur
des Landes Brandenburg, Potsdam

Dr. Birgitt Reiche

Hesco Kunststoffverarbeitung GmbH, Luckenwalde

Dr.-Ing. agr. Andreas Schütte

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow

Dr. Manfred Stickler

Evonik Röhm GmbH, Darmstadt

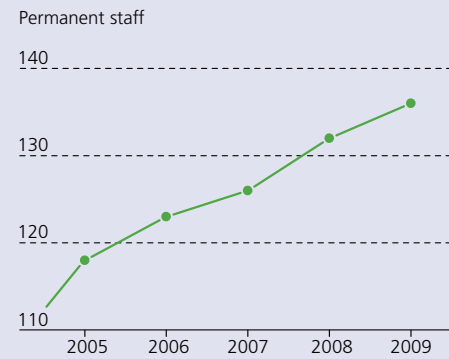
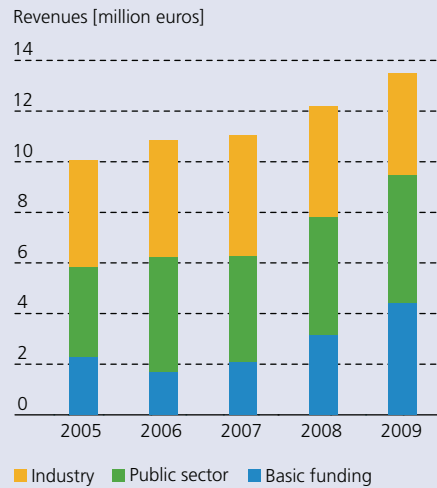
Prof. Dr. Manfred Wagner

TU Berlin, Berlin

Dr. Bernd Wohlmann

Toho Tenax Europe GmbH, Wuppertal

DAS INSTITUT IN ZAHLEN THE INSTITUTE IN FIGURES



Betriebshaushalt

Der Betriebshaushalt betrug im Jahr 2009 etwa 13,5 Millionen Euro. Gegenüber dem Vorjahr stieg er um ca. 10 Prozent.

Der planmäßige Ausbau der Arbeitsgruppe NanoPolyPhotonik trug dabei wesentlich zum erneuten Wachstum bei.

Investitionshaushalt

Das Investitionsvolumen betrug 1,3 Millionen Euro; zusätzlich wurden für 1,3 Millionen Euro Geräte aus Mitteln der Erstausrüstung zum Erweiterungsbau ausgegeben.

Mitarbeiter

Ende 2009 waren im Fraunhofer IAP insgesamt 161 Personen beschäftigt.

Stammpersonal	136
– Wissenschaftliche Mitarbeiter	65
– Technische Mitarbeiter	61
– Verwaltung	10
Nachwuchs	25
– Doktoranden	19
– Auszubildende	6

Das Fraunhofer IAP beschäftigte im Jahr 2009 zusätzlich 34 Praktikanten, Studenten, Diplomanden und Stipendiaten.

Institute's budget

In 2009 the Institute's budget amounted to about 13.5 million euros. Compared to the previous year it increased by about 10 percent.

One important contribution for the renewed growth is the executed buildup of the new working group NanoPolyPhotonik.

Capital budget

The investment volume amounted to 1.3 million euros. Additionally 1.3 million euros were spent for equipment out of the basic load fund.

Human resources

At the end of 2009, the Fraunhofer IAP employed 161 people.

Permanent staff	136
– Scientific staff	65
– Technical staff	61
– Administration	10
Junior staff	25
– Ph.D. students	19
– Apprentices	6

The Fraunhofer IAP employed 34 trainees, students, graduands and scholarship holders in 2009 additionally.

Kontakt Contact

Verwaltungsleiterin
Head of administration



Dipl.-Ing. Marina Hildenbrand

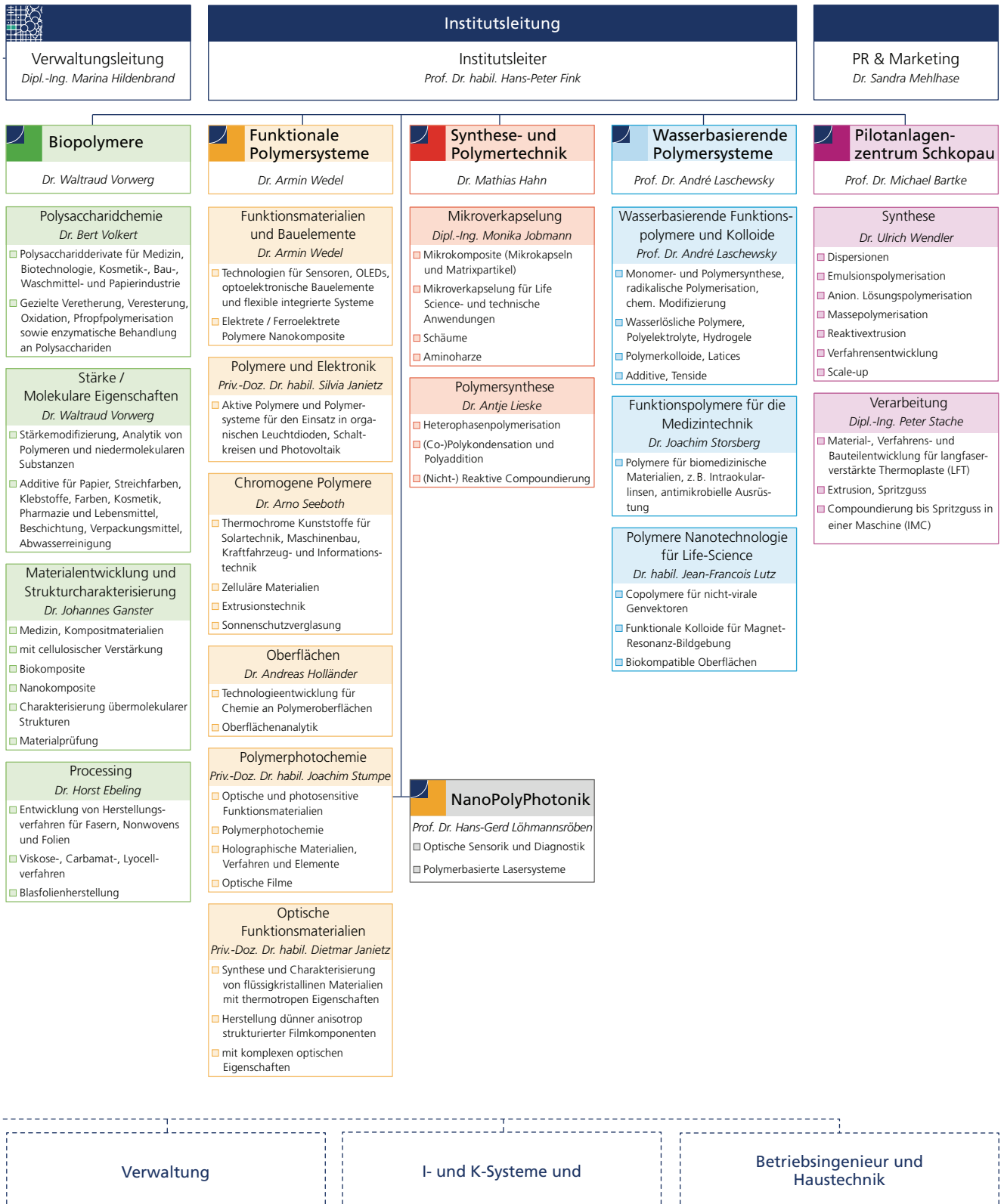
Telefon +49 331 568-1157

Fax +49 331 568-2557

marina.hildenbrand@iap.fraunhofer.de

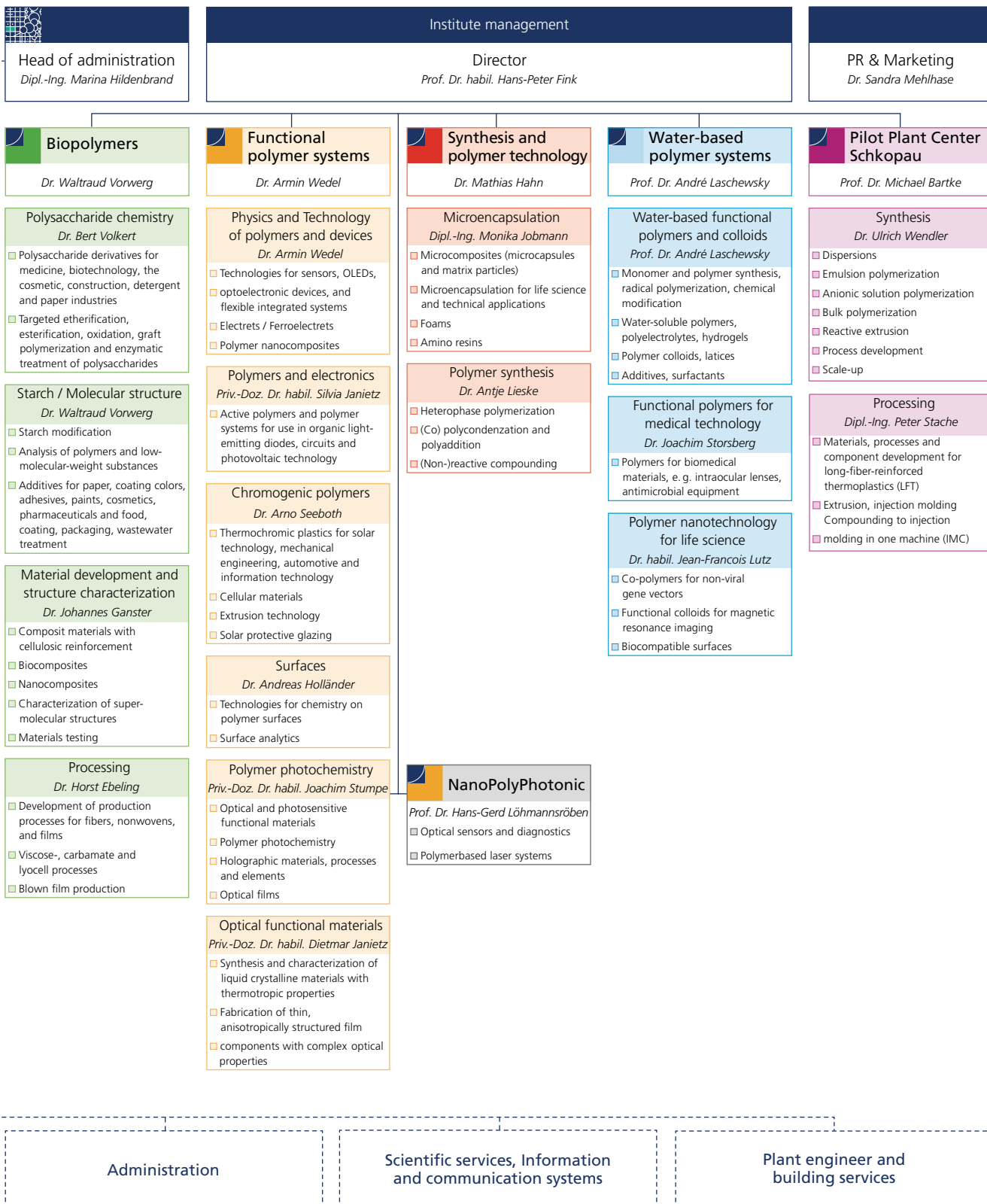
ORGANISATION UND SCHWERPUNKTE

STAND MÄRZ 2010



ORGANIZATION AND KEY ASPECTS

STATUS MARCH 2010



ANSPRECHPARTNER CONTACT PERSONS



Von links nach rechts:
left to right:

Dr. Sandra Mehlhase, Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben, Dipl.-Ing. Marina Hildenbrand, Dr. Armin Wedel,
Prof. Dr. habil. Hans-Peter Fink, Dr. Waltraud Vorwerg, Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke,
Prof. Dr. André Laschewsky, Dr. Mathias Hahn



Institutsleiter
Director

Prof. Dr. habil. Hans-Peter Fink Tel.: +49 331 568-1112 hans-peter.fink@iap.fraunhofer.de



Verwaltungsleiterin
Head of administration

Dipl.-Ing. Marina Hildenbrand Tel.: +49 331 568-1157 marina.hildenbrand@iap.fraunhofer.de



PR & Marketing

Dr. Sandra Mehlhase Tel.: +49 331 568-1151 sandra.mehlhase@iap.fraunhofer.de



Biopolymere
Biopolymers

Dr. Waltraud Vorwerg Tel.: +49 331 568-1609 waltraud.vorwerg@iap.fraunhofer.de

Dr. Bert Volkert Tel.: +49 331 568-1516 bert.volkert@iap.fraunhofer.de

Dr. Johannes Ganster Tel.: +49 331 568-1706 johannes.ganster@iap.fraunhofer.de

Dr. Horst Ebeling Tel.: +49 331 568-1810 horst.ebeling@iap.fraunhofer.de



Funktionale Polymersysteme
Functional polymer systems

Dr. Armin Wedel Tel.: +49 331 568-1910 armin.wedel@iap.fraunhofer.de

Priv.-Doz. Dr. habil. Silvia Janietz Tel.: +49 331 568-1208 silvia.janietz@iap.fraunhofer.de

Dr. Arno Seeboth Tel.: +49 30 6392-4258 arno.seeboth@iap.fraunhofer.de

Dr. Andreas Holländer Tel.: +49 331 568-1404 andreas.hollaender@iap.fraunhofer.de

Priv.-Doz. Dr. habil. Joachim Stumpe Tel.: +49 331 568-1259 joachim.stumpe@iap.fraunhofer.de

Priv.-Doz. Dr. habil. Dietmar Janietz Tel.: +49 331 568-1150 dietmar.janietz@iap.fraunhofer.de



Synthese- und Polymertechnik
Synthesis and polymer technology

Dr. Mathias Hahn Tel.: +49 331 568-1320 mathias.hahn@iap.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Monika Jobmann Tel.: +49 331 568-1213 monika.jobmann@iap.fraunhofer.de

Dr. Antje Lieske Tel.: +49 331 568-1329 antje.lieske@iap.fraunhofer.de



Wasserbasierende Polymersysteme
Water-based polymer systems

Prof. Dr. André Laschewsky Tel.: +49 331 568-1327 andre.laschewsky@iap.fraunhofer.de

Dr. Joachim Storsberg Tel.: +49 331 568-1321 joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

Dr. habil. Jean-François Lutz Tel.: +49 331 568-1127 jean-francois.lutz@iap.fraunhofer.de



Pilotanlagenzentrum Schkopau
Pilot Plant Center Schkopau

Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke Tel.: +49 3461 2598-120 michael.bartke@iap.fraunhofer.de

Dr. Ulrich Wendler Tel.: +49 3461 2598-210 ulrich.wendler@iap.fraunhofer.de

AG NanoPolyPhotonik
AG NanoPolyPhotonic



Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsroben Tel.: +49 331 9775222 hans-gerd.loehmannsroeben@iap.fraunhofer.de

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 mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 59 Institute. 17 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,6 Milliarden Euro. Davon fallen 1,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Nur ein Drittel wird von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

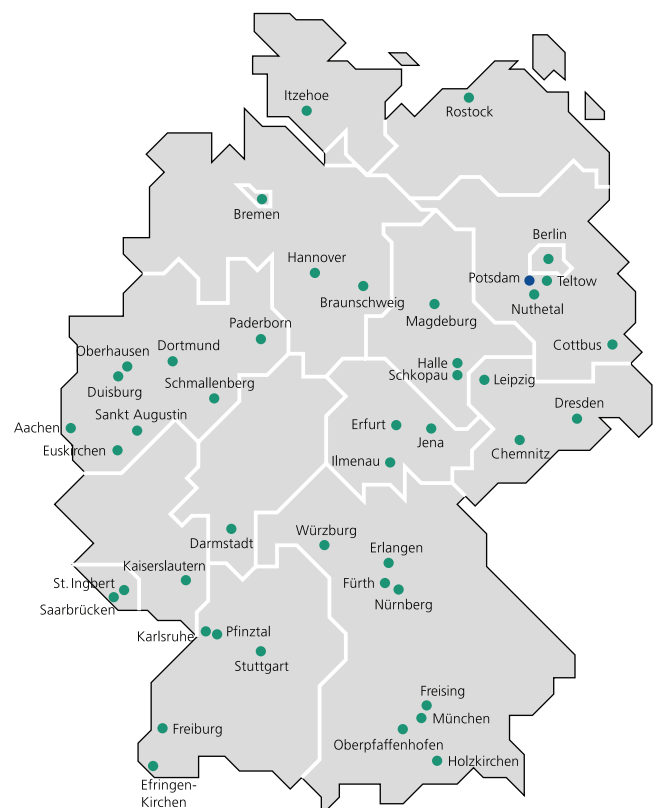
Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studentinnen

und Studenten eröffnen sich an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

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





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 more than 80 research units in Germany, including 59 Fraunhofer Institutes. The majority of the 17,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of 1.6 billion euros. Of this sum, more than 1.3 billion euros is generated through contract research. Two thirds of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Only one third is contributed by the German federal and Länder 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.

Affiliated research centers and representative offices in Europe, the USA and Asia provide contact with the regions of 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.

FRAUNHOFER-VERBUND WERKSTOFFE, BAUTEILE – MATERIALS

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS bündelt die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft.

Fraunhofer-Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Herstelltechnologie im industrienahen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors und Technika gleichrangig die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab.

Mit Schwerpunkt setzt der Verbund sein Know-how in den Geschäftsfeldern Energie und Umwelt, Gesundheit, Mobilität, Sicherheit, Mikroelektronik & Sensorik, Maschinen- und Anlagenbau sowie Bauen und Wohnen ein. Über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen sowie die Bewertung des kundenspezifischen Einsatzverhaltens werden Systeminnovationen realisiert.

Schwerpunktt Themen des Verbundes sind:

- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung und Energiespeicherung
- Verbesserung der Biokompatibilität und der Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik
- Verbesserung der Nutzung von Rohstoffen und Qualitätsverbesserung der daraus hergestellten Produkte

Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- Angewandte Polymerforschung IAP
- Bauphysik IBP
- Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Chemische Technologie ICT
- Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI
- Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- Silicatiforschung ISC
- Solare Energiesysteme ISE
- System- und Innovationsforschung ISI
- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
- Werkstoffmechanik IWM
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Verbundvorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit
und Systemzuverlässigkeit LBF
Bartningstraße 47
64289 Darmstadt

Stellvertretender Verbundvorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner
Fraunhofer-Institut
für Chemische Technologie ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
76327 Pfinztal

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.werkstoffe-bauteile.de
www.wvb.fraunhofer.de

THE FRAUNHOFER GROUP FOR MATERIALS AND COMPONENTS – MATERIALS

The Fraunhofer Group for Materials and Components – MATERIALS brings together the expertise of the Fraunhofer Institutes that specialize in materials science and related disciplines.

Materials research at the Fraunhofer-Gesellschaft covers the entire value chain, from the development of new materials and enhancement of existing materials, through manufacturing technology on a semi-industrial scale and the characterization of material properties, through to studies of their behavior when employed in components and systems. This research also extends to the components produced from such materials and their behavior when employed in systems. In all these areas, empirical tests in laboratories and pilot plants are routinely backed up by numerical simulation and modeling techniques. The work of the Fraunhofer Group for Materials and Components – Materials covers the full range of metallic and inorganic non-metallic materials, polymers and materials created from renewable resources.

The Group invests its expertise primarily in areas of importance to the national economy such as energy, health, mobility, information and communication technology, building construction and the home environment, with the aim of producing system innovations by developing materials and components tailored to specific applications.

Medium-term goals of the Group are:

- increase safety and comfort and cut down the consumption of resources in the areas of traffic engineering, mechanical engineering and plant construction
- enhance the efficiency of energy transformation and energy storage systems
- improve the biocompatibility and functions of materials employed in medical devices and biotechnology processes
- raise the packing density and improve the performance characteristics of components used in microelectronics and microsystems engineering
- Utilization improvement of raw materials and quality improvement of hence produced products

The Group comprises the Fraunhofer Institutes for

- Applied Polymer Research IAP
- Building Physics IBP
- Ceramic Technologies and Systems IKTS
- Chemical Technology ICT
- High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut EMI
- Industrial Mathematics ITWM (associated member)
- Interfacial Engineering and Biotechnology IGB (associated member)
- Manufacturing Engineering and Applied Materials Research IFAM
- Mechanics of Materials IWM
- Non-Destructive Testing IZFP
- Silicate Research ISC
- Solar Energy Systems ISE
- Structural Durability and System Reliability LBF
- Systems and Innovation Research ISI
- Wood research, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI

Chairman of the Group:

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Fraunhofer Institute for Structural
Durability and System Reliability LBF
Bartningstrasse 47
64289 Darmstadt

Deputy chairman:

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner
Fraunhofer Institute for
Chemical Technology ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Strasse 7
76327 Pfinztal

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.werkstoffe-bauteile.de
www.vwb.fraunhofer.de



pioneers in polymers



Dr. Bert Volkert – Synthese von Polysaccharidderivaten unter Ex-Schutzbedingungen.

Dr. Bert Volkert – Synthesis of polysaccharide derivatives among explosion protective conditions

BIOPOLYMERE BIOPOLYMERS

- 32 Herstellung von stabilen Dispersionen mit Cellulosenanopartikeln**
Preparation of stable dispersion with nanoparticles of cellulose
- 34 Biokomposite mit optimierter Haftvermittlung**
Improved adhesion in biocomposites
- 36 Celluloseether in zementbasiertem Mörtel – Porenstruktur und Abbindekinetik**
Celluloseether in cementitious mortar – pore structure and kinetic of setting
- 38 Optimierte Stärke für die Oberflächenleimung von Papier**
Optimized starch for surface sizing of paper

VOM BIOPOLYMER ZUM HOCHLEISTUNGSKUNSTSTOFF

Biopolymere, biobasierte Kunststoffe, Bioraffinerien – das sind Arbeitsrichtungen, die auf die zunehmende Verknappung und langfristige Verteuerung fossiler Ressourcen eine Antwort geben sollen. Im Fraunhofer IAP stellen die von der Natur in nahezu unbegrenzter Menge synthetisierten Biopolymere Cellulose, Hemicellulose, Stärke, Chitin und Lignin einen bedeutenden Forschungsschwerpunkt dar.

Aus Cellulose, dem am häufigsten vorkommenden Biopolymer, werden zum einen Produkte aus Regeneratcellulose (u. a. Fasern, Vliesstoffe, Folien, Schwämme, Membranen) und zum anderen vielfältig einsetzbare Cellulosederivate (Thermoplaste, Fasern, Filter, Klebstoffe, Bauhilfsstoffe, Bohrmittel, Hygieneprodukte, Pharmaka-Komponenten etc.) hergestellt. Auch Stärke gehört zu den unverzichtbaren Ressourcen mit langer Tradition. Einsatzgebiete von Stärke im Non-Food-Bereich sind Additive in der Papierherstellung, Baustoffe, Faserschichten, Klebstoffe, Fermentationen, Biokunststoffe, Reinigungsmittel sowie kosmetische und pharmazeutische Produkte.

Ausgehend von der möglichst ganzheitlichen stofflichen Nutzung der Biomasse wurden umfangreiche Kompetenzen zu Lignin als einem wertvollen Abfallprodukt der Zellstoffherstellung aufgebaut und der Einsatz von Rübenschnitzeln für die Polyurethanherstellung vorbereitet. Biobasierte Polymere aus biotechnologisch gewonnenen Monomeren wie Polylactid treten zunehmend in den Mittelpunkt.

Eine weitere Zielstellung der Biopolymerforschung im Fraunhofer IAP besteht in der Nutzung und Optimierung biotechnologischer Prozesse zur direkten stofflichen Verwertung von Biomasse durch Extraktion und Verarbeitung von Inhaltsstoffen aus Agrarprodukten.

Fasern, Folien und Nonwovens

Für die Herstellung von Fasern, Folien und Nonwovens werden spezielle Prozesse weiterentwickelt. In der Anwendung von Celluloseregenerat-Technologien stehen neben dem Viskoseverfahren umweltfreundliche Alternativen wie die Lyocell-Technologie und das Carbamatverfahren im Vordergrund. Als Erfahrungsträger der Viskosetechnologie steht das Institut bei Fragen zu Rohstoffeinsatz, Detailverbesserungen und

optimalem Chemikalieneinsatz zur Verfügung. Auf der Grundlage des umweltfreundlichen Lyocell-Verfahrens wurde im Fraunhofer IAP ein Blasextrusionsverfahren entwickelt, das die Herstellung von Wursthüllen, Verpackungsmaterialien oder Membranen ermöglicht. Cellulosefasern eignen sich aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften hervorragend für Vliesstoffe. Zusammen mit Industriepartnern wurde eine Lyocell-basierte Meltblown-Nonwovens-Technologie bis zur Überführungsreife entwickelt. Ein anderer vielversprechender Ansatz beruht auf hochkonzentrierten Systemen von Cellulosecarbammat in NMMO/Wasser bzw. in ionischen Flüssigkeiten, die der angestrebten Zielstellung der schmelzartigen Verarbeitung der Cellulose näher kommen. Auch die Verarbeitung von synthetischen Polymeren aus konzentrierten Lösungen nach verschiedenen Nassspinnverfahren gehört zu den Arbeitsrichtungen im Fraunhofer IAP. Die Verarbeitung schmelzbarer Polymere, insbesondere schmelzbarer Biopolymere, zu Fasern sowie auch nach der Meltblown-Technologie zu Vliesstoffen ist eine weitere Arbeitsrichtung, die in den letzten Jahren ausgebaut wurde.

Forschungsverbund »Biopolymere«

Der aus wissenschaftlichen Einrichtungen (Fraunhofer IAP, Universität Kassel, Universität Clausthal) und 15 integrierten Industrieunternehmen bestehende Forschungsverbund hat die nachhaltige Entwicklung, Optimierung und Verarbeitung natürlicher Basispolymere zum Ziel. Dabei wird die stoffliche Nutzung der Biomasse, die Herstellung von Materialien und Bauteilen aus nachwachsenden Rohstoffen weiter ausgebaut. Inhaltliche Schwerpunkte bilden die Nutzung von Lignin in duromeren Systemen, die Verbesserung der Materialeigenschaften von biobasiertem Polyamid, die Entwicklung von biogenen Additiven für thermoplastische Biopolymere, die Mikroverschäumung hydrophobierter Stärke, die Nutzung von Polyvinylacetat und dessen Derivaten in Cellulosefaser verstärkten Biocompositen, der Naturfaser-Spritzguss ohne thermoplastische Matrix und die Erhöhung der Thermostabilität cellulosischer Fasern. Der Verbund wird vom BMELV über dessen Projektträger, die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe FNR, gefördert.



1 Reactor for polysaccharid modification.

2 LC-MS-MS for identification and quantification of organic substances.

Neue Biokunststoff-Composite

Von besonderer Bedeutung sind hier biobasierte Matrixmaterialien wie PLA oder PHA, die die Möglichkeit bieten, komplett biobasierte und bioabbaubare Composite mit ausgezeichneten mechanischen und thermomechanischen Eigenschaften im Hinblick auf Gebrauchsgüter-Anwendungen herzustellen. Dabei wird angestrebt, die Defizite der Matrixmaterialien, wie geringe Schlagzähigkeit und Wärmeformbeständigkeit, bei gleichzeitiger Verbesserung von Festigkeit und Steifigkeit durch die Compoundierung mit Verstärkungsfasern im Mikrobereich zu beheben. Im Fraunhofer IAP wurden höherbelastbare Composite mit Cellulose regeneratfasern (Reifencord) als Verstärkungsfasern entwickelt, die in den Bereich der glasfaserverstärkten Kunststoffe und der Konstruktionspolymere vordringen sollen.

Für Stärke- und Celluloseester wurde die Wirkung nanoskaliger Verstärkungen, insbesondere nanoskaliger Schichtsilikate, intensiv untersucht. Auf Basis von Stärkemischestern wurden unter anderem Nanocomposite entwickelt, die sowohl eine Erhöhung von Festigkeit und Modul als auch eine verringerte Sprödigkeit, d. h. eine erhöhte Bruchdehnung erzeugen. Besonders hervorzuheben sind Nanocomposite auf der Basis von Estern mit hohem Propionat-, mittlerem Acetat- und geringem Laurat-Gehalt. Hier konnte die Schlagzähigkeit vervielfacht werden. Celluloseacetate konnten mit geeigneten Nanofüllstoffen ohne Weichmacherzusatz zu hochsteifen und hochfesten Spritzgussformkörpern mit ausgezeichneter Wärmeformbeständigkeit verarbeitet werden und eröffnen damit Einsatzmöglichkeiten in thermisch anspruchsvollen Anwendungen.

Entwicklungsarbeiten in der Polysaccharidchemie

Die heterogene und homogene Derivatisierung von Cellulose, Stärke und anderen Polysacchariden zur gezielten Einstellung gewünschter Produkteigenschaften stellt ein Gebiet dar, auf dem eine Reihe von Spezialprodukten für verschiedene Anwendungsfelder entwickelt werden. Verfahren zur Herstellung von perförmigen Trenn- und Trägermaterialien, neue Anti-Graffiti-Anstrichstoffe, Verdickungsmittel, Adsorber und Derivate für den Einsatz in der Medizin wurden bis zur Überführungsreife entwickelt. Durch die Erzeugung von spezifischen Substitutionsmustern kann das Eigenschaftsprofil der Endprodukte in weiten Grenzen variiert werden. Beispielsweise dienen in C_{2,3}-Position

substituierte Cellulosesulfate zur Verbesserung der Blutverträglichkeit, in C₆-Position substituierte Produkte für die Herstellung von Symplexmembranen oder Mikrokapseln. Die Arbeiten an neuen Derivaten sind in der Regel mit einer Prozessentwicklung gekoppelt, die bis in den Technikumsmaßstab (50 L-Reaktor) reicht. Die Erfahrungen aus der Cellulosechemie werden zunehmend auf Hemicellulosen, Stärke, Pektin, Chitosan und Hyaluronsäure übertragen. Eine von der FNR/BMELV geförderte Nachwuchsgruppe forscht über Synthese, Verarbeitung sowie Mikro- und Nanoadditivierung thermoplastischer Stärke- und Cellulosederivate mit dem Ziel, alternative biobasierte Commodity-, Konstruktions und Funktionsmaterialien mit einem breiten Eigenschaftsspektrum bereit zu stellen.

Entwicklung und Optimierung von Stärkeprodukten

Der Rohstoff Stärke bietet ein sehr vielfältiges Entwicklungspotenzial. Neben physikalischer, säure-hydrolytischer und enzymatischer Behandlung der Stärke gewinnt die chemische Derivatisierung zunehmend an Bedeutung. In Abhängigkeit von der molekularen Zusammensetzung hinsichtlich verzweigter und linearer Makromoleküle und Oligomere sind rheologische Eigenschaften, Retrogradation und Gelbildung einstellbar. Die Stärkeether nehmen ein breites technisches Anwendungsfeld ein. Mit zur Verfügung stehenden Reagenzien werden neutrale, kationische, anionische oder hydrophobe Substituenten mit DS-Werten von 0,01 bis ca. 1,5 eingeführt. Kationische Stärke mit niedrigen DS-Werten zwischen 0,01 und 0,1 zeichnet sich durch ihr Adsorptionsvermögen an Papierfasern aus. Bei DS-Werten über 0,3 bis 1,5 werden mit zunehmendem Substitutionsgrad Flockungseigenschaften erzeugt. Im Papierverbund der FNR/BMELV werden in enger Zusammenarbeit von PTS, Fraunhofer IAP und Firmen der Stärke- und Papierindustrie Entwicklungsziele verfolgt, die nicht nur die Qualität verschiedener Endprodukte verbessern, sondern auch die Ökonomie und Ökologie der Herstellungsverfahren einbeziehen. Stärkeprodukte mit einem Vermögen zur Bildung transparenter, flexibler und reißfester Schichten für wasserlösliche und wasserstabile Filme stellen die Ziele in weiteren Projekten dar.

FROM BIOPOLYMERS TO HIGH PERFORMANCE PLASTICS

At Fraunhofer IAP research activities concentrate on naturally synthesized biopolymers such as cellulose, hemicellulose, starch chitin and lignin which are available in nearly unlimited quantities. Cellulose is the most frequently occurring biopolymer and as a dissolving pulp, it is an important industrial raw material. It is processed into regenerated cellulose products such as fibers, nonwovens, films, sponges and membranes. It can also be processed into versatile cellulose derivatives, thermoplastics, fibers, filters, adhesives, building additives, hygiene products, pharmaceutical components, etc.

Starch is another indispensable resource with a long tradition. The substance's many functional properties make it suitable for use in the food sector and for technical applications. Non-food applications include additives for paper manufacturing, construction materials, fiber sizes, adhesives, fermentation, bioplastics, detergents, and cosmetic and pharmaceutical products. We have developed strong lignin competencies to further our aim of fully utilizing biomass for materials. We have also investigated the use of sugar beet pulp for polyurethane production. There is an increasing focus on bio-based polymers such as PLA, which are synthesized from biotechnologically produced monomers. Utilizing and optimizing biotechnology with the aim of directly applying the biomass by extraction and plant material processing are two further focuses of our biopolymer research.

Fibers, Films and Nonwovens

Special processes are being developed on a pilot plant scale for the production of fibers, films and nonwovens. In addition to the viscose process, environment-friendly alternatives, such as Lyocell technology and the carbamate process for the production of fibers, films and nonwovens, are being developed. As a viscose technology specialist, Fraunhofer IAP can provide assistance with raw material use, detailed improvements or optimum use of chemicals. We have developed a blown film process on the basis of the environment-friendly Lyocell process, which can be used to produce sausage casings, packaging materials and membranes. Cellulosic fibers are ideally suited to the production of nonwovens because of their unique properties. Together with industry partners,

Fraunhofer IAP developed a Lyocell-based melt-blown nonwoven technology. Another promising approach is based on highly concentrated systems of cellulose carbamate in NMMO/water or ionic liquids which is the subject of patent applications. Synthetic polymers are also involved in various wet fiber processing methods. A flexible and adjustable wet spinning technology is available.

Processing meltable thermoplastic polymers, especially meltable thermoplastic biopolymers, into fibers and nonwovens is a further field of activity which was started over the last few years.

Research network »Biopolymers«

The research institutes – IAP, University Kassel and University Clausthal and 15 industry companies have formed this research network to enhance the sustainable development, optimization and processing of native polymers. The substantial use of biomass and the processing of materials and components made from renewable resources is continuing to expand. Research topics include the use of lignin in thermoset material, the development of the material properties of bio-based polyamide using nano-additives and fiber reinforcement, the development of biogenic additives for thermoplastic biopolymers, the microfoaming of hydrophobic starch, the application of polyvinyl acetate and its derivatives in cellulose fiber reinforced bio-composites, the injection molding of cellulose fiber without thermoplastics and the increase of thermostability of cellulose fibers. The research network is funded by the Federal Ministry of Nutrition, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) via the Agency for Renewable Resources e.V. (FNR).

New bioplastic composites

Of special interest here are bio-based matrix materials such as PLA and PHA which offer the possibility of designing completely bio-based and biodegradable composites with excellent mechanical and thermo-mechanical properties for consumer goods applications. Deficits in the matrix materials, such as low impact strength and weak thermal stability, are overcome while at the same time strength and stiffness are

improved. Work is currently progressing on the development of high-strength composites that are reinforced with regenerated cellulose fibers (tire cord) and which are targeted at the glass fiber-reinforced plastics and engineering polymers sector.

In addition to composites containing micro-sized reinforcing fibers, the effects of nano-reinforcements, in particular nano-clays, has been studied in some detail for bio-based polymers such as starch and cellulose esters. Nanocomposites based on starch propionate were developed which have, along with increased strength and stiffness, a significantly reduced brittleness, i.e. increased elongation at break. Cellulose acetates, together with suitable nanofillers were suitable to be processed without plasticizers resulting in injection molded bodies with exceptional strength, modulus and thermal stability and thus offering possible uses in thermally demanding applications.

Developments in polysaccharide chemistry

Homogeneous and heterogeneous derivatization of cellulose, starch and other polysaccharides for creating the desired end product properties represents another field of specialty products for various applications. Developments like carrier materials in bead form, new anti-graffiti coatings, thickeners, adsorbents and special cellulose derivatives for application in medicine are ready for industrial usage. The property profile of the derivatives can vary greatly depending on the synthesis of specific substitution patterns. For example, cellulose sulfates substituted in the C_{2/3} position can be used to improve blood compatibility, while products substituted in the C₆ position are suitable for manufacturing symplex membranes or microcapsules. Another example of new cellulose derivatives is that of bi-functional mixed ethers. Work on new cellulose derivatives is generally coupled with process development with the possibility of up-scaling to pilot plant operation (50 L reactor). Experience gained in cellulose chemistry is now increasingly being applied to hemicelluloses, starches, pectins, chitosan and hyaluronic acid. A team of young scientists supported by FNR/BMELV is currently exploring the possibilities of synthesis, compounding and processing of thermoplastic starch and

cellulose derivatives in order to provide new bio-based commodity materials with a wide range of mechanical properties.

Development and optimization of starch products

The feedstock starch provides diverse development potential and optimization of modified starch for desired applications. Investigating new ways of starch modification and introducing these innovations into the starch industry and chemical production is one promising area of activity. Various methods are available to optimize the properties of starch. Structure and molecular composition can be altered by physical, enzymatic and chemical processing and by combining different processing principles. Biocatalysts not only hydrolyze starch but also have specific effects on debranching, prolonging chains and chemical modification. Rheological properties, retrogradation and gel formation can be adjusted by molecular composition of linear and branched macromolecules and oligomers. Starch ethers are becoming increasingly important. Neutral, cationic, anionic or hydrophobic substituents are introduced with available reagents to obtain DS-values ranging from 0.01 to 1.50. Cationic starch exhibits adsorption properties on paper pulp fiber with a low degree of substitution of between 0.01 and 0.1. Flocculation behavior is obtained at higher DS values of more than 0.3 to 1.5.

In the Paper Network formed by the German Renewable Resources Agency (FNR), Fraunhofer IAP is working closely with the Paper Technology Foundation (PTS) and a number of companies in the starch, paper, cardboard and corrugated board industries to enhance the quality of different end products, while also improving the economies of the production processes and ecology of paper factories. Transparent, flexible and tear-proof films, which are water soluble or water stable, are the goal of other projects. The thermoplastic processing of starch derivatives into new materials is receiving growing interest.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Celluloseprodukte

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

Verfahrensentwicklung

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

Stärkeprodukte

- Flockungsmittel zur Abwasserreinigung und Schlammwässerung
- Papier- und Textilhilfsmittel (Schlichten)
- umweltfreundlicher Klebstoff für Papiermaterialien
- Bindemittel für Gipskarton- und Mineralfaserplatten
- Stärkederivate in Kosmetik, Wasch- und Reinigungsmitteln
- hydrophobe Stärken für Dispersionsklebstoffe
- Klebemittel für Holzfasernplatten
- amphiphile Stärkederivate
- funktioneller Lebensmittelzusatzstoff: Dickungsmittel, Bindemittel und Gelbildner
- Stärkeether für Mikroverkapselung

- vernetzte Stärken
- Tablettierhilfsmittel, Mikroverkapselung für die Pharmaindustrie
- Stärkederivate zur Folienherstellung
- Stärkeester für Spritzgussanwendungen

Verfahrensentwicklung

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

Cellulosematerialien und Verfahrensentwicklung

Viskoseverfahren

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

Carbamatverfahren

- Synthese von Cellulosecarbamat
- Filamentgarne und Stapelfasern
- Spunlaid Nonwovens
- Hohlfasern, Schläuche, Folien
- Hochfestfasern und Nonwovens aus LC-System CC-NMMO-Wasser
- hochporöse Aerogel-Materialien (Dichte um 0,05 g/cm³)

Lyocell Verfahren

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

Verformung und Fällen unter starker Scherung

- Trenn- und Trägermaterialien
- Adsorbentien
- Fibride

Thermoplastische Verformung und Verbundmaterialien

- Polysaccharidblends und Hybridmaterialien
- Compoundierung von Kompositmaterialien
- Cellulosefaserverstärkte Thermoplaste
(www.neue-verbundwerkstoffe.de)
- Biokomposite
- Nanokomposite mit Polysaccharidbasierter Matrix

Cellulosische Verstärkungsfasern

- Naturfasern (Flachs, Hanf, Jute)
- Mercerisierung von Naturfasern
- Celluloseregeneratfasern

Rohstoffuntersuchung, Materialcharakterisierung und -prüfung

- Charakterisierung von nativen und modifizierten Biopolymeren wie Cellulose, Stärke, Heteropolysacchariden, Chitosan, Lignin
- Einsatzorientierte Prüfung
- Charakterisierung von Polymerlösungen (Molmassenverteilung, Rheologie)
- Materialprüfung von Fasern, Folien und Formkörpern
- chemisch-physikalische Charakterisierung von Polymeren
- Substitutionsgrade und -muster von Polysacchariden (u. a. NMR)
- Bestimmung der Emission flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) nach VDA 277
- Charakterisierung der Morphologie und der übermolekularen Struktur von Polymeren
- Charakterisierung von Poren und inneren Oberflächen
- Zusammenhänge zwischen Herstellungsbedingungen, Strukturen und Eigenschaften
- Stofftransport- und Trenneigenschaften von Membranen und Trägermaterialien
- chemische Analyse organischer und anorganischer Substanzen und Substanzgemischen

Kontakt Contact

Forschungsbereichsleiterin
Division director
Biopolymere
Biopolymers



Dr. Waltraud Vorweg

Telefon +49 331 568-1609
Fax +49 331 568-2609
waltraud.vorweg@iap.fraunhofer.de

Polysaccharidchemie
Polysaccharide chemistry

Dr. Bert Volkert

Telefon +49 331 568-1516
Fax +49 331 568-2616
bert.volkert@iap.fraunhofer.de

Stärke / Molekulare Eigenschaften
Starch / Molecular properties

Dr. Waltraud Vorweg

Telefon +49 331 568-1609
Fax +49 331 568-2609
waltraud.vorweg@iap.fraunhofer.de

Processing
Processing

Dr. Horst Ebeling

Telefon +49 331 568-1810
Fax +49 331 568-2508
horst.ebeling@iap.fraunhofer.de

Materialentwicklung und
Strukturcharakterisierung
Material development and
structure characterization

Dr. Johannes Ganster

Telefon +49 331 568-1706
Fax +49 331 568-2565
johannes.ganster@iap.fraunhofer.de

APPLICATIONS AND SERVICES

Cellulose products

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

Process development

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

Starch products

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

Process development

- enzymatic modification processes for the preparation of special products
- combination of enzymatic and chemical process steps
- process for production of bi-substituted starch derivatives
- reactive extrusion of starch

Cellulose materials and process development

Viscose technology

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

Carbamate technology

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

Lyocell technology

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

Shaping and precipitation in a strong shear field

- separating agents and carrier materials
- adsorbents
- fibrils

Thermoplastic molding and composite materials

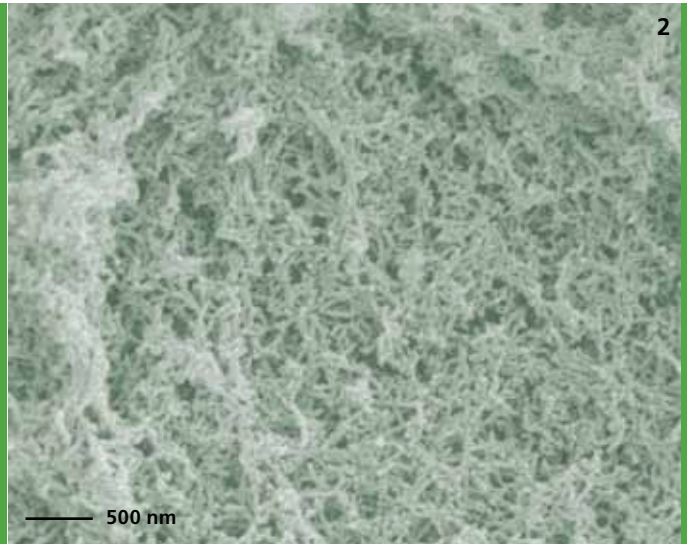
- polysaccharide blends and hybrid materials
- compounding of composite materials
- thermoplastics reinforced with cellulose fibers (www.new-composites.com)
- biocomposites
- nanocomposites with polysaccharide based matrix

Cellulose reinforcing fibers

- natural fibers (flax, hemp, jute)
- mercerization of natural fibers
- regenerated cellulose fibers

Feedstock analysis, material characterization and testing

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



Herstellung von stabilen Dispersionen mit Cellulosenanopartikeln

Die Nanotechnologie kann als Fortsetzung und Erweiterung der Mikrotechnik angesehen werden. Doch erfordert die Verkleinerung von Mikrostrukturen meist völlig neue, unkonventionelle Ansätze. Nanomaterialien können mit Hilfe von chemischen und mechanischen Methoden hergestellt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit bestand die Aufgabe, prinzipielle Wege der Bildung von nanostrukturierter Cellulose zu prüfen und die Eigenschaften der Produkte näher zu beschreiben. Nanoskalige Cellulosepartikel können in zwei Schritten dargestellt werden [1, 2]:

1. Chemische Vorbehandlung der Cellulose
2. Mechanische Behandlung mittels Ultra-Turax® und Microfluidizer®

Im Microfluidizer® erfolgt die Homogenisierung der Probe, wobei das zu verarbeitende Material unter hohem Druck (bis zu 2000 bar) durch eine Interaktionskammer geführt wird. Die Flüssigkeit strömt durch schmale Kanäle und erreicht lineare Geschwindigkeiten bis 1000 m/s, wodurch enorme Scherkräfte entstehen sowie eine enge Partikel- und Tröpfchengrößenverteilung gewährleistet ist.

Die Untersuchungen zeigten, dass eine Vorbehandlung wie Hydrolyse, Amorphisierung oder Derivatisierung erforderlich ist, um stabile Dispersionen darzustellen. Die erhaltenen Dispersionen mit einem Feststoffgehalt zwischen 0,5 und 3,0 Prozent (w/w) sind opalisierend und ohne den Zusatz von Schutzkolloiden stabil (Fig. 1). Es wurden Partikelgrößen von < 120 nm erhalten. Die mikrofibrilläre Struktur der verwendeten Cellulosen zeigte sich stark verändert (Fig. 2).

Interessante rheologische Effekte konnten bei einigen Dispersionen nachgewiesen werden. Diverse Proben mit oxidierte Cellulose, Carboxymethyl- (CMC) oder Methylcellulose (MC) zeigen thixotropes Verhalten (Fig. 3).

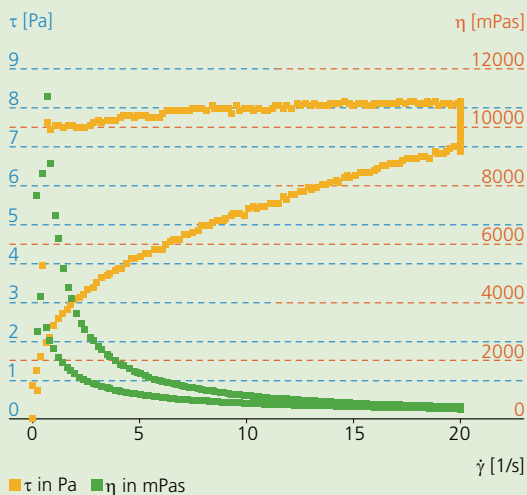
Rheologische Untersuchungen wurden auch durchgeführt, um die Redispersierbarkeit der Celluloseproben zu überprüfen. Dafür wurden ausgewählte Nanodispersionen mittels Gefrier-, Sprühtrocknung oder Lösungsmittelaustausch zunächst getrocknet, wieder in Wasser dispergiert und das resultierende rheologische Verhalten mit dem der Ausgangsdispersionen bei gleichem Feststoffgehalt verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Viskosität der Ausgangsdispersion wieder erreicht werden kann. Die Redispersion der Proben ist unabhängig vom verwendeten Material (oxidierte Cellulose oder CMC) und der eingesetzten Trocknungsmethode.

Aus nanoskaligen Cellulosedispersionen können leicht Filme hergestellt werden. Solche Filme sind als interessante Anwendung von Nanocellulose vorstellbar. In Abhängigkeit vom Charakter der Dispersionen können transparente und farblose Filme erhalten werden. Ein schichtartiger Aufbau der Filme konnte mittels REM nachgewiesen werden. Weitere Anwendungen der Nanocellulose sind vorstellbar, wie die Verstärkung der mechanischen Festigkeit von Papier, die Einstellbarkeit bestimmter Barriereigenschaften in Verpackungsmaterialien, die Verbesserung von Materialeigenschaften durch Zusatz in Polymerkompositen, als Hydrogel in pharmazeutischen und kosmetischen Formulierungen sowie als Viskositätsregulator in Lebensmitteln.

1 Nanoscaled dispersion with a solid content of one percent (w/w).

2 SEM image of nanoscaled cellulose dispersion.

3 Thixotropic behaviour of a CMC nanodispersion ($DS = 0.3$).



Preparation stable dispersion with cellulose nanoparticles

Nanotechnology can be described as the continuation and expansion of microtechnology. However, the miniaturization of the microstructure often demands completely new and unconventional approaches. Nanomaterials are produced using chemical or mechanical methods.

The focus of this study is to examine the way nanostructural cellulose is formed and to more precisely characterize the product's properties. Nanoscale cellulose particles are obtained through two different steps [1, 2]:

1. Chemical pre-treatment of the cellulose
2. Mechanical treatment with Ultra-Turax® und Microfluidizer®

The sample is homogenized in the Microfluidizer® and then, at high pressure (up to 2000 bars), is passed through an interaction chamber. The suspension flows through one or two small tubes and velocities of up to 1000 m/s are reached. Immense shear force is generated that results in a small particle and droplet size distribution.

The investigation revealed that a pre-treatment such as hydrolysis, decrystallization or derivatization is essential. The resulting nanoscale cellulose dispersions with a solid content of 0.5 to 3.0 percent (w/w) are opalescent and stable without protective colloids (Fig. 1). Particle sizes of < 120 nm are obtained. The microfibrillar structure of the cellulose used was changed significantly (Fig. 2).

An interesting rheological effect can be witnessed in some of the dispersions of nanocellulose. Different samples of oxidized cellulose, carboxymethyl cellulose (CMC) and methyl cellulose (MC) show thixotropic behavior (Fig. 3).

Rheological investigations are also carried out to test redispersability. To do this, some selected nanodispersions (oxidized cellulose and CMC) are dried using freeze drying, solvent exchange and spray drying processes. They are then redispersed in water and subsequently the rheological behavior of the redispersed samples is investigated and compared with the rheology of the initial dispersion. A viscosity nearly identical to that of the original samples is achievable regardless of the cellulose sample (oxidized cellulose or CMC) and the drying method.

The nanocellulose dispersions can form films very easily. Such film formation is one interesting application for nanocellulose. The films could be transparent and colorless depending on the properties of the dispersion. A layer-like structure of the film is determined by SEM.

Further nanocellulose application areas are imaginable e.g. to reinforce the physical stability of paper, to adjust certain barrier properties in packing materials and to improve material properties.

Kontakt Contact



Dr. Kay Hettrich

Telefon +49 331 568-1514
Fax +49 331 568-2507
kay.hettrich@iap.fraunhofer.de

Dr. Bert Volkert

Telefon +49 331 568-1516
Fax +49 331 568-2616
bert.volkert@iap.fraunhofer.de

Kooperation Collaboration

– Dow Wolff Cellulosics GmbH

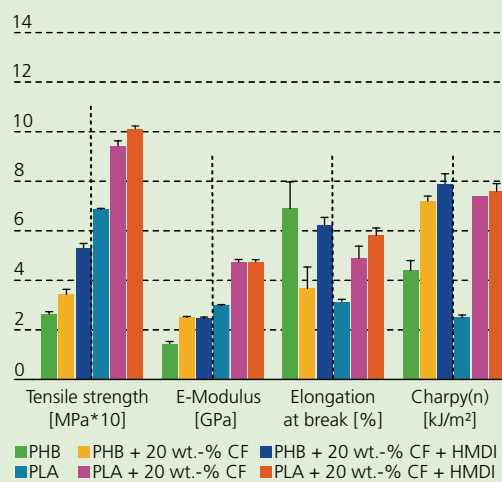
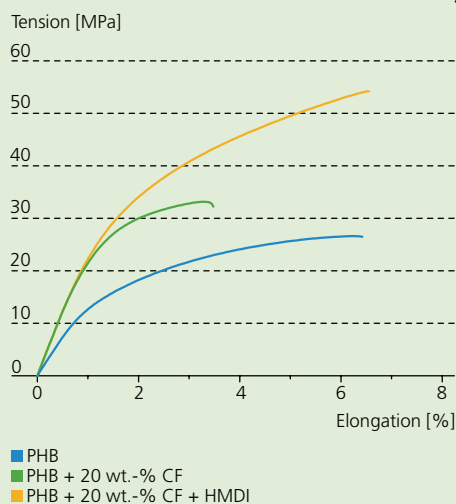
Literatur Literature

[1] J. Engelhardt, S. Fischer, K. Hettrich, V. Kriegisch, C. M. Krüger, K. Nachtkamp, M. Pinnow: *Nanoparticles of slightly oxidized Celluloses*, WO 2009021688

[2] J. Engelhardt, S. Fischer, K. Hettrich, C. M. Krüger, K. Nachtkamp, M. Pinnow: *Nanoparticles of slightly oxidized Celluloses*, WO 2009021687

1 Influence of fiber reinforcement and improved fiber-matrix adhesion on the tension-elongation behavior during tensile tests.

2 Influence of fiber reinforcement and improved fiber-matrix adhesion on the mechanical properties of different biocomposites.



Biokomposite mit optimierter Haftvermittlung

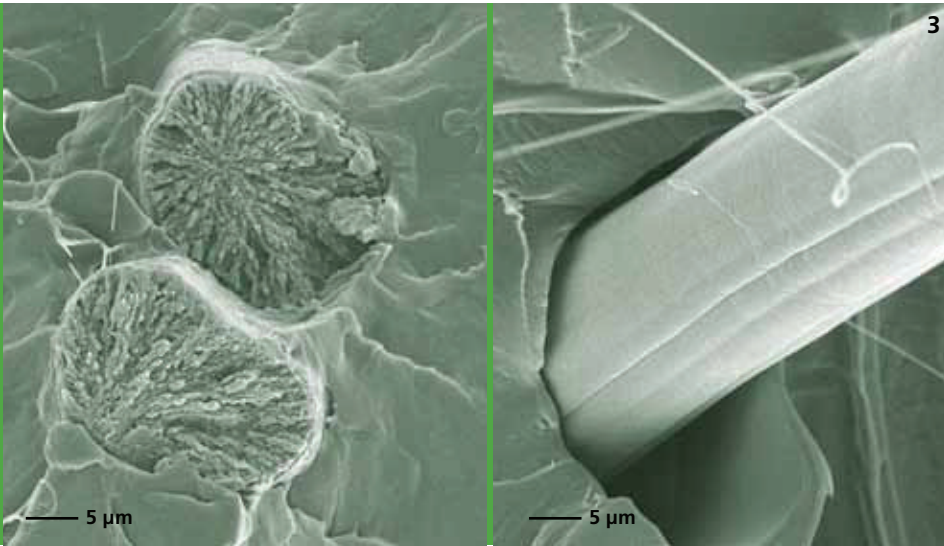
Biobasierende und bioabbaubare Polymere wie Polylactid (PLA) und Polyhydroxybutyrat (PHB) erlangen zunehmende Bedeutung als ökologische Alternative zu Polymeren aus fossilen Rohstoffen. Ein Ziel der anwendungsorientierten Forschung ist es daher, für diese Biopolymere technische Anwendungen z.B. in der Automobilindustrie zu erschließen, um etablierte petro-basierte Materialien wie Polymerblends aus PC und ABS sowie kurzglasfaserverstärktes Polypropylen in zunehmendem Maße zu substituieren. Zwar werden die hohen Materialanforderungen z. B. von nativen PLA nur teilweise erfüllt, jedoch können durch Einarbeitung von biobasierten cellulosischen Verstärkungsfasern (Reifencord) die mechanischen Eigenschaften auf ein zufriedenstellendes Niveau angehoben werden, wobei der Komposit vollständig biobasiert bleibt [1].

Um das verstärkende Potenzial der cellulosischen Fasern (CF) voll auszuschöpfen, ist eine hinreichende Haftung zwischen Faser und Matrix anzustreben, die aufgrund der unterschiedlichen Polarität von PLA bzw. PHB und der cellulosischen Faser sowie den schwachen physikalischen Wechselwirkungskräften, nicht gegeben ist. Da für diese Materialsysteme keine kommerziellen Haftvermittler zur Verfügung stehen, wurden eigene Lösungsansätze verfolgt.

PLA (NatureWorks® 7000D) bzw. PHB (Biomer® P226) und die cellulosischen Fasern (Cordenka® RT 700) wurden im 120 g Maßstab in einem Knetter compounding, anschließend granuliert und zu Norm-Prüfkörpern verspritzt. Die mechanische bzw. strukturelle Charakterisierung der Komposite erfolgte anhand von Kennwerten aus dem Zug- und Kerbschlagversuch bzw. mittels rasterelektronenmikroskopischer (SEM) Bruchbildanalyse.

Die erfolgreichste Strategie Polymer und Faser miteinander zu kompatibilisieren bestand darin, während der Compounding ein Masseprozent eines bifunktionalen, linearen Isocyanates (HMDI) einzuarbeiten. Das hochreaktive HMDI fungiert dabei als chemisches Bindeglied zwischen den Hydroxylgruppen der Cellulosefaseroberfläche und den Endgruppen der PLA- bzw. PHB-Matrixmoleküle. Durch eine Additionsreaktion entstehen in genügend hoher Anzahl kovalente Bindungen zwischen Faser und Matrix, die in Folge einer von außen einwirkenden mechanischen Beanspruchung ursächlich für einen effektiveren Spannungstransfer sind. Dieser Effekt spiegelt sich im Spannungs-Dehnungs-Verhalten der Komposite wieder (siehe Fig. 1). Der Komposit mit optimierter Haftvermittlung leistet einen erheblich höheren mechanischen Widerstand gegenüber der aufgetragenen Deformation. Kennzeichnend hierfür ist eine Zunahme der Zugfestigkeit und Bruchdehnung, während die Kompositsteifigkeit (E-Modul) wie erwartet unbeeinflusst bleibt (Fig. 2). Die Verbundschlagzähigkeiten (Charpy (n)) ändern sich nur unwesentlich, obwohl unterschiedliche Mechanismen einen Beitrag zur Schlagzähigkeit leisten. Während im System mit optimierter Haftvermittlung die Schlagenergie überwiegend durch Faserdeformation und -bruch dissipiert wird, ist es im unmodifizierten System der Mechanismus der Grenzflächenseparation mit anschließenden reibungsintensiven Faserauszug (Fig. 3).

Es ist gelungen eine effiziente Methode zur Kompatibilisierung von biobasierten Polyestern wie PLA bzw. PHB und cellulosischen Fasern in entsprechenden Kompositen zu erschließen.



3 SEM fracture surface micrographs after tensile tests: Cellulose fiber reinforced PLA with (left) and without (right) HMDI resulting in excellent and weak fiber-matrix adhesion, respectively.

Biocomposites with improved adhesion

Bio-based and bio-degradable polymers like polylactide (PLA) and polyhydroxybutyrate (PHB) are becoming increasingly more prevalent as ecological alternatives to polymers made from fossil resources. Therefore one of the aims of applied research is to discover technical applications for these biopolymers in, for example, the automotive industry as a replacement for established petroleum-based materials such as polymer blends made from PC and ABS, as well as short glass fiber reinforced polypropylene. Even though the high material requirements of native PLA are only partially met, the mechanical properties, for example, can be satisfactorily improved by incorporating bio-based cellulose reinforced fibers (tire cord type). The composite, however, remains completely bio-based.[1].

An adequate adhesion between fiber and matrix should be striven for in order to fully exploit the reinforcing potential of the cellulose fibers (CF). This adhesion does not exist due to the extremely different polarities of PLA or PHB and the cellulose fibers and to the weak physical interactive forces. Since there are no commercial coupling agents available for these material systems, we looked for our own solutions.

PLA (NatureWorks® 7000D) or PHB (Biomer® P226) and the cellulose fibers (Cordenka® RT 700) were compounded on a 120 g scale in a kneader. Afterwards they were granulated and injection molded into standardized test specimens. The composites were characterized mechanically and structurally using the specific values from the tensile test and Charpy notched impact test, or using a scanning electron microscope (SEM) fracturing analysis.

During the compounding, the most successful strategy for compatibilizing the polymer and the CF with one another was to incorporate a mass percentage of a bi-functional, linear isocyanate (HMDI). The highly-reactive HMDI acts as a chemical linker between the hydroxyl groups of the cellulose fiber surface and the end groups of the PLA or PHB matrix molecules. A sufficiently high number of covalent bonds are created between the fiber and the matrix by addition reaction. These produce a more effective stress transfer as a result of external mechanical stress. This effect is reflected in the stress-strain behavior of the composites (see Fig. 1). The composite with optimized adhesion produces a considerably higher mechanical resistance to the induced deformation. Characteristic of this is an increase in tensile strength and elongation at break with the composite's stiffness (E-Module) remaining unaffected as expected (Fig. 2). The composite's impact strength (Charpy (n)) exhibits only slight changes even though different mechanisms contribute to the impact strength. While the impact energy in a system with optimized adhesion is absorbed mainly through fiber deformation and breakage, this is done in the unmodified system through interface delamination with subsequent friction-intensive fiber pull-out (Fig. 3).

In the course of this research an efficient method has been successfully developed for compatibilizing bio-based polyester such as PLA or PHB and cellulose fibers in relevant composites.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. Jens Erdmann

Telefon +49 331 568-1252
 Fax +49 331 568-3815
 jens.erdmann@iap.fraunhofer.de

Dr. Johannes Ganster

Telefon +49 331 568-1706
 Fax +49 331 568-2520
 johannes.ganster@iap.fraunhofer.de

Literatur Literature

[1] H.-P. Fink, J. Ganster: *Novel Thermoplastic Composites from Commodity Polymers and Man-Made Cellulose Fibers*, Macromol. Symp., 244, 107-118 (2006)



1 Cryo-SEM micrograph of the inner surface of an opened air pore (diameter 66 µm) covered with a skin of methylcellulose in a cementitious mortar.

2 ²⁹Si-NMR investigation of the CSH-phase. Kinetics of the silicon hydration of a cementitious mortar without (yellow, red, blue) and with cellulose ether additives (two different degrees of substitution).

3 Kinetics of the portlandite phase formation. Effect of MC additives on the hydration at T = 30 °C as determined through X-ray scattering.

Celluloseether in zementbasiertem Mörtel – Porenstruktur und Abbindekinetik

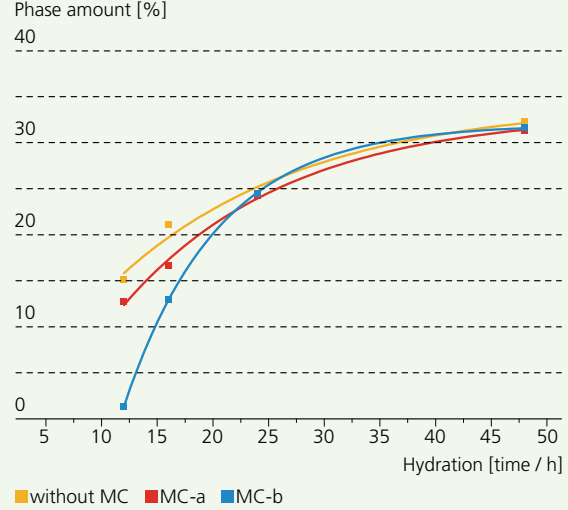
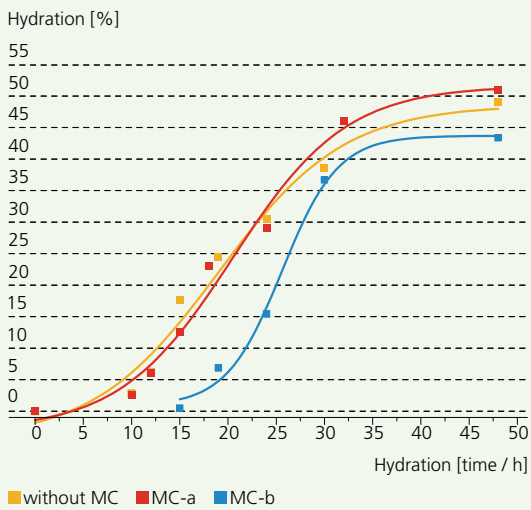
Die Applikationseigenschaften von zementbasierten Fliesenklebern werden durch den Zusatz von Methylcellulosen (MC) eingestellt. Die Wirkung dieser Celluloseether beruht auf deren amphiphilen Eigenschaften sowie auf dem hohem Wasserrückhaltevermögen. Dadurch werden einerseits beim Anrühren Luftporen gebildet und stabilisiert, die die Verarbeitungseigenschaften bestimmen, und andererseits wird das Austrocknen des Dünnbettmörtels verhindert. Damit wird ganz entscheidend die Kinetik des Abbindens beeinflusst.

Die Porenstruktur wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) abgebildet und mittels Quecksilberporosimetrie (MIP) quantifiziert. Das Wachstum der amorphen Calcium-Silikat-Hydrat (CSH)-Phase wurde mittels ²⁹Si-Festkörper-Kernmagnetresonanz (NMR) untersucht; das Wachstum der kristallinen Phasen (Ettringit, Calcit, Alit, Belit, hier insbesondere Portlandit: CaOH) mittels Röntgenweitwinkelstreuung (RWWS).

Die Proben wurden nach einheitlicher Vorschrift und Rezeptur hergestellt und nach einer vorgegebenen Abbindezeit in Flüssigstickstoff eingefroren. Für die NMR- und RWWS-Untersuchungen wurden die Proben gefriergetrocknet, anschließend im Vakuumtrockenschrank konserviert und vor der Messung zu Pulver gemahlen. Für die Aufnahmen mittels Kryo-REM wurden die Proben im gefrorenen Zustand gebrochen, das Wasser aus den Poren vollständig sublimiert und im gefrorenen Zustand (-160 °C) bei 5 kV untersucht.

Die Aufnahme im Kryo-REM (Fig. 1) zeigt einen Bruch mit einer geöffneten Luftpore (Durchmesser 66 µm) im initialfeuchten, eingefrorenen Zustand. Die innere Oberfläche der Pore ist vollständig mit einer Haut bedeckt, die die Gefügestruktur des Mörtels vollständig abdeckt. Sie wird von der gelösten Methylcellulose gebildet und stabilisiert die Luftporen, die entsprechend den MIP-Untersuchungen mit 270 mm³/g das dreifache kumulative Volumen von Proben ohne MC bilden. Die Bildung der CSH-Phase wurde aus NMR-Spektren bestimmt, indem die Flächen der gefitteten Gaußpeaks des hydratisierten Siliziums summiert und zur Gesamtfläche des Siliziums in der Calcium-Silikat-Phase des Klinkers in Relation gesetzt wurden. Figure 2 zeigt die Bildung der CSH-Phase bei Raumtemperatur im Verlauf von 48 Stunden. Die Kinetik der Hydratation ist durch den Zusatz von MC-b (niedriger Substitutionsgrad DS) deutlich verzögert. Aus den Röntgen-Diffraktogrammen wurden mit Hilfe des Rietveld-Verfahrens die kristallinen Phasenanteile der nach der Hydratationszeit noch vorhandenen Klinkerphasen Alit, Belit sowie die gebildete Hydratphase Portlandit quantifiziert. Figure 3 zeigt die Anfangsverzögerung in der Kinetik der Portlanditbildung bei T = 30 °C beim Zusatz von MC-b.

Die eingesetzten Methoden liefern umfassende, sich ergänzende Informationen zur Morphologie und Phasenkinetik beim Abbinden von hydraulischen Bindemitteln. Durch weitere Untersuchungen im Temperaturbereich von -12 °C bis +40 °C bei Abbindezeiten bis zu 28 Tagen konnte die Wirkung von MC-Additiven mit unterschiedlichen Substitutionsgraden aufgezeigt werden.



Cellulose ether in cementitious mortar – pore structure and setting kinetics

The properties of cementitious tile adhesives are determined by adding methylcellulose (MC). The amphiphilic properties of the cellulose ethers are what cause the formation and stabilization of air pores during the mixing procedure. The pore structure of the tile adhesive determines the processing properties and how well the tiles adhere to the wall. The high solubility of MC in water and its high retention of water prevents the tile adhesive from drying quickly and therefore affects the setting kinetics of the cementitious phases.

The quality of the pore structure was determined using cryo-scanning electron microscopy (Cryo-SEM) and quantified using mercury intrusion porosimetry (MIP). The time-dependent growth of the amorphous calcium silicate hydrate phase (CSH) was examined using ²⁹Si-solid state nuclear magnetic resonance (NMR) and the kinetics of the crystalline phases (ettringite, calcite, alite, belite and here especially portlandite (CaOH)) were analyzed using wide angle X-ray scattering (WAXS).

The samples were prepared according to a standard operation procedure and subsequently frozen in liquid nitrogen after a defined setting time. Before the NMR and WAXS investigations, the samples were freeze dried, stored in a vacuum drying oven to stop the setting process and finally ground to a fine powder. In the Cryo-SEM studies, the frozen samples that had never been dried were fractured in a vacuum. Water was subsequently completely sublimated out of the pores and then the samples were examined in a frozen state (-160 °C) at 5 kV.

The Cryo-SEM micrograph (Fig. 1) shows, in a frozen state, a fracture through an air pore measuring 66 µm in diameter. The inner surface of the pore is covered with a skin which completely masks the grain structure of the mortar. This skin is formed by the swollen MC and stabilizes the air pores. The volume of air pores was estimated to be 270 mm³/g according to the MIP investigation, a value three times higher than that for the mortar without MC. The formation of the CSH-phase was determined from the NMR-spectra by totaling the area of the Gauß-fitted peaks of hydrated silica and comparing this to the total amount of silica in the calcium silicate phase of the mortar. Figure 2 depicts the formation of the CSH phase at room temperature for up to 48 hours. The kinetics of the CSH formation is delayed considerably with the addition of MC-b (a methylcellulose with a low degree of substitution (DS)). The relative fractions of the crystalline phases were quantified by analysing the scattering curves for various setting times using the Rietveld method. Figure 3 shows the kinetics of portlandite formation at 30 °C for up to 48 hours. The additive MC-b causes a delay in the portlandite formation with respect to MC-a and the mortar without an additive.

The applied and adapted methods permit a complementary view and a deeper insight into the morphology and kinetics of phase formation during the setting of hydraulic adhesives. Further investigation of the kinetics in the temperature range of -12 °C to +40 °C and up to a setting time of 28 days revealed the impact of MC additives with different degrees of substitution.

Kontakt Contact



Dr. Manfred Pinnow

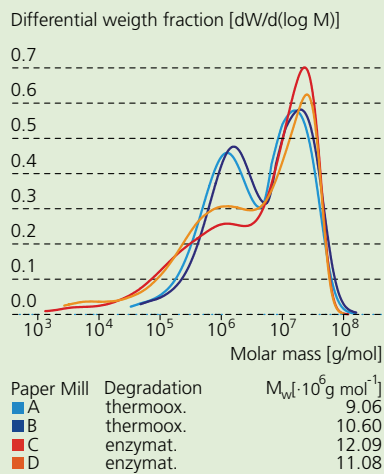
Telefon +49 331 568-1814

Fax +49 331 568-3000

manfred.pinnow@iap.fraunhofer.de

Kooperation Collaboration

– Dow Construction Chemicals



- 1 Molar mass distribution curves of wheat starch sizing solutions.
- 2 Contact angle measurement: top hydrophobic OSA starch with $DS = 0.05$ and bottom cationic oxidized potato starch without hydrophobic substitution.
- 3 Investigation of ink penetration: top: reference with $D = 1.9$, bottom: paper with OSA-starch and $D = 2.4$.

Optimierte Stärke für die Oberflächenleimung von Papier

Etwa 60 Prozent der insgesamt in der Papierindustrie eingesetzten Stärke kommen zur Veredelung der Papieroberfläche in der Oberflächenleimung zur Anwendung. Dazu wird der Stärkeleim in der Trockenpartie mittels einer Leim- oder Filmpresse auf das Rohpapier aufgetragen. Während der Trocknung bildet sich eine dünne, glatte Stärkeschicht auf der Papieroberfläche aus. Lose Fasersegmente und Füllstoffe in der Papiermatrix werden dadurch gebunden. Die Festigkeit, die Steife und Dimensionsstabilität und auch Bedruckbarkeit des Papiers wird außerdem verbessert.

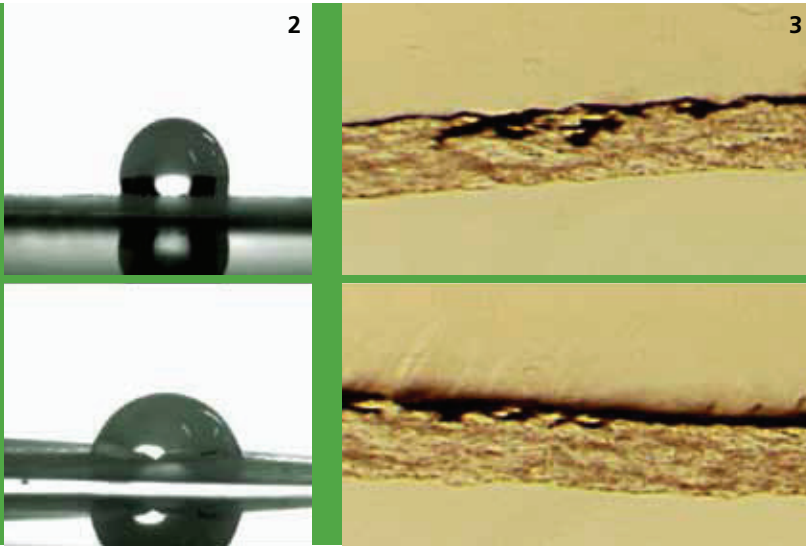
Optimale molekulare Zusammensetzung

Die molekulare Zusammensetzung des Stärkeprodukts wird durch enzymatischen oder thermo-oxidativen Abbau optimiert und wird für jede Papierfabrik der dortigen Konstellation angepasst. Für den Erhalt der Bindekraft ist eine möglichst hohe Molmasse erforderlich, wobei eine partielle Penetration der Stärke in die Papiermatrix erwünscht ist. Hohe Feststoffgehalte sind von Vorteil, damit bei der Trocknung weniger Wasser verdunstet werden muss. Je größer die Molmasse ist, desto geringer ist jedoch der erreichbare Feststoffgehalt der Lösung. Die hohen Maschinenlaufgeschwindigkeiten erfordern temperaturabhängig eine Lösungsviskosität zwischen 10 und 100 mPas bei Feststoffgehalten zwischen 4 und 15 Prozent.

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Stärke- und Papierindustrie mit der PTS und dem Fraunhofer IAP [1] wurde die optimale Zusammensetzung von Oberflächenstärken für die Leimpresse für verschiedene Papierfabriken ermittelt. In Fig. 1 wurden typische Molmassenverteilungen von Weizenstärke nach enzymatischem und thermo-oxidativem Abbau dargestellt. Der hochmolekulare Anteil der Stärke mit Molmassen zwischen 10^7 und 10^8 g/mol erzeugt die notwendige Bindekraft, während sich der niedermolekulare Anteil wesentlich für die Penetration in das Papier verantwortlich zeichnet. Untersuchungen zur Lagerstabilität der Stärkelösungen führten zu Empfehlungen, die Lösungen möglichst bei Konzentrationen unter 15 Prozent Feststoffgehalt und bei Temperaturen um 70°C zu lagern. Höhere Lagertemperaturen führten zu einem Abbau der Stärkepolysaccharide, während tiefere Temperaturen und höhere Konzentration eine Retrogradation mit Viskositätszunahme der Stärkelösungen zur Folge hatten. Die Untersuchung der retrogradierten Partikel zeigte, dass diese nach thermo-oxidativem Abbau vorwiegend aus abgebauter Amylose bestanden. Nach enzymatischem Abbau retrogradierte bei längerer Lagerung auch abgebautes Amylopektin.

Verbesserung der Bedruckbarkeit und Feuchtigkeitsempfindlichkeit

Für die Bedruckbarkeit muss die Papieroberfläche hydrophil sein, um den Wasseranteil der Farbe aufzunehmen, und auch hydrophob genug, um die Spreitung der Tinte zu begrenzen. Durch Anwendung hydrophober Stärkeether oder -ester [2] wurden Cobb-Werte unter 20 g/m^2 erreicht. Der Effekt wurde durch Kontaktwinkelmessung verdeutlicht (Fig. 2). Die Werte der Farbdichte waren größer als zwei. In Fig. 3 ist das Verlaufen der Drucktinte in das Innere des Papiers durch Untersuchung der Bruchfläche zu erkennen (oben), welches bei einem mit OSA-Stärke behandelten Papier nicht beobachtet wurde (unten).



Optimized starch for surface sizing of paper

About 60 percent of the total starch used in the paper industry is for surface sizing to refine the surface of the paper. To do this, the sizing solution is applied to the paper surface using a sizing press or film press. During the drying procedure a thin flat layer is formed on the paper surface. Loose fiber segments and loose fillers are bound to the paper web, enhancing the paper's strength and stiffness and improving dimensional stability and offset printability.

Optimized molecular composition

The molecular composition of the starch product is optimized by enzymatic or thermooxidative degradation and is adjusted to the actual configuration of each paper mill. A high molar mass is essential for maintaining binding power whereas a partial penetration of the starch into the paper web is desired. A high solids content is advantageous so that less water has to be evaporated during drying. But the higher the molar mass the lower the achievable solids content. The high machine speeds require solution viscosities of between 10 and 100 mPas and a solids content of between 4 and 15 percent depending on temperature.

In a joint research project carried out by the starch and paper industry, the PTS and Fraunhofer IAP [1], the optimal composition of surface starches for sizing press was established for several paper mills. Fig. 1 shows typical molar mass distribution curves of wheat starch sizing solutions produced by enzymatic or thermooxidative degradation. The part of the starch with a high molar mass of between 107 and 108 g·mol⁻¹ generates the high binding power whereas the part with a low molar mass is mainly responsible for penetration into the paper web. Investigation of the storage stability of the starch solutions led to recommendations to store the solutions preferably at concentrations of below 15 percent solids content and at temperatures around 70 °C. Higher storage temperatures caused the degradation of the starch polysaccharides whereas lower temperatures and higher concentrations enhanced retrogradation and increased viscosity. An examination of the retrograded particles showed that they predominantly consisted of amylose after thermooxidative degradation. Enzymatic degradation and longer storage time resulted in additional amylopectin retrogradation.

Improvement of printability and water sensibility

Printing on paper requires the paper surface to be hydrophilic so that it can absorb the water from the ink. On the other hand, the surface has to be water-repellent to prevent the dissemination of the ink. By applying hydrophobic starch ethers and esters [2] Cobb-values lower than 20 g/m² were reached. This effect was made clear through contact angle measurement (Fig. 2). The ink density was higher than two. In Fig. 3 the printing ink penetrates into the interior of the paper web at the fractured surface of the paper (top). This penetration was prevented by sizing the paper surface with OSA-starch (bottom).

Kontakt Contact



Dr. Sylvia Radosta

Telefon +49 331 568-1608

Fax +49 331 568-3116

sylvia.radosta@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
- Unternehmen der Stärke- und Papierindustrie

Kooperation Collaboration

- Papiertechnische Stiftung, Heidenau
- Emslandstärke GmbH, Emlichheim

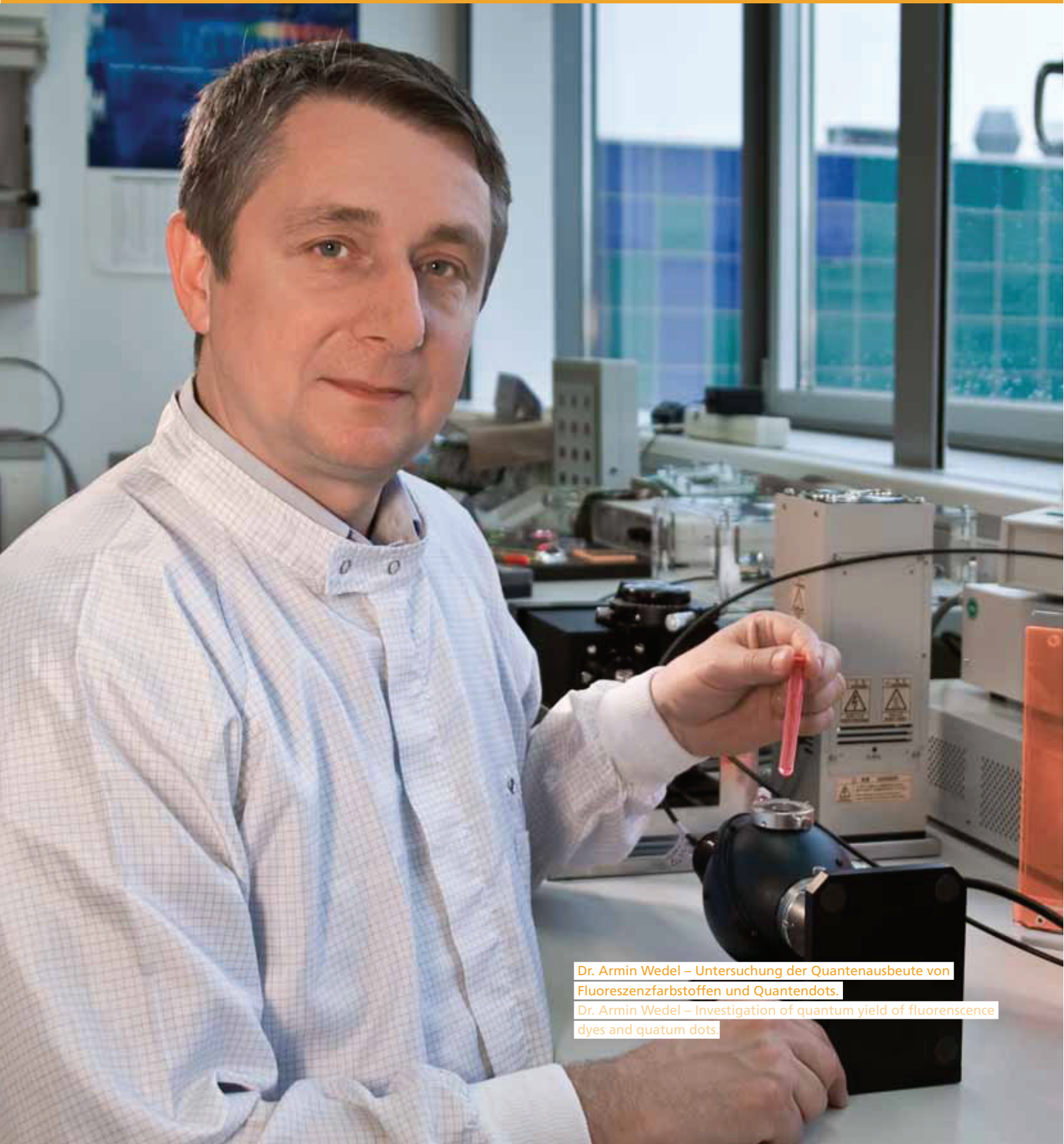
Literatur Literature

[1] »Einfluss produktimmanenter und verfahrenstechnischer Parameter beim Aufschluss und bei der Verarbeitung von Stärke für die Herstellung von oberflächengeleimtem Papier und Karton unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren Lagerstabilität / Retrogradation und Penetrationsverhalten«, FNR-Forschungsbericht zum FKZ 22000202, (2008)

[2] K. Hettrich, W. Vorweg, K. Woll, J. Dijksterhuis: *Hydrophobierung von Stärke und Stärkederivaten durch Reaktion mit Alkenylsäureanhydriden in wässrigen Salzlösungen*, WO 2008/095654, (2008)



pioneers in polymers



Dr. Armin Wedel – Untersuchung der Quantenausbeute von
Fluoreszenzfarbstoffen und Quantendots.

Dr. Armin Wedel – Investigation of quantum yield of fluorescence
dyes and quantum dots.

FUNKTIONALE POLYMERSYSTEME

FUNCTIONAL POLYMER SYSTEMS

- 48 Wachsame Fensterscheiben**
Functional layers for smart windows
- 50 Die fadenförmige OLED**
The filamentary OLED
- 52 Thermotrope Materialien –
Phasenseparation vs. Phasenübergang**
Thermotropic materials – phase separation
vs. phase transition
- 54 Flexible OLEDs sicher verpackt**
Package for long life – flexible OLEDs
- 56 Ein Material, mit dem Licht spielen kann:
Mikroreliefs in azobenzehaltigen Materialien**
A material playing with light:
microrelief in azobenzene containing materials
- 58 Farbige Flüssigkristalle**
Colored Liquid Crystals
- 60 Nanophotonik für die Alzheimer Diagnostik**
Nanophotonics for Alzheimer's disease
diagnosis

FUNKTIONALISIERTE MATERIALIEN – DIE ANWENDUNGEN WERDEN IMMER VIELFÄLTIGER!

OLED, OFET, OPV und Energiespeicher

Das Fraunhofer IAP entwickelt kundenspezifische Anwendungen im Bereich der organischen Leuchtdioden (OLED), der organischen Photovoltaik (OPV), der organischen Elektronik und der Sensorik. Die Basistechnologien für die Herstellung von OLEDs sind weitestgehend bekannt. Die Herausforderungen bestehen aber in der geometrischen Strukturierung der OLEDs, in der Erhöhung der Effizienz, der Leuchtstärke und der Verlängerung der Lebensdauer. Die Strukturierung wird über photolithographische Schritte in der Schichtenfolge oder durch eine strukturierte Abscheidung der Materialien in Kombination mit strukturierten Elektroden erreicht. Gegenwärtig werden weltweit verschiedene Druckverfahren zur Herstellung von OLEDs auf Basis von Polymeren evaluiert. Während sich Verfahren wie der Sieb- und Gravurdruck für diese Anwendung noch im Entwicklungsstadium befinden, ist die Entwicklung im Bereich des Ink-Jet-Drucks schon weiter fortgeschritten.

Die Vorteile der OPV liegen insbesondere in der Möglichkeit, sie flexibel, großflächig, leicht sowie massenproduktions-tauglich und sehr preiswert herzustellen. Die OPV eignet sich wie auch andere organische Bauelemente zum Einsatz in mobilen Geräten und Anlagen. Gerade durch die Kombination von OPV, OLEDs, organischer Elektronik, Sensorik und Energiespeichertechnologien ergeben sich neue mobile Anwendungsmöglichkeiten.

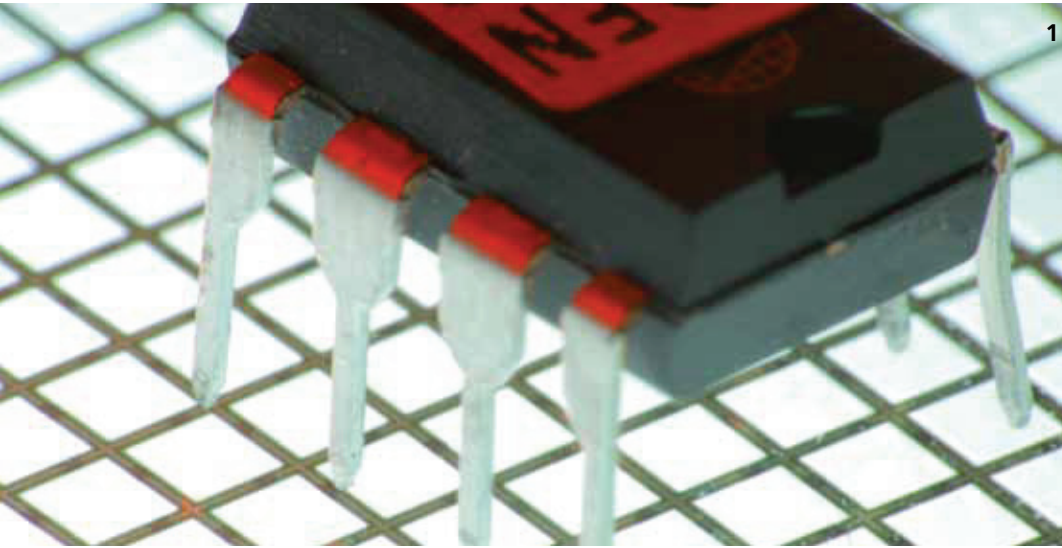
Aufgrund des Potenzials, neue Funktionen wie Flexibilität und Transparenz zu ermöglichen, werden für den Markteintritt solcher Systeme insbesondere Anwendungen in den Bereichen Architektur, Life Science und Bekleidung gesehen. Bei der Realisierung solcher integrierten Systeme von OPV, OLED, organischer Elektronik, Sensorik und Energiespeichertechnologien existieren bislang folgende Probleme: Derzeit werden die einzelnen Elemente mit Verfahren hergestellt, die noch nicht produktions-tauglich sind. Diese Bauelemente werden meist nur einzeln betrachtet und separat hergestellt. Im Vordergrund stehen ausschließlich die Steigerung der Effizienz sowie die Erhöhung Lebensdauer.

Das Ziel der Arbeiten besteht im Augenblick darin, intelligente Systeme in den Anwendungsbereichen Life Science, Textil und Architektur bestehend aus einer Kombination von OPV, OLED, organischer Elektronik, Sensorik und Energiespeichertechnologien zu entwickeln. Dazu werden prototypische Produktideen und produktionstechnische Konzepte entwickelt. Es werden sowohl vorhandene Materialien und Komponenten verwendet als auch neue Materialentwicklungen angestrebt. Die Forderungen nach flexibel, großflächig, leicht und massenproduktions-tauglich sollen zukünftig von einem Sheet-to-Sheet Prozess in einem Rolle-zu-Rolle-Prozess auf Folie umgesetzt werden.

Der Feldeffekttransistor ist ein Grundbauelement der Elektronik. OFETs sind Bauelemente, die als Halbleiter ein organisches Material nutzen. Zu den einfachen elektronischen Schaltungen zählen Logikschaltungen, Oszillatoren und Verstärkerschaltungen. Zu den Entwicklungsaufgaben gehören die Entwicklung spezifisch aufeinander abgestimmter organischer Materialsysteme, die aus einem organischen Halbleiter und einem polymeren Dielektrikum bestehen. Weitere Anforderungen sind die Verarbeitbarkeit aus der Lösung an Luft und die Verbesserung der Performance auf flexiblen Trägern. Dazu ist es unbedingt erforderlich, einen großen Teil der Entwicklungsarbeiten in das Zusammenspiel zwischen organischen Halbleitern und organischen Dielektrika aufzuwenden. Der organische Halbleiter und das organische Dielektrikum müssen daher gemeinsam als System betrachtet und entwickelt werden. Durch die Entwicklung und Umsetzung neuer Synthesekonzepte von konjugierten halbleitenden Polymeren konnten OFETs mit hohen Ladungsträgermobilitäten aufgebaut werden.

Thermochrome Materialien

Auch Farben können als Sicherheitsmerkmal genutzt werden. Erfahrungsgemäß ist die Farbe eines Materials unabhängig von dessen Temperatur. Nur wenige, sogenannte thermochrome Materialien, zeigen kontinuierliche oder sprunghafte Farbwechsel infolge von Temperaturänderungen. Diese können sowohl reversibel als auch irreversibel erfolgen und erschließen neue Anwendungen auch in der Sicherheitstechnik. Bei thermochromen Polymerwerkstoffen lassen sich temperaturgesteuert sowohl die Farbintensitäten schalten



1

1 Conventional silicon based electronics will be connected with new developed organic based electronics.

als auch zielgerichtet Farben steuern. Demzufolge können thermochrome Schalteffekte zwischen zwei Signalfarben (blau-rot oder gelb-schwarz) oder auch stufengeschaltete Effekte (farblos-rot-gelb-grün) in einem vorgegebenen Temperaturprofil ermöglicht werden. Zu den Schwerpunkten der Entwicklungsarbeiten gehören z. B. farbselektive Thermochromie in Duromeren, Thermoplasten, Lacken einschließlich Gießharzsystemen und hochtransparenten Hydrogelen.

Optische Sicherheitselemente und Funktionselemente

Optische Technologien erfordern die unterschiedlichsten Funktionselemente zum Lichtmanagement. Polymerbasierte Systeme erobern sich in zunehmendem Maße diesen Markt. Polymere Funktionssysteme emittieren, leiten oder modifizieren Licht und speichern Informationen. Flüssigkristalle haben in Form der LCDs die Informationstechnologie revolutioniert. Neben dem Flüssigkristall selbst haben strukturierte Farbfilter und anisotrope Funktionsschichten, wie Orientierungsschichten, Polarisatoren, Retardern oder Diffuser, diese bahnbrechende Entwicklung möglich gemacht. Die Materialentwicklung konzentriert sich auf thermotrope und lyotrope Flüssigkristallsysteme auf Basis calamitischer und diskotischer Flüssigkristalle, glasbildender oder vernetzbarer Mesogene sowie auf lichtemittierende Flüssigkristalle und flüssigkristalline Polymere. Diese Materialbasis wird durch thermochrome Polymersysteme und polymere Nanocomposite mit spezifischen optischen Eigenschaften ergänzt. Die speziell funktionalisierten Polymere, Polymerkomposite und komplexen photovernetzbaren Flüssigkristall-Mischungen lassen sich leicht verarbeiten und erlauben die Herstellung von Filmen unterschiedlicher optischer Funktionalität. Neben der Materialentwicklung selbst kommt der darauf abgestimmten Entwicklung polymertypischer Verarbeitungs- und Strukturierungstechnologien, d. h. neuartige Filmpräparationstechniken, Orientierungsverfahren, dem permanenten Fixieren supra-molekularer oder lichtinduzierter Ordnungszustände und in Perspektive in zunehmenden Maße auch Drucktechniken entscheidende Bedeutung zu.

Ladungsspeichermaterialien

Neben den halbleitenden Polymermaterialien gibt es aber auch Materialien, die ihre Ladungen über eine lange Zeit speichern können. Besonders geeignet dafür sind Polyvinylidenfluorid-, Polytetrafluorethylen und poröses Polypropylen. In diesen Materialien lassen sich elektrische Polarisierungen erzeugen oder auch Ladungen im Volumen und an den Oberflächen stabil speichern. Als Elektretmaterialien stehen ferroelektrische Fluorpolymere und poröse Polytetrafluorethylen- sowie Polypropylenfolien zur Verfügung, die sich durch eine starke Piezoelektrizität und hohe Ladungsstabilität auszeichnen. Neben ihren Anwendungen in der Medizin können Elektrete auch als Drucksensoren und Schallwandler sowie als Filtermaterialien mit erhöhter Effizienz genutzt werden. Weiterhin werden Multielement-Wandler beliebiger Geometrien für Anwendungen in der Medizin, Luft- und Raumfahrt sowie Informationstechnik als applikationsspezifische Sensoren entwickelt.

Oberflächenfunktionalisierung und Analytik

Das Anpassen der Oberflächeneigenschaften von Polymeren eröffnet den polymeren Materialien viele neue Einsatzbereiche. Die Aktivierung (= Oxidation) der Oberflächen macht es möglich, Polyethylenfolien zu bedrucken (Einkaufstüten), Polypropylen zu kleben (Chipkarten) und Polymeroberflächen zu lackieren. Die chemische Zusammensetzung einer nur wenige Nanometer dicken Oberflächenschicht ist für diese Eigenschaften verantwortlich. Nanoskalige Funktionsschichten sind dreidimensionale Wirtsstrukturen für Proteine in der biologischen und medizinischen Diagnostik. Sie wirken als Diffusionsbarriere, sind effiziente antimikrobielle Ausrüstung oder robuster Träger weiterer Funktionen auf nahezu beliebigen Materialien. Mikrometer dicke Funktionsschichten schalten ihre Eigenschaften unter Einfluss von Licht. Mikrostrukturierte Oberflächen können vielfältige optische und mechanische Funktionen ausüben. Die Technologieentwicklung auf diesem Gebiet wird durch eine leistungsfähige Analytik von Oberflächen und Dünnschichten unterstützt.

FUNCTIONAL MATERIALS – THE APPLICATIONS ARE BECOMING MORE AND MORE MULTIFACETED!

OLED, OFET, OPV and energy storage

Fraunhofer IAP develops customer specific applications for organic light emitting diodes (OLEDs), organic photovoltaics (OPV), polymer electronics and sensors. The basic technologies for the production of organic light-emitting diodes (OLEDs) are well known. Specific applications present challenges such as geometric structuring the OLEDs, increasing their efficiency and intensity, and prolonging their service life in smartcard applications. The structuring is performed by means of photolithographic steps in a series of deposits or by structured deposition of the materials in combination with structured electrodes.

Various printing processes for polymer-based OLED production are currently being evaluated world-wide and have already been integrated into pilot and industrial plants. The advantages of OPV devices include their flexibility, large active areas, light weight and the potential for low cost processing of these devices using mass production technologies. OLEDs provide a larger angle of view, give off a brighter image and are printable. Combining OLEDs with polymer-electronic components enables completely flexible displays to be built. OLEDs can also be combined with other functional elements such as foil keyboards. These new OLED keyboards consist of two superimposed layers. One contains the flat OLED element while the other ensures the functionality of the keyboard.

These new applications require completely new technological steps, including development of the layout of the display or illuminated area, the architecture of the series of deposits and the effective encapsulation of the components. OPV devices are well suited, like other organic electronics, for mobile devices and equipment. Combining OLEDs, OPV, organic electronics and sensors makes new mobile technologies. Field effect transistors are the basic electronic components. The organic field effect transistors (OFET) are components that use semiconducting organic materials. Simple electronic circuits are able to perform logic switching and act as oscillators and amplifiers. The basic development work lies in the compatible material systems that consist of an organic semiconductor and a polymer dielectric. The components must be developed together and depend upon the basic setup of the OFET.

Thanks to the successful development and realization of new synthesis concepts using conjugated, semi-conducting polymers, it was possible to develop OFETs with high charge carrier mobilities. Creating such systems using OLEDs, OPV, organic electronics, sensors and energy storage technologies has resulted in the following problem: the individual elements have been produced with technologies which are not compatible with large scale production. Specifically, processing methods have focused on effectively producing one element which results in each unit being produced separately from the others. The most important aspects that still have to be addressed are the efficiencies of the devices and their operating lifetimes.

The current goal of the work is to develop intelligent systems in the application areas of life science, textiles and architecture which combine OLEDs, OPV, polymer electronics, sensors and energy storage. This means prototype ideas and technical product concepts will be developed further. Well-established as well as newly developed materials will be used and top down planning will be implemented to determine user requirements and economic viability. The demands of flexibility, large area, light weight and mass production will be transferred from a sheet-to-sheet to a roll-to-roll process on foil based substrates. Research and development will focus on utilizing deposition technologies in inert and non-inert conditions which are solution based. The most immediate goal is to evaluate production technology and processing while, at the same time, begin material development.

Thermochromic material

Colors can also be used as security features. In general, the color of a material is not dependent on the temperature. However, a few materials, which are termed thermochromic, modify their color in response to temperature changes. These thermochromic materials, which change their optical behavior reversibly or irreversibly based on temperature, are required for new solar technology applications. Through temperature control these polymer materials are able to not only change their color intensity but also to switch between predetermined colors as required. Consequently, thermochromic switching between two signal colors (blue-red

or yellow-black) or stepped switching effects (colorless-red-yellow-green) are possible within a specified temperature range. Current development work focuses on color-selective thermochromism in thermosets, thermoplastics and coatings, including casting resin systems and highly transparent hydrogels.

Optical security element

Liquid crystals in liquid crystal displays (LCD) have revolutionized information technology. Optical functional elements for LCDs, such as polarizers, color filters, diffusers, retarders and aligning layers are being developed with the aid of anisotropic optical functional layers. Polymer materials with photosensitive properties are required as optical functional layers in LCDs. The specially functionalized polymers, polymer composites and photocrosslinkable liquid crystal mixtures can be readily processed enabling films to be prepared with different optical functionalities. In addition to materials development, technological steps include film and device preparation through spin-coating, printing techniques, anisotropic orientation of the films, permanently fixing the orientation in the glass state and/or photocrosslinking. New thermotropic liquid crystals are being developed for anisotropically structured, ultra-thin films with complex optical properties. We are concentrating our activities on thermotropic and discotic liquid crystals, glass-forming and crosslinkable mesogens, lyotropic systems and light-emitting liquid crystals. The core of this work involves developing efficient, multi-stage synthesis sequences and analyzing liquid crystalline properties. The new liquid crystals are processed into thin (nanostructured) anisotropic films.

Sensors

In addition to semiconducting materials, there are also materials that can store charges over a long period of time. By electric charging and polarizing polyvinylidene fluoride, polytetrafluoroethylene and porous polypropylene films, electrical polarization can be produced in these materials or monocharges can be stably stored within their volume and surfaces. Electric charging of polymer films is carried out by applying high voltages to a tip electrode in order to initiate a corona discharge. This, in turn, produces electric charges that electrically charge the film. These electrically treated polymer

films have strong piezo and pyroelectric effects and stable electrical potential. Ferroelectric fluoropolymers and porous polytetrafluoroethylene and polypropylene films are available as electrets. These materials are characterized by strong piezoelectricity and high charge stability. In addition to their use as pressure sensors and acoustic transducers, electrets can also be employed as filter materials with enhanced efficiency.

Surfaces

Modifying the surface properties of polymers opens up many new applications for polymer materials. Surface activation (= oxidation) makes it possible to print on polyethylene films (plastic bags), bond to polypropylene (chip cards) and paint polymer surfaces. The chemical composition of a surface layer that is only a few nanometers thick is responsible for these properties. Nanoscale functional layers host proteins for biological and medical diagnostics devices. They act as diffusion barriers, prevent the settlement of microbes and are robust carriers of other functions on virtually any material. Micron-thick functional layers can change their properties under the influence of light. Micro-structured surfaces can perform many different optical and mechanical functions. To support process development in this field, a wide spectrum of sophisticated techniques is available for the characterization of surfaces and thin films.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Materialien – Synthese und Verarbeitung von

- halbleitenden Polymeren
- elektrolumineszierenden Polymeren
- photolumineszierenden Polymeren
- photochromen Polymeren
- piezoelektrischen Polymeren
- flüssigkristallinen Polymeren
- thermochromen und elektrochromen Polymeren
- polymeren Nano-compositen
- holographische Materialien

Funktionselemente

- anisotrope Schichten
- optische Datenspeicher
- Orientierungsschichten für Flüssigkristalle
- holographisch erzeugte Oberflächenreliefgitter
- Laserstäbe für die Messtechnik
- spektrale Lichtwandler zum Nachweis von UV-Licht
- Lichtsender und -empfänger
- polymere Elektrete für Wandler und Ladungsspeicher
- Barrierschichten für flexible Displays
- holographische Volumenelemente

Bauelemente

- polymere Leuchtdioden (PLED)
- Signage-Displays
- Passiv-Matrix-Displays
- Flüssigkristall-Displays
- Organische Feldeffekttransistoren (OFET)
- polymere Dioden
- einfache polymere elektronische Schaltungen
- piezoelektrische Sensoren
- pyroelektrische Sensoren

Oberflächentechnik

- Kopplung von biologisch aktiven Substanzen auf polymeren Oberflächen
- hydrophile oder hydrophobe Oberflächen
- klebstofffreies Verbinden
- Ultrabarrieren
- funktionale Beschichtungen
- Oberflächen- und Dünnschichtanalytik

Weitere Beispiele

- biozide Oberflächen für Folien oder Textilien
- wasserabweisende Textilien
- strukturierte Aktivierung von Oberflächen
- photobiozide Beschichtungen für den Pflanzenschutz
- Fluoreszenzschichten für die Sensortechnik
- Charakterisierung der chemischen Struktur, der Topographie und makroskopischer Eigenschaften
- Tintenstrahldruck von OLEDs
- Photolithographielinie zur Strukturierung

APPLICATIONS AND SERVICES

Materials – synthesis and processing of

- semiconducting polymers
- electroluminescent polymers
- photoluminescent polymers
- photochromic polymers
- piezoelectric polymers
- liquid crystalline polymers
- thermochromic and electrochromic polymers
- polymer nanocomposites

Functional elements

- anisotropic layers
- layers for optical data storage
- photo alignment of layers
- holographically produced surface relief gratings
- laser rods for spectral measurements
- spectral light converter for the detection of UV-light
- light senders and receivers
- polymer electrets for charge storage
- barrier layers for flexible displays

Components

- polymer light-emitting diodes (PLED)
- signage displays
- passive matrix displays
- liquid crystal displays
- field effect and bipolar transistors
- polymer diodes
- simple polymer electronic circuits
- piezoelectric sensors
- pyroelectric sensors

Surface technology

- coupling of biologically active substances to polymer surfaces
- hydrophilic or hydrophobic surfaces
- adhesive-free bonding
- ultrabarrriers
- functional coatings
- surface and thin-film analysis

More examples

- biocidal surfaces for films and textiles
- water-repellent textiles
- preparation of textiles for dyeing
- photobiocidal coatings for pest management
- fluorescent layers for sensor technology
- characterization of chemical structure, topography and macroscopic properties
- ink-jet printing of OLEDs
- photolithography line for structuring

Kontakt Contact

Forschungsbereichsleiter
Division director
Funktionale Polymersysteme
Functional polymer systems



Dr. Armin Wedel

Telefon +49 331 568-1910
Fax +49 331 568-3910
armin.wedel@iap.fraunhofer.de

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. habil. Silvia Janietz

Telefon +49 331 568-1208
Fax +49 331 568-3910
silvia.janietz@iap.fraunhofer.de

Chromogene Polymere
Chromogenic polymers

Dr. Arno Seeboth

Telefon +49 30 6392-4258
Fax +49 30 6392-2065
arno.seeboth@iap.fraunhofer.de

Oberflächen
Surfaces

Dr. Andreas Holländer

Telefon +49 331 568-1404
Fax +49 331 568-2504
andreas.hollaender@iap.fraunhofer.de

Polymerphotochemie

Polymer photo chemistry

Priv.-Doz. Dr. habil. Joachim Stumpe

Telefon +49 331 568-1259
Fax +49 331 568-3259
joachim.stumpe@iap.fraunhofer.de

Optische Funktionsmaterialien
Optical functional materials

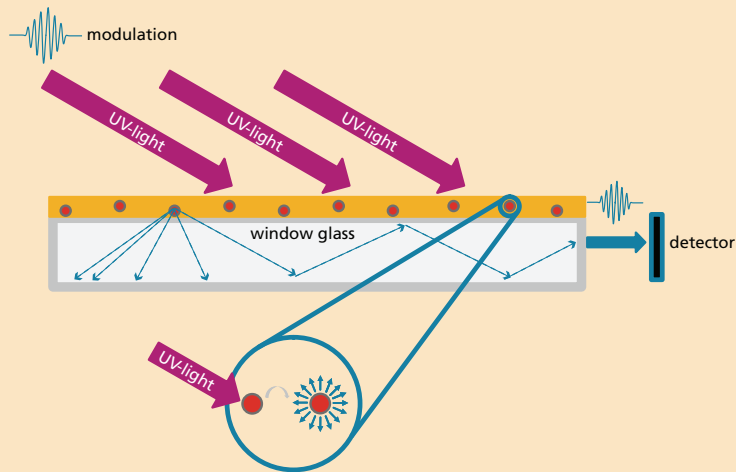
Priv.-Doz. Dr. habil. Dietmar Janietz

Telefon +49 331 568-1150
Fax +49 331 568-3910
dietmar.janietz@iap.fraunhofer.de

NanoPolyPhotonik
NanoPolyPhotonic

Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben

Telefon +49 331 977-5222
Fax +49 331 977-5058
hans-gerd.loehmannsroeben@iap.fraunhofer.de



1 Sensing principle based on fluorescence collectors.

2 Autonomous energy supply and window integration.

Wachsame Fensterscheiben

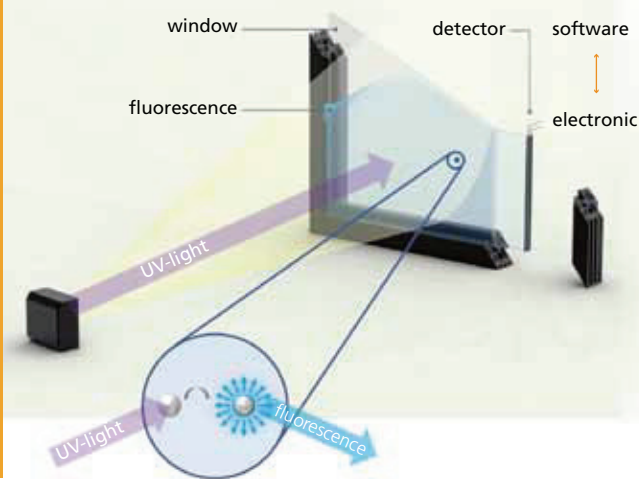
Die Anwesenheit von Personen oder gefährlichen Stoffen in speziellen Räumen zu kontrollieren oder zu erkennen, ist für den Schutz und die Sicherheit von öffentlichen Gebäuden, Firmengeländen sowie für die Sicherheit des Menschen von großem Interesse. Auf der Basis von Fluoreszenzelementen wurde am Fraunhofer IAP ein Strahlungs- und Sensormodul entwickelt, welches für einen großräumigen Überwachungseinsatz geeignet ist.

Wirkprinzip

Das neuartige Konzept, das ein integratives und multifunktionales Bauelement unter dem Begriff des »Intelligenten Fensters« zusammenfasst, beruht auf den physikalischen Prinzipien der Lichtwandlung und Lichtleitung durch Fluoreszenzkollektoren. Der Fluoreszenzkollektor besteht im Wesentlichen aus einem transparenten Substratmaterial in Verbindung mit einer angrenzenden Fluoreszenzschicht. Das in der Fluoreszenzschicht erzeugte Licht koppelt in das Substrat ein, wird durch interne Totalreflexion zu den Kollektorendflächen geleitet und dort über Sensoren detektiert. Der Aufbau der lichtwandelnden Beschichtung erfolgt in Abhängigkeit von der beabsichtigten Anwendung mit organischen Farbstoffen, anorganischen Nanophosphoren oder Quantendots, die in einer Matrix fixiert werden. Bei der Verwendung fluoreszierender Nanopartikel eröffnen sich infolge der einstellbaren Verschiebung zwischen der Anregungs- und Emissionswellenlänge weitere Anwendungsgebiete. Die Anregung der Fluoreszenz erfolgt durch eine externe UV-Quelle, die zur Verbesserung der folgenden Signalidentifizierung und -interpretation moduliert sein kann. An den Endflächen des Kollektors sind Sensoren angebracht, die sowohl für die Energieversorgung der erforderlichen Elektronikkomponenten sorgen, als auch die Änderungen der Fluoreszenzintensität detektieren. Die nachweisbaren Änderungen der Strahlungsintensität am Detektor können dabei sowohl aus Störungen im UV-Anregungsbereich (Abschattung) als auch aus einer Beeinflussungen der Lichtleitung (Lichtauskopplung) im Trägersubstrat resultieren. Bisherige Erprobungen haben gezeigt, dass sich Störungen des Strahlungsfeldes sowohl mit künstlichen Quellen (UV-Lampe) als auch natürlichem Licht hervorrufen lassen. Mit der Anzahl der Fluoreszenzsensoren lässt sich neben der Energiesicherheit auch die Qualität der Signalinterpretation erhöhen. Neben der Fluoreszenzhardware stellt die digitale Signalauswertung und -analyse ein wesentliches Moment der Systementwicklung dar.

Anwendungsfelder

Die entwickelten Sensormodule können aufgrund ihrer hohen Transparenz und einfachen Herstellung in Fensterfronten, Spiegeln, Möbeln, als Abdeckung von Werbetafeln oder anderen zu schützenden Gegenständen eingesetzt werden. Die an den Enden der Module angeordneten Strahlungssensoren liefern unter Verwendung zusätzlicher Solarzellen die Energie für den autarken Modulbetrieb und die Signale, die über die nachfolgende Elektronik einer digitalen Signalanalyse zugeführt werden, um Vorgänge, die zu einer Änderung im Fluoreszenzverhalten des Moduls geführt haben, interpretieren zu können. Hierbei sind in Abhängigkeit von der Anzahl der Sensoren am Modul neben der Berücksichtigung von Ausschlusskriterien (Fehlinterpretationen) auch Aussagen zur Richtung und Geschwindigkeit von Vorgängen im Strahlungsfeld möglich.



Functional layers for smart windows

There is great interest in being able to monitor or recognize the presence or movement of people, objects or dangerous substances certain rooms of public buildings, banks, business areas and industrial sites in order to provide safety and security. A radiation and sensor modulus was developed at the Fraunhofer IAP on the basis of fluorescence elements that is suitable for large-scale surveillance operations.

Principle of functionality

The novel concept results in an integrative and multifunctional device which can be described as an »Intelligent Window«. Its physical principles are based on light conversion and optical light guiding using fluorescence collectors. The fluorescence collector is essentially constructed of a transparent substrate material combined with an adjoining fluorescence layer. The light created in the fluorescence layer is injected into the substrate where it is guided to the collector's edges by total internal reflection. There it is detected by sensors. The light-converting layer is made of a transparent matrix material doped with organic dyes, inorganic nanophosphorous or quantum dots depending on the intended application. Many applications are achievable by using luminescent nanoparticles. It is possible to obtain large differences between the excitation and emission wavelengths (Stoke's shift) by tuning the emission wavelength. The excitation radiation needed to generate the luminescence is generally provided by an external UV source which can be modulated and thus enhances the signal identification and interpretation. The sensors at the edges of the fluorescence collector provide both energy supply for the necessary electronic components as well as the possibility of detecting changes in fluorescence intensity. The detectable changes in radiation intensity may be a result of both disturbances in the UV excitation (shadowing) and the affection of the light injecting into the substrate. Current tests show that disturbances of the radiation field can be a result of either artificial light sources (UV lamps) or natural light. Increasing the amount of light sensors can affect the quality of the signal detection along with impacting energy stability. The hardware and the digital signal interpretation and analysis are essential for the system's development.

Application areas

These devices can be integrated into windows, facades of buildings, room dividers, mirrors, furniture and billboards due to their high optical transparency and the fact that they are easy to produce. They can be used in general to protect important objects.

Kontakt Contact



Dr. Burkhard Elling

Telefon +49 331 568-1917

Fax +49 331 568-2519

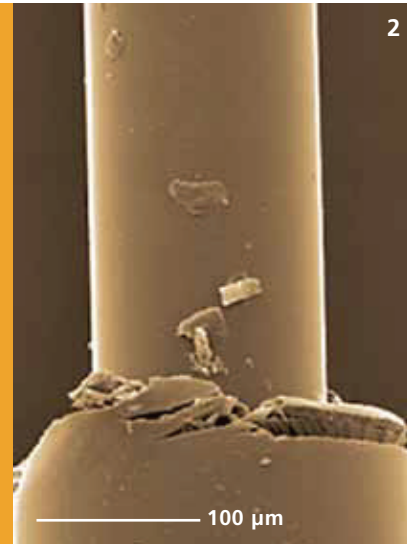
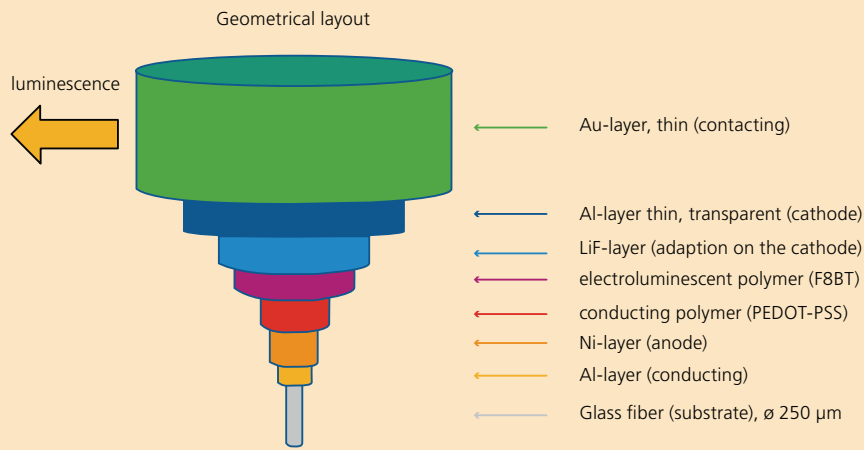
burkhard.elling@iap.fraunhofer.de

Tonino Greco

Telefon +49 331 568-1820

Fax +49 331 568-3915

tonino.greco@iap.fraunhofer.de



Die fadenförmige OLED

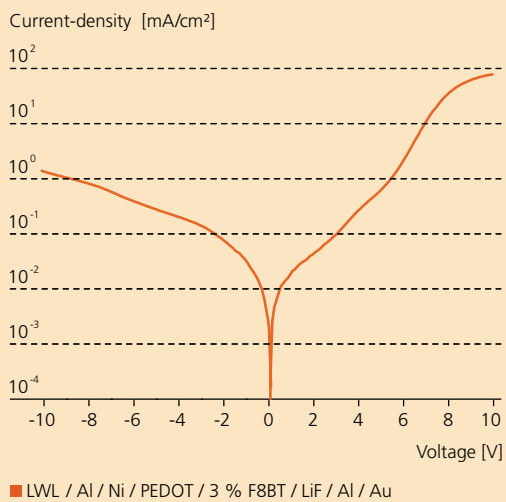
Fortschritte in der Entwicklung von Fasern und deren Herstellungstechnologien für den Einsatz in elektronischen Textilien wurden in den letzten Jahren erzielt. Es gibt ein wachsendes Interesse in der Entwicklung von optoelektronischen Bauteilen, die eine Faserform zeigen. Die Herstellung von faserbasierten Grätzelzellen, der Aufbau von organischen photovoltaischen Zellen und organische Leuchtdioden auf einer Faser sind einige Beispiele. Ihr Anwendungsgebiet reicht von der Herstellung integrierter Lichtquellen bis zum Einsatz in Beleuchtungsapplikationen unter dem Aspekt des Schutzes und der Sicherheit.

An das Trägermaterial werden hohe Anforderungen gestellt. Für den OLED-Aufbau wird eine möglichst wenige Nanometer glatte und reine Oberfläche benötigt. Nur so kann eine störungsfreie Funktion über einen längeren Zeitraum gewährleistet werden. Dennoch sollte der Aufbau flexibel genug sein, um sich in Textilien durch Stickern, Weben oder vergleichbare Techniken integrieren zu lassen. Diese unterschiedlichen Anforderungen gilt es bei der Realisierung zu vereinbaren.

Im Rahmen des vom VDI/VDE geförderten Projekts »TEXOLED« wurden im Fraunhofer IAP Voraussetzungen geschaffen, um eine organische Leuchtdiode auf einer Faser zu erzeugen. In Vorarbeiten wurden zunächst verschiedene planare OLED-Aufbauten (z. B. invertiert) realisiert und die Performance untersucht. Daraus leitete sich die Entwicklung der gezielten Abscheidung von dünnen Schichten auf zylindrischen Oberflächen ab. Schon zu Beginn des Projekts stellte sich heraus, dass die Oberflächenbeschaffenheit der Faser die entscheidende Rolle spielt. Deshalb wurden als Fasersubstrate speziell oberflächenbehandelte Glasfasern mit einem Durchmesser von 250 μm (Fig. 2) eingesetzt. Diese wurden im Rahmen des Projekts vom Sächsisches Textilforschungsinstitut (STFI) in Chemnitz bereitgestellt.

Zunächst wird auf das Trägermaterial, mittels thermischer Verdampfung eine 5 nm dicke Ni-Schicht als Anode aufgebracht. Zur Anpassung der Austrittsarbeit wurde darauf ein leitfähiges Polymer (PEDOT-PSS) aus Lösung abgeschieden. Anschließend wurde der Beschichtungsprozess für die Abscheidung des am Fraunhofer IAP synthetisierten, konjugierten, elektro-lumineszierenden Polymers (F8BT) auf der zylindrischen Oberfläche entwickelt. Darauf erfolgte dann die Abscheidung der transparenten metallischen Kathode durch Aufdampfprozesse. Dazu mussten die Schichtdicken entsprechend dünn aufgebracht werden (Fig. 1). Die dargestellte Stromdichte, der OLED auf einer Glasfaser, zeigt im Kennlinienverlauf ein Diodenverhalten, das vergleichbar mit dem einer planar aufgebauten OLED ist (Fig. 3). Die Einsatzspannung lag bei zirka 6 V. Es gelang reproduzierbar ein Leuchten mit einer Fläche von ca. 5 mm^2 der OLED auf den Faden zu generieren (Fig. 4).

Diese ersten Ergebnisse zum Aufbau einer OLED auf einer Faser ermutigen, diese Entwicklungsrichtung zur Integration von selbstleuchtenden Fasern zukünftig weiter auszubauen.

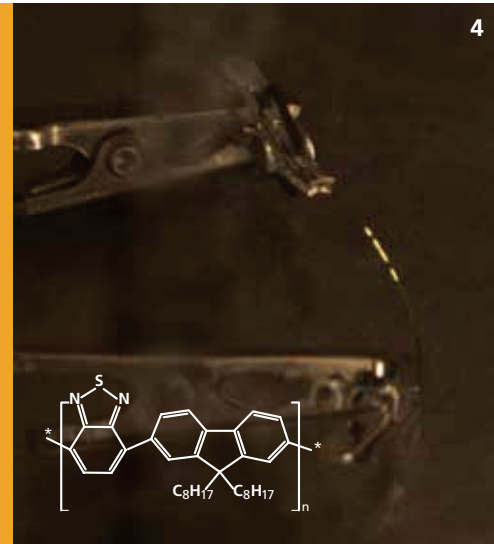


1 OLED layer structure of a filamentous substrate.

2 SEM micrograph of a fiber without coating partially (STFI).

3 Current-density-voltage-characteristic of constructed sample.

4 Non-encapsulated filamentary OLED in an inert atmosphere.



The filamentary OLED

In recent years progress has been made in developing fibers and their preparation technologies for use in electronic textiles. There is a growing interest in the development of fiber-like optoelectronic components. Examples include the manufacturing of fiber-based Grätzel cells, the development of organic photovoltaic cells and organic light-emitting diodes on fibers. Their field of application ranges from the production of integrated light sources to their employment in lighting for safety and security purposes.

High demands are placed on the substrate. A pure surface with no more than a few nanometers of roughness is required for the OLED structures. This is the only way to guarantee a trouble-free operation over a longer period of time. However, the structure should be flexible enough to make stitching and weaving etc. possible. All of these various requirements need to be combined.

In the context of the VDI/VDE-funded project »TEXOLED«, Fraunhofer IAP created the conditions required to produce organic light-emitting diodes on a fiber. In preliminary work, various planar OLED samples (e. g. inverted) were prepared and their performance was examined. This led to the development of the intended deposition of thin films on cylindrical surfaces. At the beginning of the project it was established that the surface conditions of the fiber played a key role. Therefore specially treated fiberglass surfaces with a diameter of 250 µm (Fig. 2) were used. These samples were provided by the STF Institute in Chemnitz as part of the project.

At first a 5 nm thick Ni-layer was applied as an anode to the substrate by way of thermal evaporation. A conducting polymer (PEDOT-PSS) was deposited onto that layer by solution in order to adapt the work function. Then the coating-process was developed on the cylindrical surface for the deposition of the electro-luminescent polymer (F8BT) that had been synthesized and conjugated by Fraunhofer IAP. Subsequent deposition took place in a transparent metallic cathode using the condensation-deposit process. In addition, thin layers had to be applied accordingly (Fig. 1). The current-density of an OLED on a fiber substrate shows diode characteristics that are comparable with planar-structured OLEDs (Fig. 3). The threshold voltage was about 6 V. We were able to reproducibly generate a glow of the OLED on the fiber with an area of about 5 mm² (Fig. 4).

These early results in building an OLED on a fiber are encouraging and reveal that the trend of integrating luminous fibers can be developed further in the future.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. (FH) Björn Gruber

Telefon +49 331 568-1326
Fax +49 331 568-2526
bjoern.gruber@iap.fraunhofer.de

Priv.-Doz. Dr. habil. Silvia Janietz

Telefon +49 331 568-1208
Fax +49 331 568-3910
silvia.janietz@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

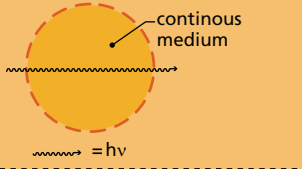
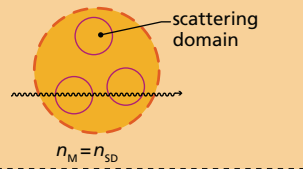
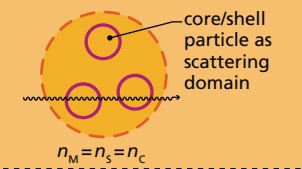
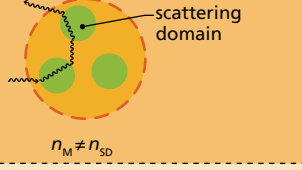
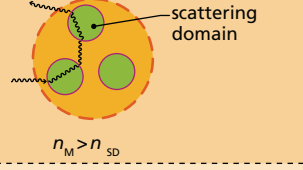
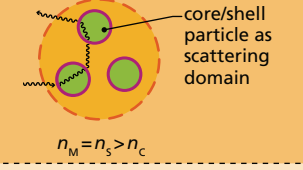
– VDI/VDE im Rahmenprogramm
»Mikrosysteme 2004 - 2009«, BMBF,
Fördernummer: W3TEX004

Kooperation Collaboration

– Fraunhofer IZM
– Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V., TITV Greiz
– Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., STFI

Literatur Literature

S. Janietz, B. Gruber, D. Schwabe, A. Neudeck, Y. Zimmermann, U. Möhring: *Die textile OLED – Wo stehen wir*, Tagungsband »Thüringer Grenz- und Oberflächen Tage (ThGot)«, 1 und 2, p. 102 -112 (2009)

Concept	I	Ila	Ilb
Switching Mechanism	Phase separation (PS) in hydrogels and polymer blends	Phase transition (PT) in unprotected domains	Phase transition (PT) in protected domains
Off State (Clear)	 <p>continuous medium</p> <p>$= hv$</p>	 <p>scattering domain</p> <p>$n_M = n_{SD}$</p>	 <p>core/shell particle as scattering domain</p> <p>$n_M = n_S = n_C$</p>
On State (Opaque)	 <p>scattering domain</p> <p>$n_M \neq n_{SD}$</p>	 <p>scattering domain</p> <p>$n_M > n_{SD}$</p>	 <p>core/shell particle as scattering domain</p> <p>$n_M = n_S > n_C$</p>

n_M, n_{SD}, n_S, n_C : refractive indices of matrix (M), scattering domain (SD), shell (S) and core (C).

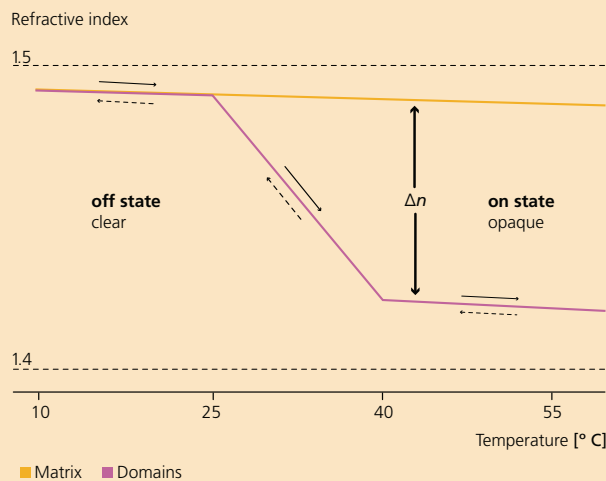
Thermotrope Materialien – Phasenseparation vs. Phasenübergang

Thermotrope Materialien für den Sonnenschutz haben ein temperaturabhängiges Streuverhalten für Solarstrahlung. Beim Überschreiten einer bestimmten Temperatur wechseln sie von einem klaren in einen lichtstreuenden Zustand. Die Eintrübung vermindert durch Rückwärtsstreuung die solare Transmission. Hinsichtlich des Schaltmechanismus lassen sich thermotrope Systeme in zwei Konzepte untergliedern.

In Konzept I (Fig. 1) beruht das optische Schalten auf einer thermisch induzierten Phasenseparation (PS). PS-Systeme bestehen aus mindestens zwei Komponenten mit unterschiedlichem Brechungsindex n . Bei niedrigen Temperaturen kommt der Brechungsindexunterschied nicht zum Tragen, da alle Komponenten auf molekularer Ebene homogen miteinander vermischt sind (off-Modus). Das Material ist transparent. Bei Temperaturerhöhung bilden sich durch Phasenseparation Domänen aus, die vorwiegend eine der Komponenten enthalten. Aufgrund des Brechungsindexunterschieds wird Licht an der Domäne/Matrix-Grenzfläche gestreut und das Material erscheint trüb (on-Modus). Einige der bekannten PS-Systeme wie Hydrogele oder Polymerblends zeigen exzellente Schalteigenschaften. Dennoch haben zahlreiche Probleme, wie der hohe technologische Aufwand oder die geringe Langzeitstabilität eine Kommerzialisierung bisher verhindert.

Konzept II (Fig. 1) basiert auf einem thermisch induzierten Phasenübergang (PT). PT-Systeme bestehen ebenfalls aus mindestens zwei Komponenten: einem domänenbildenden Additiv und einem transparenten Polymer als Matrix. Im off-Modus stimmen die Brechungsindizes der Domänen und der Matrix überein, so dass eine hohe Transparenz erreicht wird (Fig. 2). Mit Temperaturerhöhung reduziert sich der Domänen-Brechungsindex sprunghaft, der Matrix-Brechungsindex bleibt nahezu konstant. Dadurch wechselt das System in einen lichtstreuenden Zustand. In herkömmlichen PT-Systemen (Ila) wird die thermotrope Komponente »ungeschützt« eingearbeitet. Wichtige Eigenschaften des Matrixmaterials werden dadurch negativ beeinflusst. Insbesondere ist die zu erwartende Langzeitstabilität gering, da das Additiv leicht Diffusionsprozessen unterliegt.

Um diese Nachteile zu umgehen, wurde am Fraunhofer IAP ein verbessertes PT-System (Ilb) entwickelt. Hier wird das Additiv in Form von Kern/Schale-Partikeln verkapselt. Man erhält ein farbloses Pulver, das im Bereich der Gebrauchstemperaturen immer als Feststoff vorliegt und deutlich leichter verarbeitet werden kann. Die Polymerschale unterbindet Diffusionsprozesse, so dass die Langzeitstabilität maßgeblich verbessert wird. Da Additiv und Matrix vollständig in getrennten Phasen vorliegen, ist das Additiv schon bei niedrigen Konzentrationen als thermotrope Komponente aktiv. Der Grad der Eintrübung lässt sich leicht über die Additivkonzentration regulieren. Durch spezielle Verkapselungsmethoden kann zudem der Partikeldurchmesser und damit die Streuzentrengröße eingestellt werden, wodurch sich die Schalteigenschaften im Hinblick auf einen wirksamen Sonnenschutz gezielt optimieren lassen.



1 PS vs. PT system – different switching mechanisms.

2 Switching mechanism of PT systems (simplified).

Thermotropic materials – phase separation vs. phase transition

Thermotropic materials used in sun protection exhibit a temperature-dependent scattering behavior for solar radiation. When a specific temperature is exceeded they change from a clear to a light scattering state. The opacity reduces the solar transmission through back scattering. In terms of the switching mechanism, there are two types of thermotropic systems:

In concept I (Fig. 1), the optical switching is triggered by a temperature-induced phase separation (PS). PS systems consist of at least two components with different refractive indices n . At low temperatures, the difference in refractive index has no effect because all components are homogeneously mixed at a molecular level and the material is highly transparent (off state). When the temperature rises, a phase separation takes place and domains are formed which are composed predominantly of one single component. As a consequence, light is scattered at the domain/matrix interface and the material becomes opaque (on state). Several PS systems like hydrogels or polymer blends exhibit excellent switching characteristics. However, numerous problems have prevented them from being used commercially (e. g. high technical effort required, low long-term stability).

Concept II is based on a thermo-induced phase transition (PT). PT systems also consist of at least two components, namely a domain-forming additive and a transparent matrix polymer. In the off state, the refractive indices of domain and matrix are equal leading to a high transparency of the material (Fig. 2). With an increase in temperature, the refractive index of the domain decreases significantly while the refractive index of the matrix remains nearly constant. As a result, the system becomes light scattering. In conventional PT systems (IIa) the phase transition occurs in »unprotected« domains. Thus, essential properties of the matrix material can be negatively affected. In particular, the expected long-term stability is insufficient because the unprotected additive is easily subject to diffusion processes.

In order to get around this, the Fraunhofer IAP has developed an improved PT system (IIb). Here, the additive is encapsulated in the form of core/shell particles. This leads to a colorless powder that remains solid within the range of the service temperature and which can be processed much more readily. The polymer shell prevents diffusion processes resulting in an enhanced long-term stability. The additive works as a thermotropic component even at low concentrations because additive and matrix material are in completely separate phases. The degree of opacity can be easily regulated by varying the amount of the additive. Moreover, special encapsulation techniques allow for the adjustment of the particle diameter, i. e. the scattering domain size. With these techniques in hand, it is now possible to optimize the switching characteristics with regard to effective sun protection.

Kontakt Contact



Dr. Olaf Muehling

Telefon +49 30 6392-2034
Fax +49 30 6392-2065
olaf.muehling@iap.fraunhofer.de

Dr. Arno Seeboth

Telefon +49 30 6392-4258
Fax +49 30 6392-2065
arno.seeboth@iap.fraunhofer.de

Dr. Ralf Ruhmann

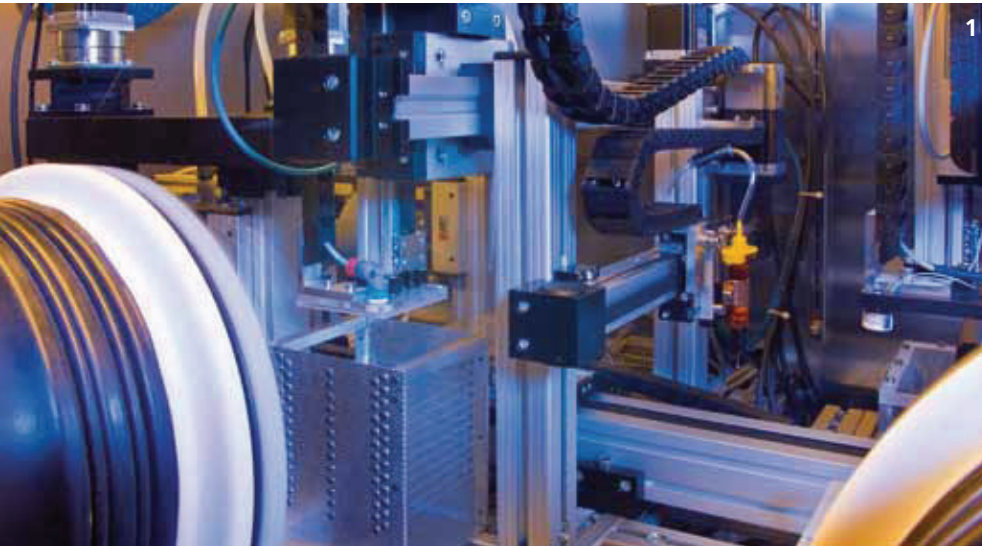
Telefon +49 30 6392-2064
Fax +49 30 6392-2065
ralf.ruhmann@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, FKZ 0329820F
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, FKZ 0329820H

Literatur Literature

[1] O. Muehling, A. Seeboth, T. Haeusler, R. Ruhmann, E. Potechius, R. Vetter: *Variable solar control using thermotropic core/shell particles*, Sol. Energy Mat. Sol. Cells, 9, p. 1510-1517 (2009)



- 1 *Encapsulation machine inside a glove box.*
- 2 *Flexible OLED prepared using a Fraunhofer POLO ultra-barrier film.*

Flexible OLEDs sicher verpackt

Organische Leuchtdioden (OLEDs) werden in zunehmendem Maß für kommerzielle Produkte wie Displays und Beleuchtungselemente interessant, da sie gegenüber herkömmlichen Systemen eine Reihe von Vorteilen wie z. B. Energieeffizienz und flächige Emission bieten.

Die aktiven Polymere und Elektrodenmaterialien, die in OLEDs zum Einsatz kommen, werden von Wasser und Sauerstoff angegriffen und verlieren ihre Funktion. Es ist notwendig, sie vor diesen Einflüssen zu schützen. Hierzu wird das Bauelement komplett verkapselt. Für die Herstellung von flexiblen OLEDs werden spezielle Ultrabarrierfolien verwendet, die von der Fraunhofer-Allianz POLO entwickelt wurden. Um das Potenzial dieser Folien für Bauelemente mit konstant hoher Qualität zu nutzen, wurde eine Apparatur entwickelt, mit der OLEDs aber auch OPVs (organische Photovoltaik-Elemente) vollautomatisch verkapselt werden. Der Ablauf ist computergesteuert und kann den Anforderungen flexibel angepasst werden. Die Apparatur ist in einer Glovebox untergebracht, um eine sauerstoff- und wasserfreie Atmosphäre sicherstellen zu können. Sie ist für die Kapselung von Bauelementen bis zu einer Größe von 100 mm mal 100 mm ausgelegt. Die Durchlaufzeit beträgt etwa zwei Minuten pro OLED.

Für die Langzeitstabilität einer OLED ist neben den Barriereigenschaften von Substrat und Deckel die Qualität der Verklebung von entscheidender Bedeutung. Der eingesetzte Klebstoff darf weder mit den Komponenten eines Bauelements reagieren, noch ausgasen oder schrumpfen. Flexible OLEDs benötigen darüber hinaus einen Klebstoff, der auch nach dem Aushärten noch elastisch bleibt. Eine Vorbehandlung kann dessen Eigenschaften deutlich verbessern. Außerdem wird eine möglichst geringe Klebstoffschichtdicke angestrebt, um die Diffusion durch den Klebstoff zu minimieren. Bei geeigneter Wahl der Prozessparameter können Schichtdicken von weniger als 10 µm erreicht werden. Für eine optimale Haftkraft und die Vermeidung von Permeationskanälen entlang der Grenzflächen werden die Oberflächen mit Plasma vorbehandelt. Dieser Prozessschritt ist in die Schleuse der Glovebox integriert. Für eine kurze Zykluszeit werden UV-aushärtende Klebstoffe eingesetzt.

Die Apparatur besteht aus mehreren Stationen, die von einem Schlitten angefahren werden. Von Servomotoren angetriebene Führungssysteme gewährleisten dabei eine Positionierungsgenauigkeit von gegenwärtig etwa 100 µm. Die OLEDs werden auf Trägern in einem Magazin bereitgestellt. Ein Greifarm platziert sie einzeln auf dem Schlitten. In einem ersten Schritt wird der Klebstoff punkt- oder linienförmig aufgetragen. Anschließend wird der Deckel aus einem Magazin entnommen und auf der OLED platziert. Um die Klebstoffschicht homogen auf der Grenzfläche zu verteilen, wird der Verbund mit einer Walze laminiert. Schließlich wird der Klebstoff von einer UV-Lampe ausgehärtet. Die hier eingesetzte LED-Lampe bietet gegenüber herkömmlichen Röhrensystemen Vorteile wie etwa höhere Strahlungsintensität, volle Intensität sofort nach Einschalten und homogene Intensitätsverteilung bei flächiger Bestrahlung. Abschließend wird der Probenträger mit der verkapselten OLED in einem Magazin abgelegt und kann dann ausgeschleust werden.



Packed for long life – flexible OLEDs

Organic light emitting diodes (OLED) are distinguishable, for example, by their high energy efficiency and laminar emission of light. This makes them interesting for a number of applications including displays, signage and lighting.

The active polymers and the electrode material used in OLEDs become degraded by oxygen and water resulting in a loss of function. It is therefore necessary to hermetically encapsulate these parts of the device. So-called ultra-barrier films are used to produce flexible OLEDs. These films were developed by the Fraunhofer Alliance POLO. In order to exploit the full potential of these films in high quality devices, we developed a machine to fully automatically encapsulate the OLEDs and OPVs (organic photovoltaic devices). The procedure is computer-controlled and can be programmed to meet various requirements. The equipment is set up inside a glove box to ensure that the atmosphere is free of oxygen and water throughout the entire process. Currently the maximum size of a device can be 100 mm x 100 mm. The processing time for one OLED takes about two minutes.

The barrier properties of the substrate and cover material determine the long-term stability of an OLED device. However the quality of the joint, as well as the adhesive and the interface surfaces also play a role. The adhesive must not degrade the device's components, degas or shrink. Moreover, flexible OLEDs require the adhesive to remain elastic even after curing. A pretreatment of the adhesive can improve its properties considerably. The adhesive layer should be thin in order to minimize the diffusion through the resin. Selecting the optimal processing parameters means that we are able to prepare an adhesive layer with a thickness of less than 10 µm. The surfaces are treated with plasma before joining them which ensures good adhesion. This process step is integrated into the glove box airlock. UV cured adhesives are used in order to shorten the processing time.

The machine comprises of a number of stations. The device is transported in a carriage along a guidance system driven by servomotors which allow for a positioning accuracy of about 100 µm. The devices are stored on a substrate holder in a repository. After locking the repository into the glove box, the sample holder is transferred onto the carriage. In the first step, the adhesive is applied in dots or lines onto the surface of the device. Then the cover is placed onto the OLED and a roller laminates the cover onto the substrate and distributes the adhesive homogeneously over the interface. Afterwards the adhesive is cured using a UV LED lamp. Compared to conventional lamps, this lamp offers immediate and intense light which is uniformly distributed over the entire surface. Finally, the sample holder with the finished OLED is transferred into another repository and is removed from the glove box.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. Stefan Kröpke

Telefon +49 331 568-1409

Fax +49 331 568-2559

stefan.kroepke@iap.fraunhofer.de

Dr. Andreas Holländer

Telefon +49 331 568-1404

Fax +49 331 568-2504

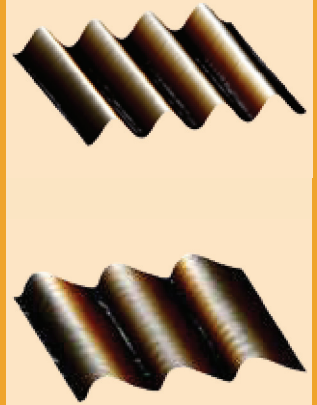
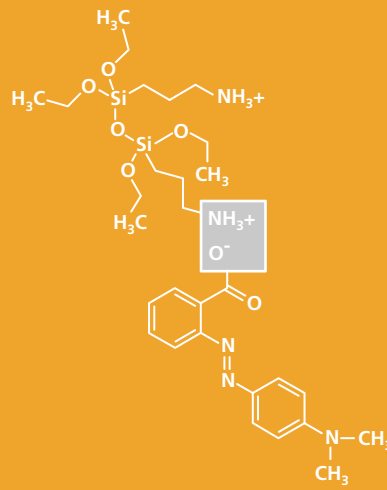
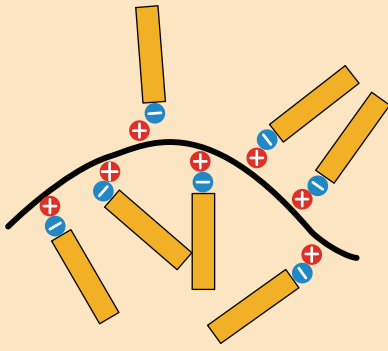
andreas.hollaender@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Fraunhofer-strategisches Projekt
»Ultraflex«

Kooperation Collaboration

– Fraunhofer POLO



Ein Material, mit dem Licht spielen kann: Mikroreliefs in azobenzehaltigen Materialien

Ohne diffraktiv-optische Elemente (DOE) wären die jüngsten Fortschritte in der Optik und Messtechnik undenkbar. DOE sind Elemente, deren optische Eigenschaften sich innerhalb kleinster Abstände ändern. Bereits im 19. Jahrhundert benutzte Joseph von Fraunhofer ein Drahtgitter für seine Lichtbeugungsexperimente. Heute gewinnen polymerbasierte DOE aufgrund ihres günstigen Preises, ihres Miniaturisierungs- und Integrationspotenzials zunehmend an Bedeutung.

Azobenzehaltige Materialien ermöglichen es, Reliefmikrostrukturen in dünnen Filmen nur mit Licht zu erzeugen, d. h. ohne jegliche nasschemische Entwicklung. Eine Bestrahlung mit einem Licht-Interferenzmuster führt zur entsprechenden Verformung der Filmoberfläche, ohne das Material selbst zu verändern. Daher kann bei erneuter Bestrahlung die Struktur wiederholt verändert werden - so können komplexe Reliefstrukturen aufgebaut werden.

Obwohl lichtinduzierte Effekte in azobenzehaltigen Polymeren große Aufmerksamkeit der Fachwelt erfahren haben, konnte ihr Anwendungspotenzial aufgrund hoher Materialkosten nicht genutzt werden. Für die angestrebten Anwendungen in der Optik sind zusätzlich zur geforderten Effizienz des Prozesses und den optischen Eigenschaften Materialverfügbarkeit und Materialkosten ausschlaggebend.

Supramolekular statt kovalent: vom Materialkonzept zur neuen Technologieplattform

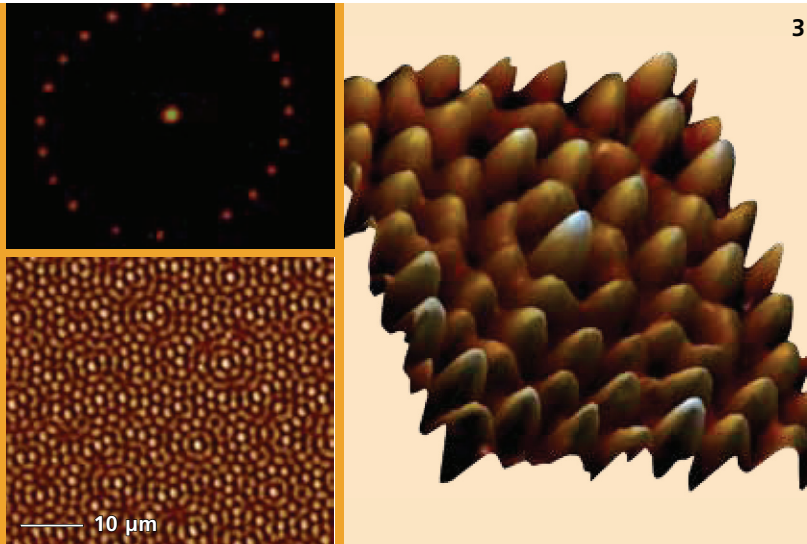
Ein neues durch das Fraunhofer IAP und Fraunhofer IDM entwickeltes Materialkonzept hat es ermöglicht, komplizierte organische Synthesen zu umgehen. Die Innovation besteht darin, dass die Azobenzeneinheiten mittels ionischer Kräfte an Polymerketten gebunden werden. So können über eine geschickte Auswahl der Materialbausteine optische, mechanische und chemische Eigenschaften maßgeschneidert werden. Die neuen supramolekularen Materialien zeichnen sich durch hohe Effizienz der Strukturbildung aus und sind im Vergleich zu herkömmlichen Polymeren kostengünstig und umweltfreundlich. Die natürlich entstehende Graustufen-Profilform ist besonders für die holographische Belichtung von Vorteil. Eine weitere wesentliche Eigenschaft ist die in-situ Kontrolle der Strukturbildung bzw. der Beugung. Damit stellen die azobenzehaltigen Materialien eine sinnvolle Ergänzung zu herkömmlichen Photolacken dar.

Das Materialkonzept war Ausgangspunkt für technologische Entwicklungen am Fraunhofer IAP. Das holographische Einschreiben optischer Gitter wurde in einer Vielzahl ausgeklügelter Materialformulierungen getestet und optimiert. Die Arbeiten reichen bis zur Entwicklung einer neuen Belichtungsmethode, der holographischen Erzeugung nicht-sinusförmiger Gitterprofile.

Die neue Technologieplattform umfasst außer dem neuartigen Materialkonzept optimierte Strukturierungs- und Replikationsprozesse für die Herstellung mikrostrukturierter Oberflächen und diffraktiv-optischer Elemente. Eine ganze Reihe von DOE mit verschiedenen Funktionen, wie Licht-Einkopplung, -Teilung, -Formung oder Sicherheitsmerkmale, demonstrieren Möglichkeiten und Vorteile der Technologie.

Literatur Literature

- [1] J. Stumpe; L. Goldenberg; O. Kulikovska: *Film forming material and preparation of surface relief and optically anisotropic structures by irradiating a film of the said material*, European Patent EP 1 794 236 B1 (2008)
- [2] J. Stumpe; O. Kulikovska, L. Goldenberg; Y. Zakrevsky, *Photo-Induced Phenomena in Supramolecular Azobenzene Materials*, in »Smart Light-Responsive Materials: Azobenzene-Containing Polymers and Liquid Crystals«, Ed. Y. Zhao, T. Ikeda, Wiley (2009)
- [3] O. Kulikovska, L. Kulikovsky, L. Goldenberg, J. Stumpe: *Generation of microstructures in novel supramolecular ionic materials based on azobenzene*, Proc. SPIE, 6999, 69990I-1-69990I-12 (2008)
- [4] O. Kulikovska, L. Goldenberg, L. Kulikovsky, J. Stumpe: *Smart ionic sol-gel based azobenzene materials for optical generation of microstructures*, Chem. Mater., 20, 3528-3534 (2008)
- [5] O. Kulikovska, L. Goldenberg, J. Stumpe: *Supramolecular azobenzene based materials for optical generation of microstructures*, Chem. Mater., 19, 3343-3348 (2007)



1 *Supramolecular azobenzene material: azobenzene chromophores are ionically bonded to the polymer chain.*

2 *AFM surface relief topologies: grating holographically recorded in a micrometer thick film made of a supramolecular azobenzene material.*

3 *AFM topology of a composite structure induced in a film of a supramolecular azobenzene containing material by multiple holographic recording; the top left image presents the corresponding diffraction pattern.*

A material playing with light: microreliefs in azobenzene materials

Recent progress in optics and engineering would be impossible without diffractive optical elements (DOE). DOE are elements whose optical parameters change at very small length scale. Modern DOEs are quite different from the wire grating Josef von Fraunhofer used in the 19th century in his diffraction experiments. Recently DOEs made of polymers have received much attention due to their low cost and miniaturization and integration capabilities.

Azobenzene materials allow surface relief structures to be generated in thin films through light irradiation, in other words, without any chemical development. When irradiated with a light interference pattern, the surface of such films becomes corrugated accordingly, but the material itself remains chemically unchanged. The induced relief can be further changed by successive irradiation. Thus, much more complicated surface structures can be created in a few simple irradiation steps.

Although the fascinating light-induced phenomena in azobenzene polymers have attracted much attention in literature, their optical applications were impeded by the high cost of the materials. For many applications the material costs and the material availability turned out to be just as critical as the structuring efficiency and the required optical properties.

Supramolecular instead of covalent: from materials concept to a new technology

Fraunhofer IAP and IDM have proposed a new materials concept that sidesteps the complicated process of polymer synthesis. The new idea was to bind azobenzene chromophores to the polymer chains using ionic forces instead of covalent bonding. Sophisticated materials with the desired optical, mechanical and chemical properties can be achieved simply by carefully selecting the material building blocks. The new supramolecular materials are as effective for microstructuring as the conventional polymers, but are cost-effective and environmentally friendly. The materials are especially advantageous for holographic irradiation due to their intrinsic grey scale relief. Moreover, the real-time character of the light-induced processes allows in-situ monitoring of diffraction and relief formation. This means the new materials are a reasonable addition to conventional photoresists.

The materials concept was a starting point for further technological development at the Fraunhofer IAP. Holographic inscription of gratings was tested in a multitude of cleverly-devised material formulations with the aim of optimizing both the material and irradiation process. One example is a new method of holographic inscription of grating with non-sinusoidal profiles.

The developed technology includes the new materials concept and optimized structuring and replication, culminating in the fabrication of microstructured surfaces and diffractive optical elements. A series of fabricated DOEs with different functionalities such as light in-coupling, splitting, shaping or security features, demonstrates the prospects and advantages of the technology.

Kontakt Contact



Dr. Olga Kulikovska

Telefon +49 331 568-1259

Fax +49 331 568-3259

Priv.-Doz. Dr. habil. Joachim Stumpe

Telefon +49 331 568-1259

Fax +49 331 568-3259

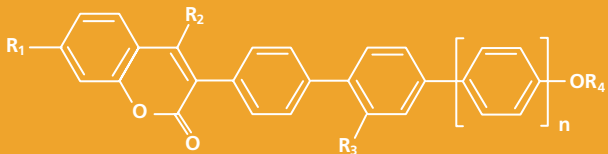
joachim.stumpe@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

InnoNet Projekt FOTOS, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Förderkennzeichen 16IN0399

Kooperation Collaboration

- Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e.V., Teltow
- Fraunhofer IOF, Jena
- Micro Resist Technology GmbH, Berlin
- Xetos AG, Hohenbrunn
- Jenoptik Polymer Systems GmbH, Triptis
- Carl Zeiss Jena GmbH, Jena
- ibidi GmbH, München
- Newport Spectra-Physics GmbH, Stahnsdorf



$$n = 0,1$$

$$R_1 = \text{O-Alkyl}; \text{N(Alkyl)}_2$$

$$R_2, R_3 = \text{H}, \text{CH}_3$$

$$R_4 = \text{Alkyl}$$



Farbige Flüssigkristalle

Eine Vielzahl fluoreszierender Farbstoffe ist aus kondensierten (hetero)aromatischen Ringen aufgebaut. Daraus resultiert eine inherente mehr oder weniger stark ausgeprägte kreisförmige Geometrie des zentralen Kerns. Ein geeignetes peripheres Substituentenmuster kann zu Molekülen führen, die zwei funktionelle Eigenschaften kombinieren: Photolumineszenz und die Fähigkeit kolumnare Mesophasen auszubilden. Im Gegensatz sind lichtemittierende calamitische Flüssigkristalle selten, da die Designprinzipien für hoch effiziente Luminophore und stäbchenförmige Flüssigkristalle meist unterschiedlich sind.

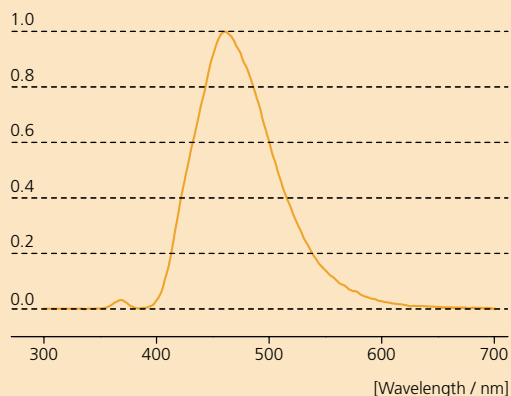
Das Fraunhofer IAP entwickelte neue calamitische Luminophore auf der Basis von Cumarinen mit langgestrecktem Moleküllern (Fig. 1). Das Substituentenmuster an terminalen und lateralen Positionen wurde systematisch modifiziert.

Die Schlüsselsynthesen beinhalten Kondensationsreaktionen von Salicylaldehyden mit geeignet substituierten Phenyllessigsäuren und Palladium-katalysierte Kreuzkupplungsreaktionen mit Arylboronsäuren.

Die neuen Verbindungen bilden nematische und/oder smektische flüssigkristalline Phasen (Fig. 2). Das Mesophasenverhalten kann durch die inkorporierten Substituenten gesteuert werden. Die Fluoreszenzeigenschaften wurden in Lösung und im Festkörper untersucht. Die Verbindungen zeigen Fluoreszenz im blauen und blau/grünen Spektralbereich (Fig. 3). Das Emissionsmaximum kann durch die Konjugationslänge des rigiden Kerns und durch das terminale Substituentenmuster eingestellt werden. Eine weitere bathochrome Verschiebung wird für dünne Filme im Festkörper beobachtet.

Die Cumarin-Flüssigkristalle zeigen Mischbarkeit mit acrylatsubstituierten Reaktivmesogenen. Uniaxiale Orientierung der Mischsysteme wurde durch thermische Behandlung von spin-coating Filmen in der Flüssigkristallphase erreicht. Die Filmanisotropie konnte durch anschließende Photovernetzung bei Raumtemperatur stabilisiert werden. Die vernetzten Filme zeigen linear polarisierte Photolumineszenz. Die calamitischen Einheiten sind uniaxial entlang der Reibrichtung der Polyimid-Orientierungsschicht ausgerichtet. Wird eine Probe mit einer handelsüblichen UV-Lampe bestrahlt und durch einen Polarisationsfilter betrachtet, so wird Fluoreszenz nur dann beobachtet, wenn die Polfilterachse parallel zur molekularen Orientierung steht. Keine Fluoreszenz ist dagegen zu beobachten, wenn die Achsen senkrecht zueinander stehen.

Die Fluoreszenzintensität kann mit Filmen verstärkt werden, die ein zusätzliches Fluorophor enthalten, das als Sensitizer für einen strahlungslosen Energietransfer auf das Cumarin-Chromophor fungiert.



1 Chemical structure of fluorescent coumarin-based liquid crystals.

2 Optical marbled and schlieren texture of the nematic mesophase of coumarin fluorophore between crossed polarizers.

3 Solid state photoluminescence spectrum of a liquid crystalline coumarin derivative.

Colored liquid crystals

A number of fluorescent dyes are composed of condensed (hetero)aromatic rings which produce an inherent, more or less pronounced, circular core geometry. A suitable peripheral substitution pattern may lead to molecules combining two functional features: photoluminescence and the ability to form columnar mesophases. In comparison, emissive calamitic mesogens are less frequent due to the fact that the design principles for achieving highly efficient luminophores are not always consistent with those for developing rod-like liquid crystals.

The Fraunhofer IAP developed new calamitic luminophores based on an elongated coumarin core (Fig. 1). The substitution pattern at terminal and lateral positions were systematically modified.

The key-step syntheses include condensation reactions of salicylaldehydes with appropriately substituted phenylacetic acids and palladium-catalysed cross-coupling reactions with arylboronic acids.

The new compounds exhibit nematic and/or smectic liquid crystalline phases (Fig. 2). The mesomorphic behavior can be governed by the incorporated substituents.

The fluorescence properties were studied in a solution and in a solid state. The compounds show fluorescence in the blue and blue/green region (Fig. 3). The emission maximum can be regulated by the conjugation length of the rigid core and by the terminal substitution pattern. A further bathochromic shift could be observed for thin films in a solid state.

The coumarin-based liquid crystals show miscibility with acrylate-substituted reactive mesogens. Uniaxial orientation of the mixed systems was achieved by annealing spin-coating films onto polyimide orientation layers within the liquid crystalline temperature range. The film anisotropy was stabilized by subsequent photocrosslinking at room temperature. The cross-linked films show linear polarized photoluminescence. The calamitic moieties are uniaxially oriented along the rubbing direction of the polyimide orientation layer. If a sample is illuminated with a conventional UV lamp and viewed through a polarizing filter, fluorescence is observed only if the polarizing filter axis is parallel to the molecular orientation. No fluorescence can be seen if the axes are perpendicular to each other.

The fluorescence intensity can be enhanced by films containing an additional fluorophore which acts as sensitizer for the radiation-free energy transfer to the coumarin chromophore.

Kontakt Contact



Priv.-Doz. Dr. Dietmar Janietz

Telefon +49 331 568-1150

Fax +49 331 568-3910

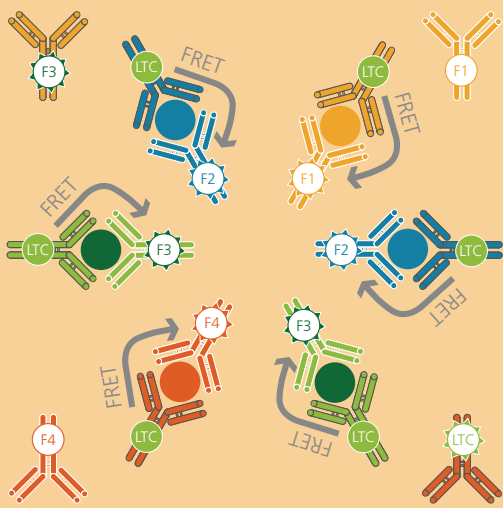
dietmar.janietz@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie

Kooperation Collaboration

– SYNTHON Chemical GmbH & Co.
KG, Wolfen



1



2

Nanophotonik für die Alzheimer Diagnostik

6,1 Millionen Menschen in der Europäischen Union leben zur Zeit mit einer Demenzerkrankung, bei einem jährlichen Zuwachs von 1,4 Millionen Fällen [1]. Eine Kombination von psychologischen Tests, Gehirntomographie und dem Ausschluss anderer neurologischer Funktionsstörungen machen die Alzheimer Diagnose unangenehm, kompliziert und zeitaufwändig (bis zu 20 Monate). Innerhalb des kooperativen Forschungsprojekts »NANOGNOSTICS - Quantum Dot-Based Highly Sensitive Immunoassays for Multiplexed Diagnostics of Alzheimer's Disease« [2], welches im 7. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission gefördert wird, entwickeln wir einen schnellen, sensitiven und spezifischen Immunoassay für Biomarker im Blut, um die Frühdiagnostik, das Therapiemonitoring und die Überwachung des Krankheitsverlaufs zum Nutzen der Ärzte und der Patienten für eine effektivere Behandlung der Demenz zu verbessern.

NANOGNOSTICS, das von Dr. Niko Hildebrandt, Leiter der Arbeitsgruppe NanoPolyPhotonik (eine Kooperation zwischen dem Fraunhofer IAP und der Universität Potsdam), koordiniert wird, startete im Oktober 2009 und kombiniert die interdisziplinäre Expertise von 9 Partnern (7 Forschungseinrichtungen und 2 KMUs) aus 5 Ländern. Das Projekt zielt darauf ab, eine Detektionsmethode für Biomarker zu implementieren, die auf Förster-Resonanzenergietransfer (FRET) zwischen Lanthanoidkomplexen (lanthanide complexes, LCs) und Halbleiterquantenpunkten (quantum dots, QDs) basiert [3]. Dieser Ansatz erlaubt eine weitgehende Unterdrückung von Hintergrundsignalen und eröffnet die Möglichkeit der multiparametrischen Detektion (sog. Multiplexing). Das homogene Assayformat besitzt sowohl einzigartige Eigenschaften für die Hochdurchsatzanalytik als auch für die patientennahe Diagnostik. Durch das Angebot einer modularen spektroskopischen Plattform werden die Anforderungen vieler in-vitro diagnostischer Anwendungen erfüllt.

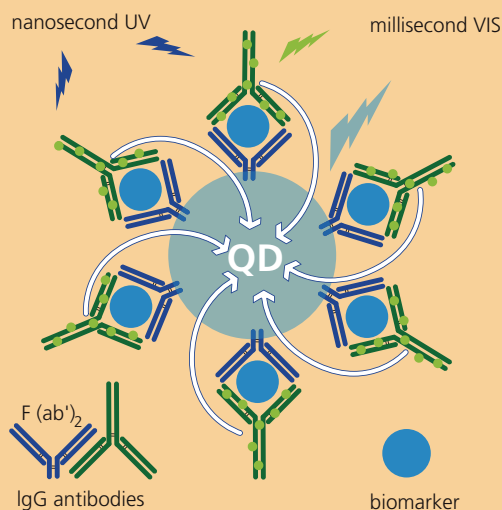
Figure 1 zeigt das Konzept des Multiplexing Immunoassays, bei dem FRET von einem LC Donor auf mehrere verschiedene QD Akzeptoren (z. B. Q1-Q4) nur dann erfolgt, wenn sich die beiden markierten Antikörper aufgrund ihrer Bindung an einen spezifischen Biomarker in räumlicher Nähe befinden. Der FRET-Prozess resultiert in neuen langlebigen QD Lumineszenzsignalen bei verschiedenen Wellenlängen (Farben), was zu einer direkten Quantifizierung der unterschiedlichen Markerproteine genutzt werden kann. Dieser Assay erlaubt nicht nur multiple Spezifität und hohe Sensitivität, sondern auch eine sehr schnelle Messung. Zusätzlich zu Antikörpern wird NANOGNOSTICS auch Aptamere als Erkennungsreagenzien für die Multiplexing-Analyse von Alzheimer verwenden. Ein weiterer großer Vorteil der Technologie ist, dass die Tests auf jede andere Art von Krankheit durch eine einfache Änderung der Bindungsreagenzien umgestellt werden können.

NANOGNOSTICS strebt ein fundiertes Verständnis von QD-basiertem FRET, die synthetische Kreation von hocheffizienten QD Immunsensoren zur Detektion mehrerer Alzheimer-spezifischer Biomarker und die Entwicklung eines modularen, photonischen Detektionssystems an. Hierdurch soll eine erfolgreiche Integration von QD-basiertem Multiplexing in die Frühdiagnostik für höhere Erfolgsaussichten der Patienten in der Demenztherapie ermöglicht werden.

1 Multiplexed homogeneous FRET immunoassay principle.

2 NANOGNOSTICS – European research project for Alzheimer diagnostics.

3 Schematic FRET immunoassay where LC labeled antibodies and F(ab)-fragments labeled to Quantum Dots bind specific biomarkers between them.



Nanophotonics for Alzheimer's disease diagnosis

Currently 6.1 million people in the European Union are living with some form of dementia with an additional 1.4 million new cases occurring every year [1]. The combination of psychological testing, brain-imaging and exclusion of other neurological disorders makes the diagnosis of Alzheimer's disease (AD) unpleasant, complicated and time-consuming (taking up to 20 months).

Within the collaborative research project »NANOGNOSTICS - Quantum Dot-Based Highly Sensitive Immunoassays for Multiplexed Diagnostics of Alzheimer's Disease« [2], funded by the 7th framework program (FP7) by the European Commission, we are developing a rapid, sensitive and specific immunoassay for biomarkers in blood. This will improve both early diagnosis as well as therapy and disease progression monitoring. This will benefit clinicians and patients and lead to better dementia treatment.

NANOGNOSTICS, which is coordinated by Dr. Niko Hildebrandt, head of the NanoPolyPhotonics group (a collaboration between the Fraunhofer IAP and the University of Potsdam), started in October 2009 and combines the interdisciplinary expertise of 9 partners (7 research institutions and 2 SMEs) from Germany, France, Finland, Scotland and Israel. The project aims to implement a biomarker detection method based on Förster Resonance Energy Transfer (FRET) between lanthanide complexes (LCs) and quantum dots (QDs) [3]. This approach enables background signals to be eliminated to a large extent and opens up the possibility of multiplexed detection. The homogeneous assay format has unique properties that are ideal for high throughput screening (HTS) as well as point-of-care (POC) or small laboratory testing. By offering a modular spectroscopic platform we will meet the demands of many in vitro diagnostic applications.

Figure 1 shows the multiplexing immunoassay concept, where FRET from one LC donor to several different QD acceptors (e. g. Q1-Q4) can only occur when the labeled antibodies are in close proximity due to antibody binding to the specific biomarkers. The FRET process results in new, long-lasting QD luminescence signals at different wavelengths (colors), which allow for direct quantification of the various marker proteins inside the diagnostic test. This immunoassay not only provides multiple specificity (due to antibody binding and multiplexing) and high sensitivity (luminescence measurement), but it is also very fast. In addition to antibodies, NANOGNOSTICS will use aptamers as recognition reagents for multiplexed analysis of AD. Another main advantage of the technology is that the assays can be adapted for other diseases (e. g. cancer or cardio-vascular diseases) by simply changing the biomarker binding reagents.

NANOGNOSTICS strives to profoundly understand QD-based FRET, to synthetically create highly efficient QD immune sensors for detecting several AD-specific biomarkers and to develop a modular photonic immunoanalyzer. These goals would allow QD-based multiplexing immunoassays to be successfully integrated into early diagnosis in order to improve patient outcome in dementia therapy.

Kontakt Contact



Dr. Niko Hildebrandt

Telefon +49 331 58187-540
Fax +49 331 568-2620
niko.hildebrandt@iap.fraunhofer.de

Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben

Telefon +49 331 977-5222
Fax +49 331 977-5058
hans-gerd.loehmannsroeben@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– 7th Framework Programme (FP7) of the European Commission:
Collaborative project NANOGNOSTICS (HEALTH-F5-2009-242264).

Kooperation Collaboration

– Philipps Universität Marburg
– Charité Universitätsmedizin Berlin
– Universität Potsdam
– CNRS Strasbourg
– University of Turku
– Hebrew University of Jerusalem
– ARCTIC Photonics
– Edinburgh Instruments

Literatur Literature

[1] *Dementia in Europe*, The Alzheimer Europe Magazine 1, p. 6–7 (2008)

[2] www.nanognostics.eu

[3] L. Charbonnière, N. Hildebrandt: *Lanthanide Complexes and Quantum Dots: A Bright Wedding for Resonance Energy Transfer*, European Journal of Inorganic Chemistry, p. 3241-3251 (2008)



pioneers in polymers



Dr. Antje Lieske – Dispersionspolymerisation im Reaktionskalorimeter RC1.

Dr. Antje Lieske – Dispersion polymerization in the RC1 reaction calorimeter.

SYNTHESE- UND POLYMERTECHNIK

SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY

70 In-situ Nanocomposite von PA66

In-situ nanocomposites of PA66

72 Synthesewege für nichtstatische

Polylactid (PLA)-Copolymere

Syntheses for non-statistical polylactide (PLA)
copolymers

NACHHALTIGKEIT BEI DER SYNTHESE VON POLYMEREN

Übereinstimmend prognostizieren Studien namhafter Organisationen und Verbände weiterhin erhebliche Steigerungsraten für Polymere auf der Basis erneuerbarer Ressourcen und erwarten einen Zuwachs des Produktionsvolumens von derzeit ca. 400 000 bis auf, je nach Quelle, 2 bis 3,5 Mio. Jahrestonnen in 2020. Neben dem Verpackungssektor, in dem sich biobasierte Materialien bereits stabile Marktanteile erobert haben, orientiert die polymerchemische Großindustrie weltweit zunehmend auch auf die Applikationsbereiche großtonnagiger Massenprodukte, oder sogar technischer Konstruktionswerkstoffe. Dabei stehen gleichermaßen Entwicklungen im Fokus, bei denen die Polymermaterialien vollständig aus biobasierten Rohstoffen aufgebaut sind, oder biobasierte Bausteine mit Edukten aus der Petrochemie kombiniert werden. Kommerzialisierte Beispiele für rein biobasierte Materialien sind dabei Polylactid (NatureWorks; Basis Maisstärke, Glucose), Polyamid 11 (ARKEMA; Rizinusöl), oder Polyethylen (Brasem, Dow Chemical; über Bioethanol aus Rohrzucker) und als Beispiele für teilbiobasierte Materialien stehen thermoplastische Polyurethane (BASF; zuckerbasierte Diolkomponenten), Polytrimethylenterephthalat (DuPont, 1,3-Propandiol aus Pflanzenöl), oder Polyamide, wie PA 4.10 oder PA 6.10 (DSM; Sebazinsäure auf Basis von Pflanzenölen).

Die Verknappung der fossilen Rohstoffe und der damit verbundene dramatische Anstieg der Rohölpreise in der vergangenen Dekade war sicher das Argument für die polymerchemische Großindustrie, sich ökologisch nachhaltiger aufzustellen. Die Polymerhersteller folgen hier aber auch zunehmenden Forderungen des kunststoffanwendenden Sektors, wie der Elektronik-, der Automobil-, oder der zunehmend an Bedeutung gewinnenden Freizeit- und Sportartikelindustrie nach verbesserter CO₂- Neutralität der eingesetzten Kunststoffmaterialien. Die Nachfrage nach »Bio«- Materialien aus diesen Bereichen wird dabei ganz wesentlich von der Erwartung getrieben, dass sich die daraus ableitbare günstigere CO₂- Bilanz vorteilhaft für die ökologische Bewertung der eigenen finalen Marktprodukte verwenden lässt.

Biopolymere, wie Cellulose, Hemicellulose, Stärke, Lignin, Chitin, oder Proteine, die die Natur in nahezu unendlicher Fülle produziert, bilden neben den natürlichen niedermolekula-

ren Pflanzenölen, tierischen Fetten oder Zucker gleichermaßen die alternative Rohstoffbasis zu den fossilen Rohstoffen für die Synthese einer Vielzahl von chemischen Grundstoffen. Diese Polymere besitzen unmodifiziert oder derivatisiert in unterschiedlichen Applikationen teilweise erhebliche Marktanteile. Durch Biokonversion von Agrarrohstoffen oder Kombination biotechnologischer Verfahren und chemisch- katalytischer Prozesse sind somit auch entsprechende Ausgangsstoffe für die Herstellung biobasierter Kunststoffe zugänglich. Eine Änderung der Proportionen am Kunststoffmarkt zu Gunsten biobasierter Materialien wird sich allerdings auch mittelfristig nur dann einstellen, wenn sich bei gleicher Performance ein Kostenvorteil erreichen lässt oder wenn bei vergleichbaren Kosten ein zusätzlicher Nutzen generierbar ist. Eine oft vereinfachte Betrachtung, dass »biobasiert« per se CO₂- Neutralität bedeutet, ist hier sicher kein auf Dauer belastbares Moment.

Die industrielle Einführung biotechnologischer Rohstoffe für die Synthese von Kunststoffen ist heute am weitesten bei der Herstellung, Verarbeitung und Applikation von Poly-L-Lactid fortgeschritten. Mit den PLA-Produkten von NatureWorks (USA) stehen thermoplastisch verformbare und biologisch abbaubare Kunststoffe, insbesondere für den Verpackungsbereich zur Verfügung. Mit der beginnenden Industrialisierung einer effizienten biotechnologischen Herstellung von D-Milchsäure und deren Verwendung als Cokomponente bei der PLA-Synthese wird gegenwärtig ein entscheidender Schritt auf den Weg gebracht, die Materialeigenschaften von PLA deutlich verbessern und daneben variabler gestalten zu können.

Im Zusammenhang mit Initiativen im Land Brandenburg, eine PLA- Produktion zu etablieren, werden eigene FuE-Arbeiten auch auf diese Zielrichtung fokussiert. Ziel der Arbeiten des Fraunhofer IAP ist es dabei, die Entwicklung von PLA-Materialien mit verbesserten Gebrauchseigenschaften für unterschiedliche Anwendungen zu forcieren, um eine schnelle Marktfähigkeit zu erreichen. Im Mittelpunkt stehen dabei Untersuchungen zur Steuerung der Polymerstruktur über unterschiedliche Synthesemethoden wie Umesterung, gezielte Endgruppenfunktionalisierung, Copolymerisation, Kettenverknüpfung oder Kettenverzweigung.



1 *Polymer particles isolated after dispersion polymerization.*

Polymer-Nanokomposite – klassische Kunststoffe mit verbesserten Materialeigenschaften

Materialinnovationen resultieren heute und auch zukünftig nicht aus neu zu kreierenden Polymerstrukturen. Vielmehr erobern die klassischen Polymermaterialien zunehmend weitere Segmente der Spezialpolymere, indem das Eigenschaftsprofil dieser Kunststoffe an die entsprechenden Erfordernisse angepasst wird. Hierbei spielen Polymerblending oder die Verstärkung mit Fasern oder nanoskaligen Materialien eine entscheidende Rolle. Wegen des hohen Verhältnisses von Oberfläche zum Volumen von Nanopartikeln oder –fasern können oft signifikante Effekte schon bei Zugabe sehr geringer Konzentrationen erreicht werden. Nanokomposite finden deshalb zunehmend Einzug in Kunststoffapplikationsfelder, wo verbesserte Barriereigenschaften, höhere Temperaturstabilitäten, oder Leitfähigkeit gefordert werden. Im Forschungsbereich werden FuE-Arbeiten zu Heterokettenpolymeren (Polyester, Polyamide) durch Untersuchungen zur Verbesserung der Materialeigenschaften solcher Kunststoffe durch Nanoverstärkung begleitet. Im Vordergrund stehen dabei systematische Untersuchungen zur Darstellung von Nanokompositmaterialien über in-situ Polymerisation. Durch optimale Gestaltung der Prozesse gelingt es, dass sowohl bei der Synthese von PET als auch bei PA 6.6 Materialverbesserungen erreicht werden können. Innerhalb eines Verbundvorhabens werden mit dem Ziel, Polyamidleichtbauteile mit hohen Festigkeiten zu entwickeln, die Untersuchungen hinsichtlich der Optimierung des Polymerisationsverfahrens und der Eignung marktgängiger Partikelsysteme für die jeweilige Applikation fortgesetzt.

Partikelanwendungen

Seit der ersten praktischen Nutzung der Mikroverkapselungstechnologie zur Herstellung von Reaktionsdurschreibepapier vor mehr als 50 Jahren hat sich dieses Gebiet sowohl hinsichtlich der Verkapselungstechnologien als auch der Stoffvielfalt zu umhüllender Substanzen enorm erweitert. Sie ist heute eine komplexe, vielseitige, branchenübergreifende sowie forschungs- und praxisrelevante Technologie. Polymerbasierte Mikropartikel finden ihre Anwendung in fast allen industriellen Bereichen.

Seit vielen Jahren bilden FuE-Arbeiten auf diesem Gebiet einen Schwerpunkt des Forschungsbereichs. Im Mittelpunkt stehen dabei sowohl die Entwicklung angepasster Techniken und Verfahren zur Einstellung definierter Kapselgrößen oder Kapselwandeigenschaften, als auch die Suche nach geeigneten bzw. die Optimierung von kommerziell verfügbaren Ausgangsmaterialien für die Kapselbildung oder eine anwendungsorientierte Systemoptimierung. Intensiv werden dabei auch Fragestellungen bearbeitet, die zu einer Erweiterung des Applikationspotenzials von Verkapselungsverfahren auf der Basis von Aminoharzen führen sollen. Unter Berücksichtigung zulassungsrechtlicher Beschränkungen bei der Anwendung derartiger Systeme wurden FuE-Arbeiten mit dem Ziel initiiert, den Formaldehydgehalt in den Mikrokapseln zu reduzieren bzw. bei der Synthese der Aminoharze vollständig auf Formaldehyd zu verzichten.

Durch Integration von Know-how auf dem Gebiet der Heterophasenpolymerisation und der reaktiven Funktionalisierung von Polymerpartikeln in die Gruppe, sind wir nunmehr in der Lage, das Anwendungsportfolio von Kapselsystemen hinsichtlich der Partikelgröße, aber auch der Applikationstechnologie (z.B. reaktive Anbindung an Substrat) zu erweitern und entsprechende Kundenanfragen qualifiziert zu bearbeiten.

Zur weiteren Verbesserung des Technologietransfers von Verkapselungsverfahren und Kapselapplikationen in die Wirtschaft ist in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IAO eine Technologieplattform mit dem Ziel etabliert worden, interessierten Firmen einen kompakten Einblick in neueste Entwicklungen auf diesem Gebiet zur Verfügung zu stellen.

SUSTAINABILITY OF POLYMER SYNTHESIS

Studies carried out by renowned organizations and societies all predict a continuous rise in the number of polymers produced using renewable resources and expect a growth in production volumes from a current 400,000 to, depending on the source, 2 to 3.5 million tons annually by 2020. In addition to the packaging industry, in which bio-based materials have already captured a stable share of the market, the polymer chemical industry is increasingly focusing on the application areas of large-tonnage mass products or even technical construction materials. The same amount of focus is being placed on developments in which polymer materials are constructed completely out of bio-based raw materials or where bio-based components are combined with petrochemically-based reactants. Examples of commercial opportunities for purely bio-based materials are polylactic acid (NatureWorks; corn starch-based, glucose), polyamide 11 (ARKEMA, castor oil) or polyethylene (Braschem, Dow Chemical; via bioethanol from sugar cane). Examples of partially bio-based materials are thermoplastic polyurethanes (BASF, sugar-based diol components), polytrimethylene terephthalates (DuPont, 1,3-propanediol from plant oil) or polyamides such as PA 4.10 or PA 6.10 (DSM; sebacic acid from plant oils).

The shortage in fossil raw materials and the resulting dramatic increase in crude oil prices in the past few decades was without a doubt an argument for the polymer chemical industry to redefine itself on a more ecologically sustainable basis. Polymer manufacturers are also responding to the increasing demands made by the plastics application sectors, such as the electronics, automobile and the fast-growing recreation and sport equipment industries for improved CO₂ neutrality in the plastics they use. The demand for »bio« materials from these sectors is fundamentally driven by the expectation that the improved CO₂ balance resulting from this is beneficial for the ecological assessment of their own final market products.

Biopolymers such as celluloses, hemicelluloses, starches, lignin, chitin and proteins are produced naturally in nearly unlimited quantities. They, along with natural low-molecular plant oils, animal fats and sugars, form an alternative to fossil raw materials which can be used in the synthesis of numerous chemical raw materials. These polymers, unmodified or derivatized in various applications, have, to a certain extent, a large share of the market. Basic materials are accessible for the production of bio-based plastics by bio-converting agricultural raw materials or by combining biotechnical procedures and chemical-catalytic processes. Bio-based materials can only achieve a greater share of the market in the medium-term if a cost advantage is created for the same performance or if an additional use can be procured for the same price. The often simplified view that »bio-based« means CO₂ neutral will certainly not prove resilient over the long term.

The industrial introduction of biotechnological raw materials for the synthesis of plastics has progress furthest in the production, processing and application of Poly-L- Lactide. The PLA products from NatureWorks (USA) are thermoplastically shapeable, biodegradable plastics intended for the packaging industry in particular. The start of an efficient biotechnological production of D-lactate on an industrial scale and its use as a co-component in PLA synthesis is currently decisive in greatly improving the material properties of PLA and also making it more variable.

R&D work is also being carried out in connection with the initiative to establish PLA production in the state of Brandenburg. The aim of the work at Fraunhofer IAP is to accelerate the development of PLA materials that have improved performance characteristics for various applications in order to quickly achieve commercial viability. Focus of the experiments is on influencing the polymer structure using various methods of synthesis such as transesterification, targeted end group functionalization, copolymerization, cross-linking or chain branching.

Polymer nano-composites – traditional plastics with improved material properties

Material innovation is, today and in the future, not the result of the creation of new polymer structures. Rather, traditional polymer materials are capturing further segments of special polymer areas by adapting the properties of these plastics to meet demands. Polymer blending and reinforcement with fibers and nano-scale materials play a decisive role in this. Due to the high surface to volume ratio of nanoparticles or nanofibers, significant effects are often achieved by adding even very small concentration levels. Nanocomposites are being used more and more in fields of plastic applications where improved barrier properties, higher temperature stability or conductivity is required. R&D in hetero-chain polymers (polyesters, polyamides) is accompanied by investigation into improving the material properties of such plastics through nano-reinforcement. Focus is on the systematic investigation to characterize nano-composite materials through in-situ polymerization. Through process optimization it is possible to improve material properties both in the synthesis of PET as well as in the synthesis of PA 6.6. As part of a joint project, work continues on optimizing the polymerization process and adapting marketable particle systems for each application with the aim of developing high-strength polyamide-based light weight components.

Particle applications

Since the first practical use of microencapsulation technology for the production of carbon copy paper more than 50 years ago, this field has expanded enormously in terms of encapsulation technology and material diversity of coating substances. Today it is a complex, diverse, cross-sector technology that is relevant in research and in practice. Polymer-based micro-particles are used in nearly all branches of industry.

For many years R&D has focused on this area. It had concentrated on developing techniques and procedures that set defined capsule sizes or capsule wall properties. It has also looked for suitable or optimized basic materials that are available commercially to construct capsules and for an application-oriented system optimization. Finding answers that would lead to expanding the application potential of encapsulation processes based on amino resins is being intensively worked on. Taking into consideration the restrictions in place for such systems, R&D has begun focusing on reducing the content of formaldehyde in the microcapsules or doing away with formaldehyde altogether through the synthesis of amino resins.

By integrating know-how in the area of heterophase polymerization and reactive functionalization of polymer particles, we are now able to expand the application portfolio of capsule systems in terms of particle size and application technology (e. g. reactive binding to the substrate) in order to meet customer requirements.

A technology platform was established together with the Fraunhofer IAO in order to improve the transfer of technology to industry in terms of encapsulation processes and capsule applications. It enables companies to have a compact look at the latest developments in this field.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Synthese von Polymeren

Produktentwicklung

- Synthetische und biobasierte Polyester, Polyamide, Polyurethane
- Aminoharze
- C-Kettenpolymere

Prozessentwicklung

- Polykondensation in Lösung und Schmelze
- Synthese von Polymeren durch Polyaddition
- Radikalische Polymerisation in Lösung, Masse und in Heterophasensystemen
- Polymersynthesen und Polymermodifizierung durch Reaktivextrusion
- Optimierung technischer Polymersyntheseprozesse
- Herstellung von Compounds durch in-situ Prozesse

Partikelanwendungen

Partikelsynthese

- Morphologiekontrollierte Heterophasenpolymerisation
- Oberflächenmodifizierung synthetischer Polymerkolloide (Ligandenkopplung, Ausrüstung als Biomolekülträger)
- Einschlusspolymerisation von Pigmenten, Fluoreszenzmarkern und Wirkstoffen
- Reaktive und nichtreaktive Mikroverkapselung von Wirkstoffen (Pharmaka, Lebens- und Futtermittelergänzungstoffe, Kunststoffadditive, Reaktionskomponenten für Kleb- und Dichtstoffe)

Charakterisierung

- Abbau- und Freisetzungsstudien für Wirkstoffträger
- Elektrokinetische Charakterisierung kolloidaler Dispersionen (Strömungspotenzial, elektrophoretische Mobilität, Zetapotenzial)
- Bestimmung der Oberflächenladungsdichte kolloidaler Dispersionen

APPLICATIONS AND SERVICES

Polymer synthesis

Product development

- Synthetic and bio-based polyesters, polyamides, polyurethanes
- Amino resins
- C-chain polymers

Process development

- Polycondensation in solution and melts
- Synthesis of polymers through polyaddition
- Radical polymerization in solution, in bulk and in heterophase systems
- Polymer synthesis and polymer modification through reactive extrusion
- The optimization of technical polymer synthesis processes
- The manufacture of compounds in in-situ processes

Particle applications

Particle synthesis

- Morphology controlled heterophase polymerization
- Surface modification of synthetic polymer colloids (ligand coupling, outfitting as biomolecular carriers)
- Inclusion polymerization of pigments, fluorescence markers and active substances
- Reactive and non-reactive microencapsulation of active ingredients (pharmaceuticals, food and feed supplements, plastic additives, reaction components for adhesives and sealants)

Characterization

- Degradation and dissolution studies for carrier systems
- Electro-kinetic characterization of colloidal dispersions (streaming potential, electrophoretic mobility, zeta potential)
- Determination of surface charge density of colloidal dispersions

Kontakt Contact

Forschungsbereichsleiter
Division director
Synthese- und Polymertechnik
Synthesis and polymer technology



Dr. Mathias Hahn

Telefon +49 331 568-1320
Fax +49 331 568-3000
mathias.hahn@iap.fraunhofer.de

Mikroverkapselung
Microencapsulation

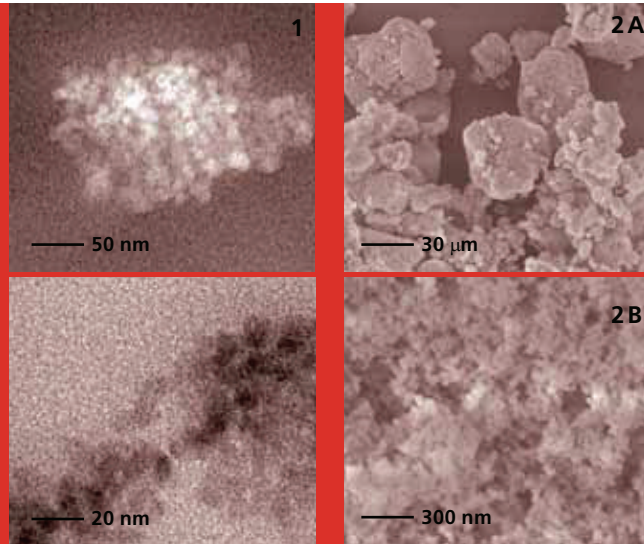
Dipl.-Ing. Monika Jobmann

Telefon +49 331 568-1213
Fax +49 331 568-2513
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



1 Aggregates spray-dried Kostrosol particles after compounding in PA6 (Institut für Nichtklassische Chemie Leipzig, 2007 Activity Report, p. 29).

2 A Wide-angle image of aerosil.

2 B Detailed image of aerosil.

In-situ Nanocomposite von PA66

Polymer-Nanocomposite haben in den vergangenen Jahren zunehmendes Interesse am Kunststoffmarkt erlangt. Wegen des hohen Oberflächen-/Volumen-Verhältnisses von Nanomaterialien gelingt es, signifikante Effekte hinsichtlich der Verbesserung von Materialeigenschaften schon bei Einarbeitung geringer Anteile in die Polymermatrix zu erreichen. Voraussetzung ist dabei jedoch, dass eine annähernd homogene Verteilung der nanoskaligen Füllstoffe in der Matrix erreicht wird. Bereits wenige Agglomerate verursachen Störungen im Gesamtgefüge und führen zu Festigkeitsverlusten. Insbesondere Nanocomposite auf der Basis von Polyamid erfüllen hinsichtlich mechanischer oder thermischer Eigenschaften hohe Materialanforderungen und haben dadurch ein beachtliches Marktpotenzial erreichen können. Grundsätzlich können Nanocomposite auf klassischem Weg durch Compoundierung (Einbringung der Nanomaterialien in die Polymer-schmelze) oder aber durch In-situ Polymerisation hergestellt werden.

Nanocomposite durch Compoundierung im Extruder

Kommerziell bereits verfügbare Polymer-Nanocomposite werden ausschließlich durch Einmischung von Nanoteilchen in die Polymere mittels Extrusion hergestellt. Schichtsilikate müssen vor dem Einmischen zunächst aufgeweitet werden, um eine Exfolierung der Schichten zu erreichen. Die zur Aufweitung eingesetzten Substanzen werden verarbeitet. Sie verbleiben in der Polymermatrix und können folglich die Eigenschaften beeinflussen. Sphärische Nanopartikel dagegen können durch Extrusionstechnik (Fig. 1) bis zu Aggregatgröße aufgeschert werden. Wesentliche Herausforderung bei der Entwicklung von Nanocompositen durch Extrusionstechnologie ist die maschinentechnische Lösung der immens ansteigenden Schmelzeviskosität bei der Einarbeitung der Nanoteilchen.

Nanocomposite durch »In-situ Polymerisation«

Die In-situ Polymerisationstechnologie kann zur Herstellung von Nanocompositen mit Vorteil dort angewendet werden, wo die Polymerebaureaktion in einer Lösung der Monomere startet und die Oberfläche der Nanoteilchen mit den zu polymerisierenden Monomeren benetzt werden kann. Es wurden Untersuchungen zur Darstellung von PA-Nanocompositen auf der Basis von AB-Polyamiden wie z. B. PA 6.6 begonnen und als ersten Schritt den Dispergierungsprozess von sphärischen Materialien (handelsüblicher Aerosile) untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass im Dispergierungsprozess sowohl die in Agglomeratform (vgl. Fig. 2A und 2B) vorliegenden Nanoteilchen als auch Aggregate, die bereits als Nanopartikel bezeichnet werden können, in Primärpartikel zerfallen und wegen der sehr guten Wechselwirkung der Monomereinheiten mit der Oberfläche der Nanoteilchen auch stabilisiert werden. Der Zerfall der Aggregate und die Möglichkeit der Stabilisierung der Primärpartikel im Monomer wurden durch Messung der Partikelgrößen verfolgt. Wie in Figure 3 zu sehen ist, konnten die im Größenbereich von 130-160 nm liegenden Aggregate schon in der Monomerlösung weiter verkleinert werden. Die erreichbaren Partikelgrößen entsprechen annähernd den in der Literatur angegebenen Größen der Primärpartikel von ca. 50 nm. Durch die erreichte Benetzung der Nanoteilchen mit Monomer erfolgt im Polymerisationsprozess eine bessere Anpassung an die Polymermatrix, was folgerichtig auch zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Partikel im Polymer führt (Fig. 4).

3

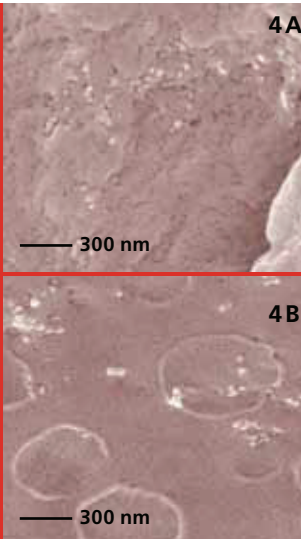
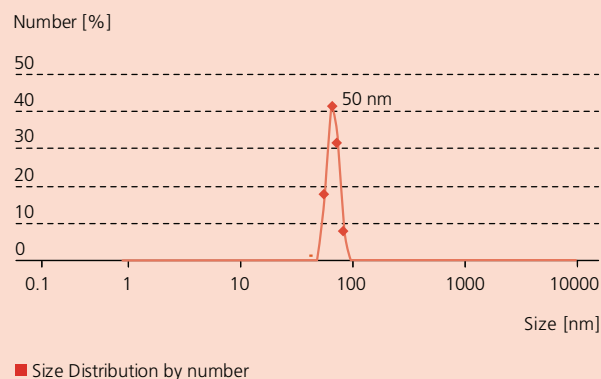
4A

3 Particle size distribution of aerosil in monomer dispersion at 80 °C (Zetasizer Nano ZS).

4A 1 percent aerosil in PA66.

4B 5 percent aerosil in PA66.

4B



In-situ Nanocomposites of PA66

There has been increased interest in the plastics market within the past few years for polymer nanocomposites. Due to the high surface area to volume ratio of nanomaterials, material properties can be significantly improved even when a small amount of polymer matrix is introduced. However it is imperative that there is a near homogenous distribution of the nanoscale filler within the matrix. Even just a few agglomerates can compromise the entire structure and lead to loss of strength. Particularly polyamide nanocomposites fulfill high material requirements in terms of mechanical and thermal properties and thus have a very high market potential. Nanocomposites can be produced in the traditional way through compounding (introducing the nanomaterials into the polymer melt) or through in-situ polymerization.

Producing nanocomposites through compounding in an extruder

Polymer nanocomposites that are now available commercially can only be produced by mixing the nanoparticles into the polymers through extrusion. Layered silicates have to swell before they are mixed in, in order to exfoliate the layers. The substances used in this swelling process are processed. They remain in the polymer matrix and can therefore affect its properties. Spherical nanoparticles, on the other hand, can be fused together through extrusion technology (Fig. 1) to achieve the size of aggregates. A major challenge in the development of nanocomposites using extrusion technology is to find an engineering solution to the problem of the immense increase in melt viscosity when introducing the nanoparticles.

Producing nanocomposites through »in-situ polymerization«

In-situ polymerization techniques can be advantageously applied to the production of nanocomposites when the polymer build-up reaction starts in a solution of monomers and the surface of the nanoparticles are able to be wetted with the monomers that are going to be polymerized. Investigations for characterizing AB polyamide-based PA nanocomposites such as PA 6.6 have begun and the dispersion process of spherical materials (commercial aerosiles) were examined as a first step. It was revealed that during the dispersion process, both the nanoparticles in the form of agglomerates and the aggregates which can already be considered nanoparticles, disintegrate into primary particles (compare Fig. 2A and 2B) and are stabilized due to the excellent interaction between the monomer units with the surface of the nanoparticles. The disintegration of the aggregates and the potential for stabilizing the primary particles in monomers is tracked by measuring the particle sizes. As can be seen in Figure 3, aggregates of between 130-160 nm in size can be made even smaller. The particle sizes that are thus achieved are around 50 nm and correspond to the size of the primary particles found in literature. The result is better assimilation into the polymer matrix during the polymer process because the nanoparticles are wetted by the monomers. This, in turn, leads to a more even distribution of the particles in the polymer (Fig. 4).

Kontakt Contact



Dr. Frank Börner

Telefon +49 331 568-1201

Fax +49 331 568-3000

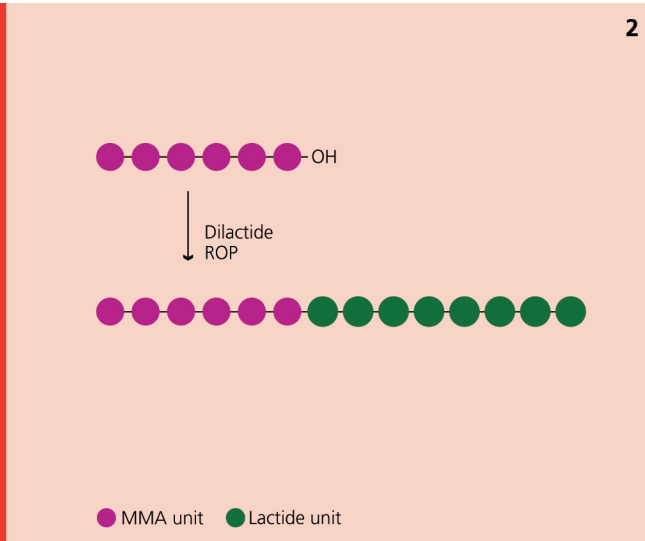
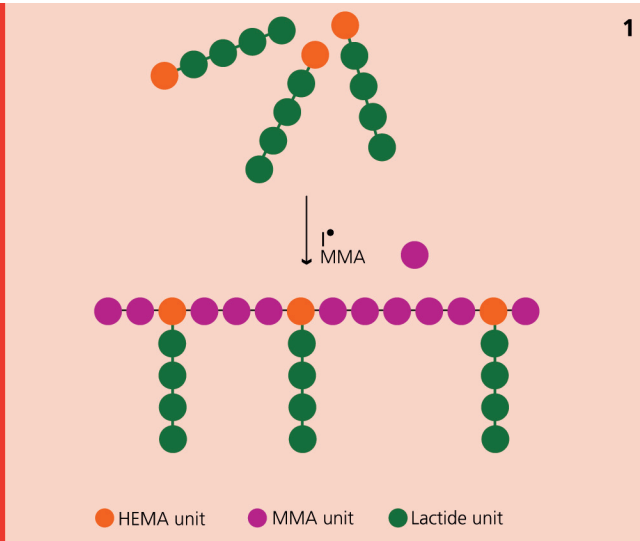
frank.boerner@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Investitionsbank Sachsen-Anhalt

Kooperation Collaboration

– Fraunhofer IWM, Halle



Synthesewege für nichtstatische Polyactid (PLA)-Copolymere

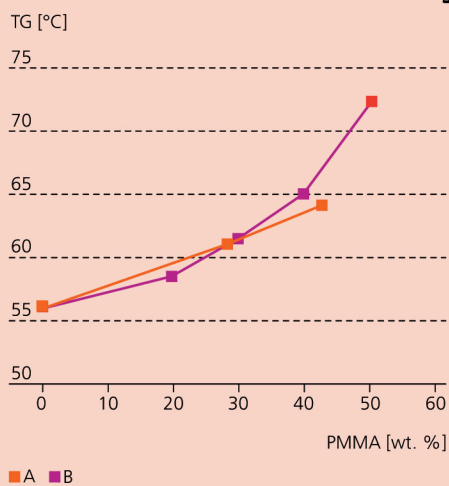
Obwohl PLA über eine Reihe interessanter Materialeigenschaften verfügt, die dem biobasierten Polymer insbesondere Marktpotenziale im Verpackungsbereich sichern, verlangt die Eroberung breiterer Applikationsfelder die Verbesserung von mechanischen und thermischen Eigenschaften. Im Rahmen von FuE-Arbeiten wurden u. a. Untersuchungen zur Kombination von Poly-L-Lactid (PLLA) mit anderen thermoplastischen Werkstoffen in Form von nichtstatischen Copolymeren durchgeführt. Dazu wurden zwei Synthesewege angewendet, denen gemein ist, dass eine radikalische Polymerisation mit einer Ringöffnungspolymerisation (ROP) kombiniert wird. Beide Syntheseverfahren führen zu nichtstatischen, jedoch strukturell verschiedenen Copolymeren. Im Folgenden werden einige Ergebnisse anhand von Copolymeren aus PLLA und Poly-Methylmethacrylat (PMMA) dargestellt.

Syntheseroute 1 nutzt eine durch die Hydroxylgruppe von Hydroxyethylmethacrylat (HEMA) initiierte ROP von L,L- Dilactid zur Synthese von mit einer Doppelbindung funktionalisierten PLLA-Präpolymeren (PLLA-Makromonomere). Die Molmasse der Makromonomere ist durch das Verhältnis von HEMA zu L,L-Dilactid in der ROP bestimmt und kann problemlos im Bereich 5-50 kD variiert werden. Werden so dargestellte PLLA-Makromonomere im Rahmen einer klassischen radikalischen Polymerisation mit MMA umgesetzt, so werden Pfropfcopolymere erhalten (Fig.1).

In Syntheseroute 2 wurden unter Nutzung geeigneter Initiatorer (WAKO VA-086) und Kettenüberträger (Mercaptoethanol) zunächst funktionalisierte PMMA-Präpolymere mit einer endständigen Hydroxylgruppe in einer radikalischen Polymerisation synthetisiert. Die Molmasse der Präpolymere kann dabei in einfacher Weise über die Konzentration an Kettenüberträger variiert werden. Entsprechende Präpolymere konnten nun in einem zweiten Schritt als Initiatorer in der ROP von L,L-Dilactid eingesetzt werden. Erhalten wurden so Diblockcopolymere (Fig. 2). Es konnte gezeigt werden, dass Molmasse und Zusammensetzung der Blockcopolymere eine Funktion der Molmasse und der eingesetzten Menge des Präpolymers im Verhältnis zum L,L-Dilactid sind.

Die erhaltenen nichtstatischen Copolymere wurden bezüglich ihrer thermischen Eigenschaften mittels Differential Scanning Calorimetry (DSC) untersucht. Im Gegensatz zu Blends aus PLLA und PMMA, für die im Thermogramm die Glastemperaturen beider Homopolymere (ca. 58 °C bzw. 105 °C) gefunden wurden, weisen die Blockcopolymere nur eine Glasübergangstemperatur auf, die sich für beide der synthetisierten Strukturen mit steigendem PMMA-Anteil im Vergleich zum PLLA-Homopolymer deutlich erhöht (Fig. 3).

Die vorgestellten Reaktionsmechanismen ermöglichen prinzipiell den Aufbau einer Vielzahl von PLLA-Blockcopolymeren unter Nutzung verschiedener Cokomponenten. Das Potenzial derartiger Blockcopolymere vor allem im Hinblick auf Anwendungen, die eine höhere Wärmeformbeständigkeit erfordern, als sie reines PLLA aufweist, wird gegenwärtig untersucht.



3

1 Graft copolymer.

2 Block copolymer.

3 Glass transition temperature (TG) of non-statistical copolymers in dependence on the PMMA fraction.

A Comb polymer based on PLLA macromonomer ($M_n \sim 22$ kD).

B Diblock copolymer based on PMMA prepolymer ($M_n \sim 21$ kD).

Syntheses for non-statistical polylactide (PLA) copolymers

PLA possesses some interesting material properties that ensure that the biologically-based polymer will do well on the market, especially in the packaging sector. It is nevertheless necessary to enhance its mechanical and thermal properties in order to open additional fields of applications. As part of current R&D activities in this area, investigations were carried out in which poly-L-lactide (PLLA) was combined with other thermoplastic materials to develop non-statistical copolymers. Two different syntheses were applied both of which combined radical polymerization with a ring opening polymerization (ROP). Both methods of synthesis produced non-statistical, yet structurally different copolymers. The results are presented below based on copolymers of PLLA and poly (methyl methacrylate) (PMMA).

Synthesis route 1 makes use of an ROP of L,L-dilactide, initiated by a hydroxyl group of (hydroxyethyl)methacrylate (HEMA) to synthesize a PLLA prepolymer (PLLA macromonomer) that is functionalized with a double bond. The molar mass of the macromonomers is defined by the ratio between the HEMA and the L,L-lactide in the ROP. It can easily be varied between 5 and 50 kD. When these PLLA macromonomers react in a standard radical polymerization with MMA, comb polymers are the result (Fig. 1).

In synthesis route 2, prepolymers with a terminal hydroxyl group are synthesized at the beginning of the process by radical polymerization using suitable initiators (WAKO VA-086) and chain transfer agents (mercaptoethanol). The molar mass of the prepolymers can easily be varied by means of the concentration of the transfer agent. Corresponding prepolymers can now be applied in a second step as initiators for the ROP of L,L-dilactide resulting in diblock copolymers (Fig. 2). It was proven that molar mass and the composition of the block copolymers depend on the molar mass and the amount of the prepolymers applied in relation to the L,L-dilactide.

The synthesized non-statistical copolymers were tested for their thermal properties by differential scanning calorimetry (DSC). Contrary to blends of PLLA and PMMA whose thermogram showed glass transition temperatures for both homopolymers (58 °C and 105 °C, resp.), block copolymers showed just one glass transition temperature which increased significantly along with the PMMA content when compared to the PLLA homopolymer (Fig. 3).

The reaction mechanisms presented permit, in principle, the synthesis of many different PLA block copolymers using a variety of co-components. In terms of application which require a higher heat distortion temperature than that of pure PLLA, the potential of block copolymers of this kind is currently under intensive investigation.

Kontakt Contact



M. Sc. Giselher Dorff

Telefon +49 331 568-1217

Fax +49 331 568-3000

giselher.dorff@iap.fraunhofer.de

Dr. Antje Lieske

Telefon +49 331 568-1329

Fax +49 331 568-3000

antje.lieske@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe, FNR

Kooperation Collaboration

– Uhde Inventa Fischer, Berlin

– Pyramid Bioplastics Guben GmbH, Guben



pioneers in polymers



Dr. Erik Wischerhoff mit polymerbeschichtetem Siliziumwafer.

Dr. Erik Wischerhoff with Polymer-coated silicon wafer

WASSERBASIERENDE POLYMERSYSTEME WATER-BASED POLYMER SYSTEMS

- 82 Neue Gelatineblends für funktionale Gele**
New gelatin blends for functional gels

- 84 Gleiten statt Reiben – Funktionelle Hochleistungspolymere für die Medizin**
Slippage instead of friction – functional high performance polymers for medical applications

- 86 Nanotechnologie für Life-Science**
Nanotechnology for Life Science

- 88 Off- und On-line Charakterisierung von hochkonzentrierten Polymerdispersionen**
Off-line and on-line characterization of highly concentrated polymer dispersions

WASSERBASIERENDE POLYMERSYSTEME: NACHHALTIGKEIT UND EFFIZIENZ

In dem Bestreben, Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit und technische wie wirtschaftliche Effizienz miteinander zu verbinden, spielen wasserbasierende Polymersysteme eine herausragende Rolle. Denn Wasser ist ungiftig und unbrennbar, lässt sich problemlos entsorgen und recyceln, ist billig und überall vorhanden, und ist somit ein ideales Lösungs- und Dispergiermittel für Polymere. Entsprechend weisen wasserbasierende Systeme bei der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Polymeren eine Reihe ökologischer als auch wirtschaftlicher Vorteile auf. Dies macht nicht nur die Entwicklung neuer wasserbasierender Systeme attraktiv, sondern auch die Umstellung von traditionell, mit organischen Lösungsmitteln hergestellten bzw. verarbeiteten Produkten, auf wasserbasierende Alternativen. Nach wie vor besteht ein großes Innovationspotenzial in den klassischen Einsatzgebieten wasserlöslicher bzw. -verträglicher Polymersysteme. Zu nennen sind hier beispielsweise Abwassertechnologie, Baustoffe, Papierherstellung, Lebensmittelverarbeitung, Hygieneartikel oder kosmetische und pharmazeutische Produkte. Doch auch in den neuen Hochtechnologiefeldern wie der Nano- und Biotechnologie, Medizintechnik, Mikroelektronik oder Photonik eröffnen wasserbasierende Polymersysteme neue Anwendungen und Lösungsansätze für viele Probleme.

Die Aktivitäten und Expertise des Forschungsbereichs überdecken das gesamte Feld der wasserbasierenden Polymersysteme. Unsere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erstrecken sich von Monomer- und Polymersynthese über Synthesemethodik, Verfahrensentwicklung, Analytik und Charakterisierung in wässrigen Systemen bis zu diversen Anwendungen auch außerhalb von Wasser. Im Fokus unserer Aktivitäten stehen Stoffentwicklung, molekular gelöste und kolloidale Systeme sowie Hydrogele und Grenz- bzw. Oberflächen.

Wasserlösliche Polymere und Hydrogele

Typisch für wasserlösliche Polymere ist die große Zahl stark polarer oder geladener Gruppen, die eingebaut werden, um eine gute Verträglichkeit mit Wasser zu erreichen. Werden sie vernetzt oder an Oberflächen angebunden, quellen solche gut wasserträglich Polymere in Wasser auf und bilden Hydrogele, Superabsorber oder Ionenaustauscher.

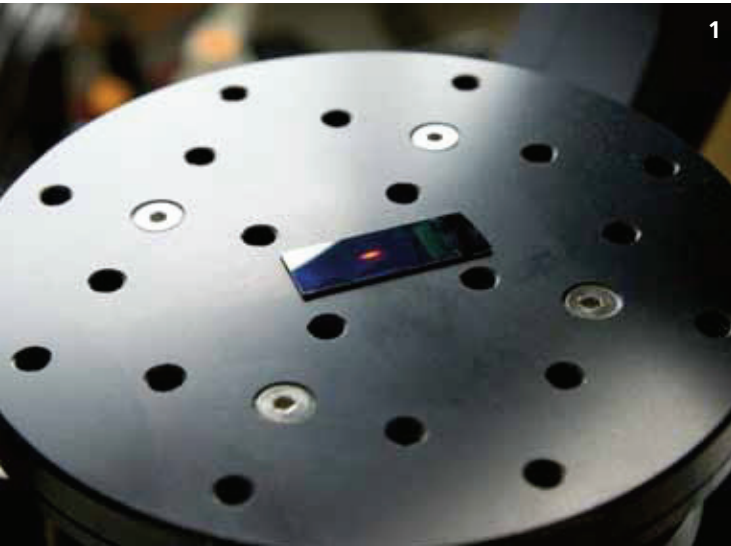
Weil wasserlösliche Polymere meist im Hintergrund wirken und somit nicht direkt sichtbar sind, wird ihre Bedeutung oft unterschätzt. Tatsächlich werden weltweit jährlich über 1.000.000 Tonnen wasserlöslicher Polymere produziert, die in vielfältigen Produkten und Prozessen Verwendung finden. Oft spielen sie dabei die Rolle von Schlüsselsubstanzen, und oft genügen dafür bereits kleine Mengen.

Die Entwicklung neuer Stoffe und Produkte am Fraunhofer IAP umfassen sowohl geladene Polymere, die sogenannten Polyelektrolyte, als auch ungeladene Systeme. Dazu kommen als Spezialprodukte Polyampholyte und Polyzwitterionen, die sowohl positiv geladene als auch negativ geladene Gruppen tragen. Alle diese Stoffklassen lassen sich je nach Anforderungsprofil auf Basis von synthetischen - wie Poly(meth)acrylaten oder Polyvinylamiden - oder natürlichen Polymeren - wie Proteinen oder Polysacchariden - herstellen.

Unsere große Erfahrung in der Herstellung, Charakterisierung und Anwendung, gekoppelt mit einer intensiven Erforschung der Grundlagen, haben uns speziell im Feld der Polykationen wie auch der Polyampholyte zu einer internationalen Führungsrolle verholfen. Die Anwendungsgebiete der kationischen Polymere zeigen anschaulich das Nebeneinander des Einsatzes von wasserlöslichen Polymeren in traditionellen Feldern wie auch in hochgradig innovativen Entwicklungen. Traditionelle Anwendungen umfassen ein breites Spektrum, das von Abwasserreinigung, Flockungsmitteln, Papierherstellung, Lackbestandteilen und Textilveredlung bis zu Haarfestigern und Weichspülern in Waschmitteln reicht. Neue Entwicklungen finden sich in Bereichen wie funktionalen und biologisch aktiven Oberflächen, Biosensoren, kontrolliertem Transport bzw. Freigabe von Arzneistoffen bis hin zur Gentherapie.

Stoffentwicklung

So unproblematisch Wasser für Mensch und Natur ist, chemisch ist es ein recht aggressiver Stoff. Es reagiert mit vielen organischen wie anorganischen Verbindungen, wie vom Rosten bekannt. Darum erfordern Polymersynthesen in Wasser und verwandten Lösemitteln besonderes Know-how, wie wir es über lange Jahre aufgebaut haben und ständig weiterentwickeln. Ein besonderer Schwerpunkt unserer



1 *Ellipsometry is a precise method to determine the thickness of functional nanocoatings.*

Entwicklungsarbeiten ist die radikalische Polymerisation, da diese gegenüber wässrigen Systemen besonders tolerant ist. Hier beschäftigen wir uns sowohl mit der Stoff- als auch der methodischen und der verfahrenstechnischen Seite und decken auch nicht-wässrige Anwendungen ab.

Auf der Stoffseite bearbeiten wir sowohl die Synthese neuer Monomere, als auch die von Initiatoren, Kettenreglern und -abbrechern. Dazu kommen Polymeradditive, wie z. B. neue Weichmacher oder UV-Stabilisatoren. Als neuen methodischen Ansatz haben wir uns in den letzten Jahren besonders den Methoden der sogenannten »kontrollierten« radikalischen Polymerisation gewidmet, die wir u. a. unter anwendungstechnischen Gesichtspunkten für wässrige Systeme weiterentwickelt haben. Diese Methoden eröffnen den Zugang zu Polymeren mit besser definierten molekularen Parametern sowie zu Polymeren mit spezieller makromolekularer Architektur. So lassen sich z. B. relativ einfach funktionale Block-Copolymere herstellen, die vielfältige Möglichkeiten für die Entwicklung neuer Tenside, Hydrogelbildner, Emulgatoren und Verträglichkeitsmacher bieten, bzw. neue Strategien für die Entwicklung nanostrukturierter Materialien eröffnen.

Polymerdispersionen

Auch wenn sie wasserunlöslich sind, lassen sich viele Polymere kolloidal in Wasser herstellen und verarbeiten, also in Form winzig kleiner, kompakter Teilchen. Solche Polymerdispersionen zeichnen sich durch exzellentes Fließverhalten und große Oberflächen aus. Dadurch zeigen selbst altbekannte Polymere als Dispersion zum Teil ungewohnte Eigenschaften und eröffnen neue Anwendungen. In diesem Feld schließen sich unsere Aktivitäten nahtlos an unser Arbeitsgebiet Dispersionspolymerisation an und ergänzen sich mit diesem wechselseitig. Entsprechend verfügen wir in dem Feld über große Erfahrung und eine leistungsstarke Analytik.

Mittels Dispersionspolymerisation oder gezielter Oberflächenmodifikation gelingt es auch, Nanopartikel mit besonderer Struktur herzustellen, wie z. B. Kern-Schale Teilchen mit funktionaler Oberfläche, wie sie für medizinische Diagnostika benötigt werden. Ein anderes Beispiel sind organisch-anorganische Hybridteilchen, wie z. B. umhüllte Eisenoxide für

magnetische Nanopartikel. Bei geschickter Prozessführung führt die Dispersionspolymerisation zu einheitlich großen Polymerpartikeln, die sich in Analogie zu Atomen - jedoch im Nano- bis Mikrometerbereich - dicht zu Kristallen packen können. Derartige »kolloidale Kristalle« finden ein großes Interesse aufgrund ihrer optischen Effekte, z. B. in dem Kontext, elektronische Datenspeicherung, -transport und -verarbeitung durch optische Verfahren zu ersetzen.

»Intelligente« Materialien

Während die Eigenschaften der meisten synthetischen Materialien permanent festgelegt sind, vermögen sich viele biologische Systeme an ändernde Umweltbedingungen anzupassen. In Analogie zu einem solchen Verhalten wird seit einigen Jahren versucht, Materialien zu entwickeln, deren Eigenschaften sich durch äußere Reize »schalten« lassen. Man spricht dann von »intelligenten« Materialien. Als Schalter kommen viele physikalische oder chemische Reize in Frage, von Temperatur über Licht und pH-Wert bis zu komplexen chemischen Reaktionen. Wasserlösliche Polymere bieten in diesem Gebiet besondere Möglichkeiten, nicht zuletzt weil sie sich manchmal gegen die Intuition verhalten. So lösen sich viele ungeladene Polymere zwar bei niedriger Temperatur in Wasser, fallen aber bei erhöhter Temperatur wieder aus. Eine solche Mischungslücke lässt sich gezielt zum Schalten nutzen: eine Temperaturveränderung von nur wenigen Grad verändert das Eigenschaftsprofil eines Polymers grundlegend. Wir untersuchen derzeit Einsatzmöglichkeiten solcher reversibel schaltbaren Polymere z. B. in Hydrogelen, an Oberflächen oder in Emulgatoren.

Die folgenden Aufsätze stellen aktuelle Arbeitsthemen mit den dazu gehörigen Partnern vor. Sie zeigen exemplarisch die Vielseitigkeit und -schichtigkeit wasserbasierender Polymersysteme und illustrieren die thematische Breite des Forschungsbereichs.

WATER-BASED POLYMER SYSTEMS: COMBINING SUSTAINABILITY AND EFFICIENCY

In the field of polymers, water-based systems play a key role when aiming for a combination of sustainability, ecological friendliness, as well as technical and economical efficiency. Water makes a perfect solvent and dispersing agent for polymers because it is non toxic, non-flammable, easy to recycle and dispose of, inexpensive and abundant. Therefore, water-based systems provide a number of ecological and equally economical benefits when polymers are produced, processed or employed. This not only makes the further development of water-based systems attractive, but also the use of water-based alternatives for products traditionally produced in organic solvents. There is still great potential for innovation in the traditional application fields of water-soluble or compatible polymer systems. This includes, for instance, waste water treatment, construction materials, paper making, food processing, personal care, cosmetics or pharmaceutical products. Also, water-based polymers can offer new solutions for many problems in high-tech fields such as nano and biotechnology, medical technology, microelectronics and photonics.

The research department's expertise and activities cover the entire field of water-based polymers. Research and development activities include monomer and polymer synthesis, synthesis methodology, and analysis and characterization in aqueous systems. Our activities also extend to various uses outside of water. Our work focuses on the development of new materials, molecularly-dissolved and colloidal systems as well as hydrogels, surfaces and interfaces.

Water soluble polymers and hydrogels

A key feature of water-soluble polymers is the large number of strongly polar or charged groups that are incorporated in order to render them compatible with water. If cross-linked or anchored to surfaces, such polymers swell markedly in water and may serve as hydrogels, super absorbents or ion exchangers. As water-soluble polymers are usually not directly visible, their importance is often underestimated. In fact, more than 1,000,000 tons of water soluble polymers are produced every year. They are used in diverse processes and products, in which they are frequently key substances. In many cases, small quantities are sufficient to achieve the desired effects.

The development of new materials and products in our department includes ionic polymers - so-called polyelectrolytes - as well as non-ionic polymers. They are complemented by specialty products such as polyampholytes and polyzwitterions, which simultaneously contain positively charged and negatively charged groups. Depending on the requirements and applications, all of these polymer classes can be produced using synthetic polymers, such as poly(meth)acrylates or poly(vinylamide)s, or natural polymers such as proteins or polysaccharides.

Our long-standing experience in the synthesis, characterization and application of polycations and polyampholytes, coupled with intense basic research activities, have made us internationally recognized, leading experts in these fields. The diversity of polycation applications graphically illustrates the co-existence of traditional uses for water soluble polymers alongside its use in highly innovative fields. For instance, polycations are traditionally employed in waste water treatment, flocculation processes, paper making, lacquers and textile finishing, but also in hair care, fabric softeners and detergents. New developments focus on uses such as functional and bio-active surfaces, biosensors, controlled transport and delivery of active materials and gene therapy.

Development of new materials

Though water is unproblematic for humans and nature, from a chemical point of view it is an aggressive substance. It reacts readily with many organic and inorganic substances, as exemplified by the well-known problem of rusting. Therefore, polymer synthesis is difficult in aqueous and related solvents. It requires special know-how, something which we have been acquiring over many years. Free radical polymerization is of great interest to us as this method is particularly tolerant of the presence of water. Our activities comprise material as well as methodological aspects and also cover non-aqueous applications.

In terms of materials, we develop new monomers as well as new initiators, chain transfer agents and terminating agents. Additionally, polymer additives, such as new plasticizers or UV-stabilizers, are being explored. In terms of the development of new methods, we have carried out a lot of investigation into so-called »controlled« free radical polymerization in recent years which, for example, we have adapted to applications in water-based systems. These methods give rise to polymers with more defined molecular parameters as well as to polymers with particular macromolecular architecture. For instance, functional block copolymers, which are promising candidates for new surfactants, gelators, emulsifiers, or compatibilizers can be produced with limited effort. Moreover, new strategies for the development of nano-structured materials become feasible.

Polymer dispersions

Even if not soluble in water, many polymers can be synthesized and processed in aqueous media as colloidal systems, i. e. in the form of extremely small, compact particles. Such polymer dispersions are characterized by excellent rheological behavior and very large surface areas. Therefore, even well-known polymers can exhibit unusual properties when prepared as dispersions, and thus may enable new applications. This activity is closely related to our expertise in dispersion polymerization and both activities complement one another. Consequently, we possess a great deal of experience as well as highly-efficient analytical procedures in this field.

Dispersion polymerization enables nanoparticles to be prepared with a special internal structure, such as core-shell particles with a functional surface, as is required, for instance, in medical diagnostics. Another example is organic-inorganic hybrid particles, such as coated iron oxide, used for magnetic nanoparticles. Well-conducted dispersion polymerizations also enable the production of nanoparticles that are uniform in size, which, like atoms but on a nano to micrometer scale, can aggregate into densely packed crystals. Such »colloidal crystals« are highly interesting by virtue of their optical effects for replacing electrical data storage, transport and processing, for example, with equivalent optical processes.

»Smart« materials

The properties of most materials are permanently fixed. In contrast, many biological systems may adapt actively or passively to a changing environment. In order to mimic such behavior, recent years have seen attempts to develop materials that can switch their properties based on an external stimulus for which the term »smart« materials was coined. Numerous chemical and physical stimuli may serve as potential switches, including temperature, light, pH-value or complex chemical reactions. Water soluble polymers offer special possibilities in this regard. In particular, they may sometimes behave counter-intuitively. Many non-ionic polymers dissolve for instance at low temperatures in water, but precipitate when the solution is heated. Such a miscibility gap can be exploited as a switch: a temperature increase of a few degrees may be sufficient to modify the property profile of a polymer. We are currently exploring application areas for such reversibly switchable polymers such as in hydrogels, on surfaces or as emulsifiers.

The following essays reflect the wealth of topics dealt with in our division and present some of our partners. The recent topics chosen illustrate the versatility and complexity of water-based polymer systems and help exemplify the broad range of our expertise and skills.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Wasserlösliche Polymere

Ausgewählte

Anwendungen

- Viskositätsregulierung
- Papierhilfsmittel
- Prozesshilfsmittel für Trennprozesse
- Schwermetall-Immobilisierung
- Verträglichkeitsmacher
- Solubilisatoren, Emulgatoren und Dispersionsstabilisatoren
- Tenside
- Trägerstoffe
- Zusatzstoffe in Kosmetika und Pharmazeutika
- Hydrogele
- Oberflächenmodifizierung
- temporäre und leitfähige Schichten

Neue Synthesen und Verfahren

- Initiatoren, Kettenregler und Funktionsmonomere
- Dispersionspolymerisation im wässrigen Medium
- Pfropfcopolymerisation in inverser Emulsion
- Polymerisation nach kontrollierten Mechanismen
- Modifizierung von Precursor-Polymeren

Definierte Molekülarchitekturen

- Polyelektrolyte mit gezielt eingestellter Ladungsdichte, Ladungsstärke, variablem Verhältnis hydrophiler und hydrophober Anteile
- Blockcopolymer
- polymere Tenside
- Polyelektrolyte mit alternierenden Ladungen (Pfropf-, Kammstruktur)
- polymere Betaine
- reversible und irreversible Gele
- Ionomere

Dispersionen und Kolloide

Spezialdispersionen

- maßgeschneiderte Partikelgrößen und -verteilungen im Nano- und Mikrometerbereich
- Einstellung von Partikelmorphologien, Funktionalität, Reaktivität
- Steuerung der Viskosität, Lagerstabilität und des Filmbildungsverhaltens für Beschichtungen

Modellkolloide

- Oberflächenpräparation als Träger von Biomolekülen für die medizinische Diagnose und die gezielte Wirkstofffreisetzung
- Farb-, Fluoreszenz- oder magnetische Markierung für medizinische Therapien
- Aufbau zwei- und dreidimensionaler Gitter aus Polymerkolloiden einheitlicher Größe als optische Sensorelemente (z. B. für Farberkennung, Abstandsmessung und als Masken)

Synthesen

- Emulsions- und Dispersionspolymerisation in wässrigen und inversen Systemen

Komplexe chemische Analyse

- von Polymeren, Additiven und Tensiden

APPLICATIONS AND SERVICES

Water-soluble polymers

Selected applications

- viscosity regulation
- papermaking aids
- process aids for separation processes
- immobilization of heavy metals
- compatibilizers
- solubilizers, emulsifiers and dispersion stabilizers
- surfactants
- carrier materials
- additives for cosmetic and pharmaceutical formulations
- hydrogels
- surface modification
- temporary and conducting layers

New syntheses and processes

- initiators, chain transfer agents and functional monomers
- dispersion polymerization in aqueous systems
- graft polymerization in an inverse emulsion
- polymerization by controlled mechanisms
- modification of reactive precursor polymers

Defined molecular architectures

- polyelectrolytes with adjusted charge density, ionic strength,
- variable hydrophobic-hydrophilic balance
- block co-polymers
- polymeric surfactants
- polyelectrolytes with alternating charges (graft and comb structures)
- polymeric betaines
- reversible and irreversible gels
- ionomers

Dispersions and colloids

Special dispersions

- tailored particle sizes and size distributions in the nano and micron ranges
- adjustment of particle morphology, functionality and reactivity
- control of viscosity, storage stability and the film formation behavior for coatings

Model colloids

- surface modification as biomolecule carriers for medical diagnostics and controlled drug release
- color, fluorescence or magnetic labeling for basic and applied research, diagnostics and medical therapy
- building up two- and three-dimensional polymer colloid arrays as optical sensor elements (e. g. for color recognition, distance measurement)

Syntheses

- emulsion and dispersion polymerization in aqueous, inverse and non-aqueous systems

Complex chemical analysis

- of polymers, additives and surfactants

Kontakt Contact

Forschungsbereichsleiter

Division director

Wasserbasierende Polymersysteme

Water-based polymer systems



Prof. Dr. André Laschewsky

Telefon +49 331 568-1327

Fax +49 331 568-3000

andre.laschewsky@iap.fraunhofer.de

Wasserbasierende Funktionspolymere
und Kolloide

Water-based functional polymers
and colloids

Prof. Dr. André Laschewsky

Telefon +49 331 568-1327

Fax +49 331 568-3000

andre.laschewsky@iap.fraunhofer.de

Funktionspolymere für die Medizintechnik
Functional polymers for medical technology

Dr. Joachim Storsberg

Telefon +49 331 568-1321

Fax +49 331 568-2521

joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

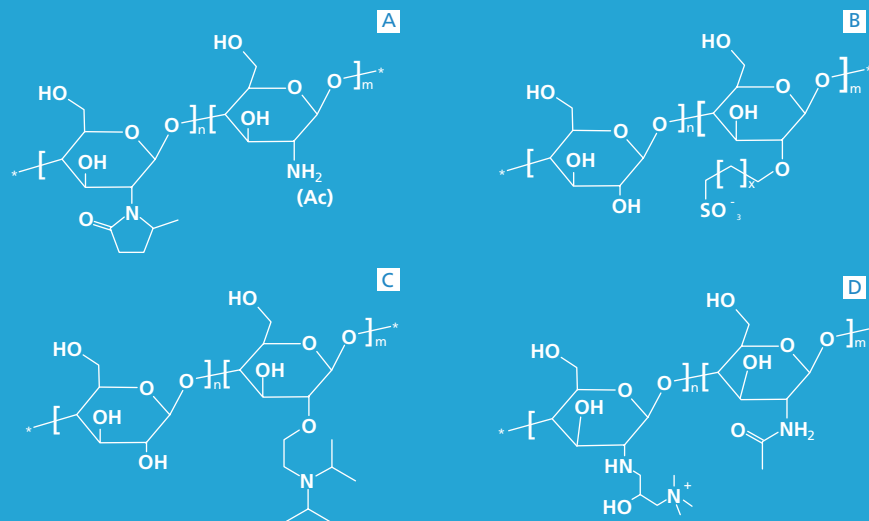
Polymere Nanotechnologie für Life-Science
Polymer nanotechnology for life science

Dr. Jean-Francois Lutz

Telefon +49 331 568-1127

Fax +49 331 568-3000

jean-francois.lutz@iap.fraunhofer.de



Neue Gelatineblends für funktionale Gele

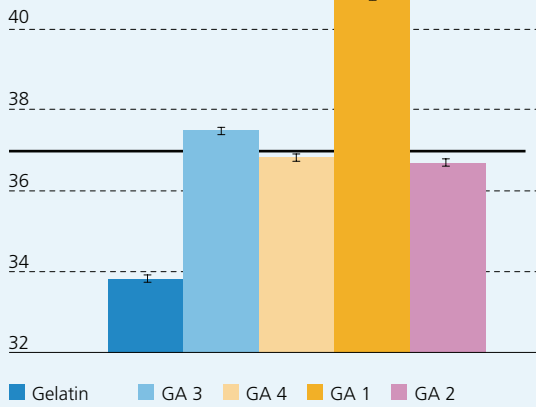
Gelatine ist eines der wichtigsten Biopolymere. Ihr Verwendungsspektrum reicht vom Medizin- und Pharmasektor bis zu Anwendungen im Nahrungsmittel- und technischen Bereich. Eine der wichtigsten physikalischen Eigenschaften ist die Fähigkeit, thermoreversible Gele zu bilden. Durch Variation von Rohmaterial und Herstellungsbedingungen lässt sich eine Reihe von Gelatinen mit variablem Eigenschaftsprofil herstellen. Eine wesentliche Herausforderung der Gelatine-Modifizierung bleibt dennoch, die wichtigsten Eigenschaftsparameter reversibel zu entkoppeln. So ist es beispielsweise wünschenswert, für bestimmte Anwendungen einen hohen Schmelzpunkt bei großer Gelfestigkeit verbunden mit einer sehr niedrigen Viskosität im gelösten Zustand zu haben. Gleichzeitig sind die Applikationsmöglichkeiten insbesondere im medizinisch-technischen Bereich als Beschichtungsmaterial für Implantate oder Zellkulturplatten limitiert, da die Schmelztemperaturen von Gelatinegelelen meist zwischen 20 und 35 °C und damit unterhalb des physiologischen Temperaturbereichs liegen. Die Erhöhung der thermischen Stabilität über Methoden der chemischen bzw. enzymatischen Vernetzung führt gleichzeitig zum Verlust der Thermoreversibilität und verringert z. T. die Biokompatibilität (Glutardialdehyd). Unsere Idee bestand daher darin, geeignete wasserlösliche Kohlehydrate als Additive in Gelatineblends einzusetzen und somit ein insbesondere für biomedizinische Anwendungen geeignetes neues Eigenschaftsprofil zu erhalten.

So wurde am Fraunhofer IAP nach bekannten Literaturmethoden eine Vielzahl von wasserlöslichen Chitosan- und Stärkederivaten synthetisiert. Durch Variation der Produktparameter wie Molekulargewicht, Art der Substituenten (anionisch, kationisch, nichtionisch) und deren Substitutionsgrad entstanden mehr als 30 potenzielle Gelatine-Additive. In Figure 1 sind vier der wirksamen Produkte dargestellt.

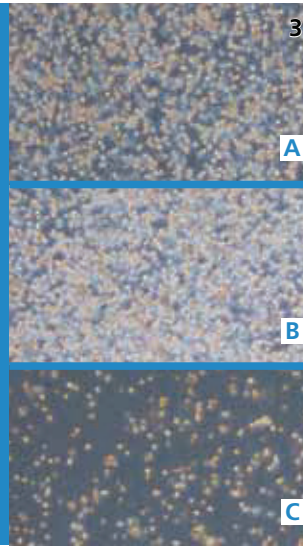
Anschließend wurden wässrige Gelatine-Lösungen mit bis zu 10 Prozent (bezogen auf den Gelatine-Trockengehalt) dieser Verbindungen versetzt. Neben dem Schmelzpunkt, der Gelierzeit, der Gelfestigkeit, der Lösungsviskosität und den rheologischen Eigenschaften wurde mittels Polarimetrie der für viele Materialeigenschaften maßgebliche Gehalt an Tripelhelices bestimmt.

Zellwachstumsversuche auf entsprechenden Filmen in Zusammenarbeit mit dem IBMT der TU Dresden lieferten wertvolle Aussagen zur Biokompatibilität der Blends. Wesentliches Ergebnis waren Materialkombinationen mit Schmelzpunkten von bis zu 40 °C (Figure 2). Als interessantestes Material erwies sich Gelatine mit dem nichtionischen Additiv A, bei dem die größte Gelstärke mit der kürzesten Gelierzeit und dem höchsten Schmelzpunkt verbunden sind. Die Biokompatibilitätstests ergaben eine starke Abhängigkeit der Ergebnisse von der chemischen Struktur des Additivs. Während B einen stärkeren Zellbewuchs als Gelatine selbst verursacht, fungiert C deutlich als Biozid (Figure 3). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Blends aus Gelatine und gezielt synthetisierten Kohlehydraten vor allem für biomedizinische Anwendungen vielversprechende neue Eigenschaften wie z. B. Schmelztemperaturen über dem physiologischen Niveau und eine kontrollierbare Biokompatibilität aufweisen [1].

Melting temperature [°C]



2



A

B

C

1 Selected examples of carbohydrate additives 1 – 4.

2 Melting temperatures of type A gelatin and blends.

3 Cell growth on a film of type A gelatin (top), blend with 2 (middle), blend with 3 (bottom).

New gelatin blends for functional gels

Gelatin is a well known biopolymer. It is widely used in medicine and pharmacy as well as in a variety of food and non-food applications. The most important property of gelatin is its ability to form thermoreversible gels. Although a variety of gelatins (differing in raw material and production procedure) are commercially available, it remains a challenging task to reversibly uncouple key property relations of the protein. For many applications it is desirable, for example, to have a high melting point and gel strength combined with a low viscosity in the sol state. In addition, medical applications for gelatin gels are often limited due to their melting points which usually range from 20 °C to 35 °C and are well below physiological temperature level. Methods to enhance thermal stability like chemical or enzymatical cross-linking either cause a loss of the thermoreversibility of the gelatin gel or reduce its bio-compatibility (glutar-dialdehyde!)

Our idea was to blend different gelatins with natural water-soluble polymers like starch or chitosan, including various functional derivatives, in order to produce materials with improved properties particularly for biomedical applications. To do this we synthesized and characterized many water-soluble derivatives of starch and chitosan biopolymers. More than 30 potential gelatin additives were created by varying parameters such as molecular weight, type of substituent (anionic, cationic and non-ionic) and degree of substitution. Figure 1 shows four examples of useful additives.

Up to 10 percent of this compound (depending on gelatin's dry content) was added to gelatin solutions. These blends were thoroughly investigated with regards to gel strength, gelation time, melting temperature, content of triple helices by polarimetry, rheological properties, etc. In order to ascertain the biocompatibility, we investigated cell growth on gelatin films with or without the additive. The tests were performed at the IBMT (TU Dresden). A major result was that we found several gelatin blends melting at temperatures of up to 40 °C as displayed in Figure 2. The non-ionic additive A achieved the highest melting temperature, the lowest gelation time und the highest gel strength of all materials investigated. The biocompatibility tests revealed the impact of biological properties on additive structure. Additive B led to a better cell growth than gelatin alone whereas additive C acted as a biocide (Figure 3).

Blending gelatins with a wide range of carbohydrate derivatives offers versatile access to materials with reversibly uncoupled key properties. Being able to control the biological properties of coatings and achieving melting temperatures above the physiological level are very promising breakthroughs that will help develop customized gelatins for commercial applications [1].

Kontakt Contact



Dr. Jörg Bohrisch

Telefon +49 331 568-1331

Fax +49 331 568-2520

joerg.bohrisch@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Bundesministerium für Bildung und Forschung, 215 ZBR

Kooperation Collaboration

– Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen gGmbH (FILK), Freiberg
 – TU Dresden, Institut für Bio-medizinische Technik, Dresden

Literatur Literature

[1] I. Stachel, M. Meyer, J. Bohrisch, M. Jäger, R. Poll: *Gelatineblends mit verbesserten Eigenschaften für den potenziellen Einsatz in der Medizintechnik, Dresdner Beiträge zur Medizintechnik, TUDpress, Band 6, 48-52 (2008)*



1 Investigation of material surfaces using microscopic techniques.

2 Highly-sensitive rheometer, specially modified to investigate the friction of unmodified and modified test samples under realistic conditions.

Gleiten statt Reiben – Funktionelle Hochleistungspolymere für die Medizin

Die Anforderungen an Medizinprodukte sind hoch. Neben mechanischer Stabilität, Funktionalität und Biokompatibilität sind für viele Anwendungen auch gleitfähige Eigenschaften des Materials erforderlich.

Einfache Funktionalisierung

Herkömmliche Methoden, beispielsweise die Plasmaaktivierung von Oberflächen, Plasmapolymerisation, chemical vapor deposition (CVD) oder ähnliche Verfahren sind oft aufwendig und kompliziert, bzw. erfordern zusätzliche apparative Investitionen oder zusätzlich mehrere Produktions- bzw. Verfahrensschritte. Es werden daher alternative Methoden gesucht, die kostengünstig und effizient in den etablierten Produktionsablauf integriert werden können und nur die Grenzfläche/Oberfläche mit der erforderlichen Funktionalität ausstatten.

Nur die Grenzfläche entscheidet

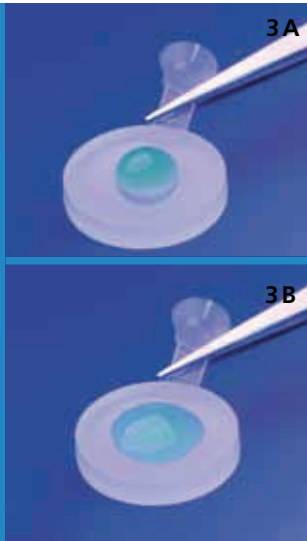
Meist ist es erwünscht, dass die wesentlichen Materialeigenschaften eines Kunststoffes nicht verändert werden; einzig die Oberfläche soll modifiziert werden. Mechanische Eigenschaften wie Stabilität, Flexibilität, Dehnungsverhalten etc. müssen erhalten bleiben. Auch der Preis ist für die kommerzielle Fertigung ein entscheidender Faktor, der berücksichtigt werden muss. Es sollten daher Lösungen gefunden werden, welche die Baseigenschaften des Polymers nicht verändern aber an der Grenzfläche, dort wo »Reibung« stattfindet, wirksam sind. Kommerzielle Massenpolymere wie Polyethylen und Polypropylen haben ihren Einzug aufgrund ihrer Verarbeitbarkeit im praktikablen Spritzgussverfahren auch im Medizinproduktebereich gefunden. Injektionsspritzen, Injektorkartuschen sowie weitere Systeme sind am Markt etabliert. Diese Materialien sind aufgrund ihrer chemischen Struktur als hydrophob anzusehen und stellen daher eine besondere Herausforderung für eine hydrophile Modifizierung dar.

Gleitfähigkeit und medizinische Anforderungen

Um diese Materialien für wässrige Anwendungssysteme extrem gleitfähig zu machen, müssen im Spritzgussverfahren Zusatzstoffe, oft niedermolekulare Verbindungen, zugesetzt werden. Da vor allem die thermische Sterilisation unter Verwendung von Wasserdampf, eine unabdingbare Voraussetzung für Medizinprodukte ist, die ihre Anwendung in vivo finden, dürfen sich keine Verbindungen von dem Material lösen und in das Medium, welches z. B. injiziert wird, übergehen. Bei den niedermolekularen Additiven ist dies jedoch oftmals der Fall, weshalb weitere zusätzliche Arbeitsschritte notwendig sind.

Gleitfähiges Polymermatrix – integriertes Hydrogel

Um bekannte Probleme zu überwinden, haben wir Polymersysteme entwickelt, welche gewünschte, teilweise konträre Anforderungen erfüllen. Zum einen lassen sie sich in das etablierte Spritzgussverfahren integrieren, zum anderen verändern sie die Eigenschaft des Basismaterials auch nur dort, wo es auch darauf ankommt nämlich an der Grenzfläche. Somit bleiben die mechanischen Eigenschaften des Matrixpolymers voll erhalten und – das Polymeradditiv geht beim Dampfsterilisationsprozess nicht in das Medium über – es bleibt dort wo es hingehört – in der Polymermatrix. Und an der Oberfläche befindet sich ein festverankerter Hydrogelfilm, der die Gleiteigenschaft des Materials ermöglicht.

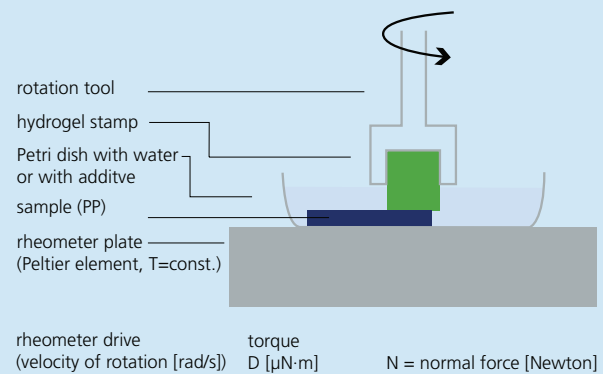


3 Injection molded polypropylene (PP) test button with water droplet test.

A Unmodified material (PP).

B Modified PP (using specially designed polymer additive) water droplet spreading on the hydrophilic (hydrogel) surface.

4 Schematic rheometer test setup.



Slippage instead of friction – functional high performance polymers for medical applications

Medical products have very high requirements. In addition to mechanical stability, functionality and biocompatibility, many applications also require materials to possess low-friction properties.

Simple functionalization

Traditional methods of surface functionalization such as plasma activation, plasma polymerization, chemical vapor deposition (CVD) or similar methods are often very complex and time consuming, or they require additional investment in equipment set-up or additional production/process steps. This necessitates alternative methods which can be integrated cost and time-effectively into an already established production line.

Interface is decisive

In most cases there should be no changes to material properties such as mechanical stability, flexibility and stress-strain behavior; only the surface should change. Price is also an important factor with respect to commercial manufacturing and must be considered when choosing the methods. Complete solutions are those which do not change the intrinsic properties of the material but rather alter the interface where friction occurs. Commercial mass polymers such as polypropylene and polyethylene are established materials and are used because they can easily be processed through injection molding. They are also used in medical products such as syringes, injector cartridges and many other systems. Plus they are well established on the market. These materials possess hydrophobic properties due to their chemical structure.

Slip additive and medical requirements

Low molecular additives are often used in injection molding processes to make materials extremely slippery for aqueous application systems. Because thermal steam sterilization is a method used for medical products that are applied in vivo, additives must be stable and may not transfer to the aqueous media and thus, for example, be injected. However, low molecular compounds often migrate and additional steps are required to overcome this problem.

Lubricant polymer matrix-integrated hydrogel

To overcome these problems we have developed polymer systems which fulfill these sometimes controversial requirements. The polymer additives can be integrated into the established injection molding process without changing the material's basic properties. They only modify the properties where it is important: on the surface. Thus the mechanical behavior of the material is not changed –only the surface properties are modified. The additive is stable during the steam sterilization process, i. e. it does not migrate into the aqueous media, and it forms a stable hydrogel layer on top which is anchored in the matrix polymer.

Kontakt Contact



Dr. rer. nat. Joachim Storsberg

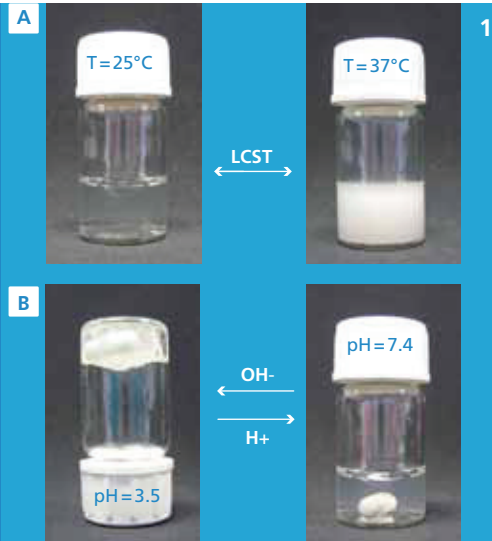
Telefon +49 331 568-1321

Fax +49 331 568-2521

joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

Kooperation Collaboration

– Dr. Eckhard Görnitz



1 Examples of biocompatible stimuli-responsive polymers prepared in our laboratory: (A) thermo-responsive polymer, (B) pH-responsive polymer.

2 Concept of a bio-responsive hydrogel surface: (A) specific binding of a bioanalyte, (B) collapse of the hydrogel scaffold.

Nanotechnologie für Life-Science

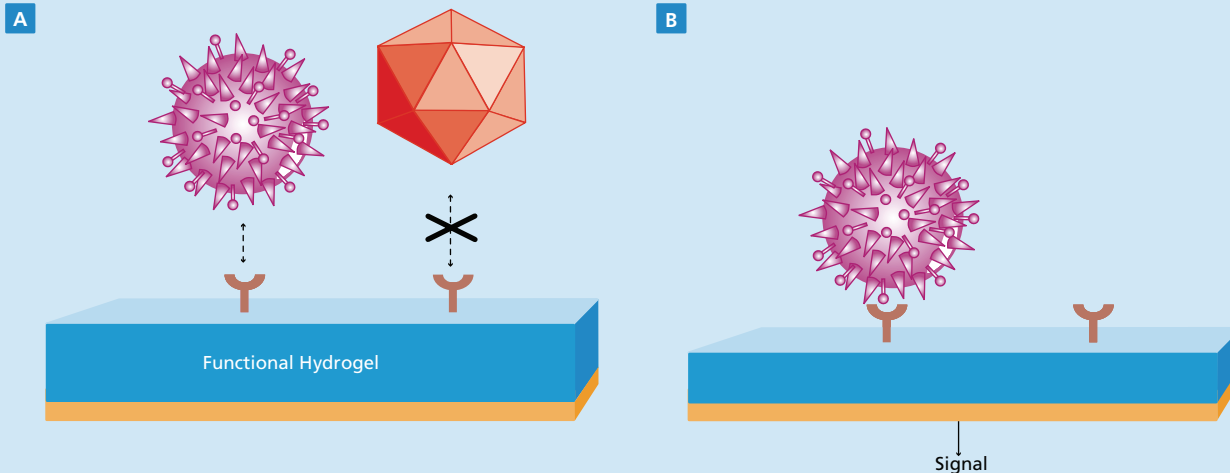
Das Ziel der Forschungsgruppe »Polymer Nanotechnology für Life-Science« ist es, innovative Polymermaterialien zur Anwendung in den Biowissenschaften zu designen. Das Forschungsteam besteht aus sieben Mitgliedern und vereint Fertigkeiten in makromolekularer Chemie, Polymer-Physiko-Chemie und Biochemie. Daher entwirft, synthetisiert und charakterisiert die Gruppe eine breite Palette biologisch anwendbarer Makromoleküle wie biologisch abbaubare Polymere, amphiphile Blockcopolymere und schaltbare Polymere (z. B. Temperatur- oder pH-schaltbare Polymere, Fig. 1). Diese Polymere können über etablierte Synthesewege (z. B. konventionelle radikalische Polymerisation, Atom Transfer-Radikal-Polymerisation, ringöffnende Polymerisation oder Polykondensation) oder über die Modifikation von Biopolymeren wie Polysaccharide oder Proteine hergestellt werden.

Diese Makromoleküle können genutzt werden, um einen großen Bereich an nano- oder mikrostrukturierten Materialien zu designen. Es wurden beispielsweise in den letzten Jahren eine große Kollektion polymerbasierter Kolloide (z. B. Mikrogele, Mizellen) und polymerbeschichtete Nanopartikel (z. B. Eisenoxid-Nanopartikel) entwickelt. Insbesondere wurden die Stabilität dieser Materialien unter physiologischen Bedingungen (z. B. Puffern, Zell-Medien) und ihre möglichen Anwendungen in verschiedenen Bereichen von »Life Science« wie Gentherapie, »Protein delivery« und medizinische Bildgebung untersucht. Neben kolloidalen Systemen untersucht die Gruppe auch unterschiedliche nanostrukturierte Polymeroberflächen. Es wird die Modifizierung von Modellpolymersubstraten (z. B. Polypropylen, Polystyrol) oder anorganischen Substraten (z. B. Gold, Glas) mit biokompatiblen Polymeren studiert. Diese modifizierten Oberflächen sind von beachtlichem Interesse für biotechnologische Anwendungen wie cell engineering, Bio-Assays und Bioseparation.

Das Design makroskopischer Polymermaterialien wie Hydrogele ist ein wichtiger Teil des Forschungsprogramms. Wir synthetisieren und charakterisieren verschiedene Polymernetzwerktypen, die entweder chemische (kovalente Bindungen) oder physikalische (nicht-kovalente Wechselwirkungen) Quervernetzungen enthalten. Vor kurzem startete z. B. ein breit angelegtes, interdisziplinäres Forschungsprogramm zur Entwicklung bioresponsiver Hydrogele (Das Taschentuchlabor: Impulszentrum für Integrierte Bioanalytik). Dieses Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt und vereint Forschergruppen aus der Universität Potsdam, der Universität Bochum, des Fraunhofer IAP, des Fraunhofer IBMT und des Max-Planck Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung, sowie diverser Firmen, wie z. B. der PolyAn GmbH, der Microdiscovery GmbH, der Congen Biotech GmbH und der Scienion AG. Der Grundgedanke hinter diesem Projekt ist die Entwicklung eines polymerbasierten Gerüsts, welches auf ein spezifisches biologisches Signal reagiert (z. B. auf das Influenza A Virus H1N1 oder auf pathogene Mikroben). Die Erkennung dieser Bioanalyten wird zu einem optischen Signal führen, um eine schnelle und einfache Diagnose zu gewährleisten (Fig. 2).

Literatur Literature

- [1] E. Wischerhoff, K. Uhlig, A. Lankenau, H. G. Börner, A. Laschewsky, C. Duschl, J.-F. Lutz: *Controlled Cell Adhesion on PEG-Based Switchable Surfaces*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 47, p. 5666 (2008)
- [2] J.-F. Lutz: *Polymerization of Oligo(ethylene glycol) (Meth)acrylates: Toward New Generations of Smart Biocompatible Materials*, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 46, p. 3459, (2008)
- [3] J.-F. Lutz, H. G. Börner: *Modern Trends in Polymer Bioconjugates Design*, *Prog. Polym. Sci.* 33, p. 1 (2008)
- [4] J.-F. Lutz, J. Andrieu, S. Üzgün, C. Rudolph, S. Agarwal: *Biocompatible, Thermoresponsive, and Biodegradable: Simple Preparation of »all-in-one« Biorelevant Polymers*, *Macromolecules*, 40, p. 8540 (2007)
- [5] J.-F. Lutz, Ö. Akdemir, A. Hoth: *Point by Point Comparison of Two Thermosensitive Polymers Exhibiting a Similar LCST: Is the Age of Poly(NIPAM) Over?*, *J. Am. Chem. Soc.*, 128, p. 13046 (2006)
- [6] J.-F. Lutz, S. Stiller, A. Hoth, L. Kaufner, U. Pison, R. Cartier: *One-Pot Synthesis of PEGylated Ultrasmall Iron-Oxide Nanoparticles and Their in Vivo Evaluation as Magnetic Resonance Imaging Contrast Agents*, *Biomacromolecules*, 7, p. 3132 (2006)



Nanotechnology for life science

The objective of the research group »Nanotechnology for life science« is to design innovative polymer materials for life science applications. Our scientific team is composed of seven members and combines skills in macromolecular chemistry, physico-chemistry of polymers and biochemistry (Fig. 1). The group conceptualizes, synthesizes and characterizes a wide range of bio-applicable macromolecules such as biodegradable polymers, amphiphilic block copolymers and stimuli-responsive polymers (e. g. temperature or pH-responsive polymers). These polymers can be prepared using established polymerization routes (e. g. conventional radical polymerization, atom transfer radical polymerization, ring-opening polymerization or polycondensation) or by modifying biopolymers such as polysaccharides or proteins.

Moreover, these macromolecules can be used to design a wide range of nano or micro-structured materials. In recent years, for instance, we have developed a broad range of polymer-based colloids (e. g. microgels, micelles vesicles) and polymer-coated nanoparticles (e. g. iron oxide nanoparticles). In particular, we are studying the stability of these materials in physiological conditions (i. e. buffers, cell media) and their possible applications in various areas of life science such as gene therapy, protein delivery and medical imaging. In addition to colloidal systems, our group also investigates a variety of nanostructured polymer surfaces. For example, we are studying the modification of model polymer substrates (e. g. polypropylene, polystyrene) or inorganic substrates (e. g. gold, glass) with biocompatible polymers. These modified surfaces are of considerable interest for biotechnology applications such as cell engineering, bio-assays and bioseparation.

The design of macroscopic polymer materials such as hydrogels is also an important part of the research program. We synthesize and characterize various types of polymer networks containing either chemical (i. e. covalent bonds) or physical (i. e. non-covalent interaction) cross-links. We recently started a broad interdisciplinary program for the development of innovative bio-responsive hydrogels (Das Taschentuchlabor: Impulszentrum für Integrierte Bioanalytik). This project is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and brings together academic research teams from the University of Potsdam, the University of Bochum, the Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research IAP, the Fraunhofer Institute for Biomedical Engineering IBMT and the Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, as well as several companies such as PolyAn GmbH, Microdiscovery GmbH, Congen Biotech GmbH and Scienion AG. The idea of the project is to prepare polymer-based scaffolds which respond to a specific biological signal (e. g. influenza A virus H1N1 or pathogenic microbial agents). The recognition of these bioanalytes will lead to an optical signal, allowing for quick and easy diagnoses (Fig. 2).

Kontakt Contact



Dr. habil. Jean-François Lutz

Telefon +49 331 568-1127

Fax +49 331 568-3000

jean-francois.lutz@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

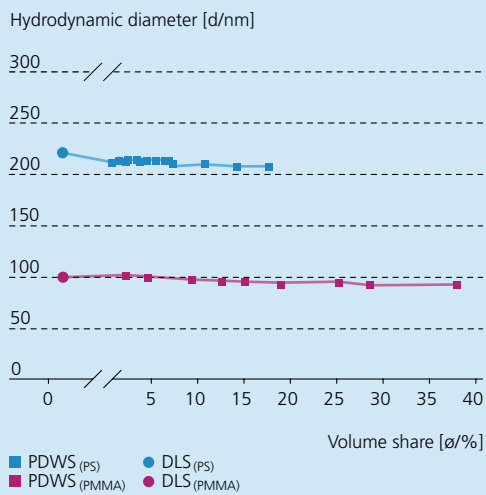
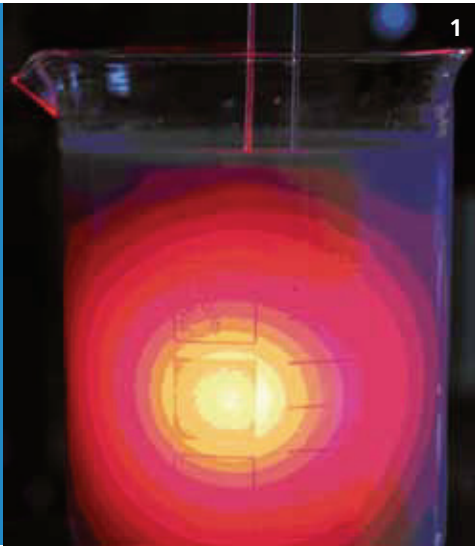
- Campus Projekt Bioaktive Oberflächen
- Das Taschentuchlabor (BMBF)

Kooperation Collaboration

- Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam
- Universität Potsdam, Potsdam
- Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT, Potsdam
- PolyAn GmbH, Berlin

Literatur Literature

- [7] I. Tan, Z. Zarafshani, J.-F. Lutz, M. M. Titirici: *PEGylated Chromatography: Efficient Bioseparation on Silica Monoliths Grafted with Smart Biocompatible Polymers*, ACS Appl. Mater. and Interfaces, p. 1869 (2009)
- [8] N. Badi, J.-F. Lutz: *PEG-based thermogels: Applicability in Physiological Media*, J. Controlled Release, 140, p. 224 (2009)
- [9] N. Fechner, N. Badi, K. Schade, S. Pfeifer, J.-F. Lutz: *Thermogelation of PEG-based Macromolecules of Controlled Architecture*, Macromolecules, 42, p. 3 (2009)



Off- und On-line Charakterisierung von hochkonzentrierten Polymerdispersionen

Eine aussagekräftige Charakterisierung von Polymeren ist essentiell für Qualitätskontrolle, Produktoptimierung sowie zum Erschließen von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen für jegliche rationale Neuentwicklungen. Dazu kommen neuerdings die Anforderungen aus dem REACH-Prozess.

Im Falle wasserlöslicher Polymersysteme gestaltet sich die Charakterisierung oft schwierig. Typischerweise ist die molekulare Struktur durch den Einbau hochpolarer Gruppen bzw. ionischer, also elektrisch geladener Gruppen, gekennzeichnet. Weiterhin können die Molmassen extrem hoch sein, wie bei Flock- und Papierhilfsmitteln. Die starken Wechselwirkungen der polaren Gruppen zusammen mit den besonderen physikalischen Eigenschaften von Wasser führen zu einem komplizierten Verhalten der Polymere, zumal die Systeme oft nicht molekular gelöst, sondern kolloidal vorliegen. Daher sind spezielle Analyse- und Untersuchungsmethoden nötig. Hier verfügen wir über umfangreiche Erfahrung und ein vielseitiges Methodenspektrum, von wässriger Größenausschluss-Chromatographie (GPC, SEC) über Rheologie und Lichtstreuungsmethoden bis zur analytischen Ultrazentrifugation.

Einen besonderen Problemfall stellt bis jetzt die Charakterisierung hochkonzentrierter, trüber Polymerdispersionen dar. Wegen der hier auftretenden Mehrfachstreuung ist der Einsatz der gängigen Lichtstreuungsmethoden extrem schwierig, in der Praxis meist sogar unmöglich. Üblicherweise behilft man sich mit einer Untersuchung solcher Proben nach großer Verdünnung, die dann »off-line« stattfinden muss. Bei dieser Vorgehensweise ist immer mit Veränderungen der Proben durch die Verdünnung zu rechnen. Außerdem wäre es oft wichtig, eine Charakterisierung parallel und zeitnah zum interessierenden Prozess oder Vorgang, also »on-line« oder gar »in-line« durchzuführen.

In diesem Kontext haben wir in einem Verbundprojekt die von der Physikalischen Chemie der Universität Potsdam entwickelte Photonendichtewellen-Spektroskopie (PDWS) als neue Methode eingesetzt und zur Teilchengrößenbestimmung von unverdünnten Latices mit hohen Feststoffanteilen herangezogen. Die PDWS beruht auf der Mehrfachstreuung von Laserlicht und ist damit ideal für die Untersuchung stark lichtstreuender Materialien geeignet. Sie erlaubt es, Systeme mit Teilchengrößen im Bereich von 50 nm bis 10 μm mit einer Zeitauflösung von derzeit etwa 1 min^{-1} zu charakterisieren. Durch den Einsatz von Faseroptik und -multiplexing lassen sich die Sensoren auch in Reaktoren einbauen. Die Methode lässt sich sowohl »off-line« als auch »on-line« nutzen, wie in der Emulsionspolymerisation in Echtzeit gezeigt wurde. Vergleiche an Modellsystemen mit klassischen verdünnungsbasierten Methoden belegen die hohe Genauigkeit und Verlässlichkeit der Daten. Die PDWS eröffnet damit neue Perspektiven für die Untersuchung von Polymerdispersionen unter praxisnahen Bedingungen.

Literatur Literature

[1] R. Hass, D. Munzke, O. Reich: *In-line Partikelgrößenmesstechniken für Suspensionen und Emulsionen*, Chem. Ing. Tech. 82(4), (2010, in press)

1 Photon density wave in a polymer dispersion.

2 Determination of particle sizes in concentrated (by PDWS) and highly diluted (by dynamic light scattering, DLS) polymer dispersions.

3 On-line use of a PDWS-probe in a reactor at the Fraunhofer PAZ, Schkopau.



Off-line and on-line characterization of highly concentrated polymer dispersions

A reliable and conclusive characterization of polymers is essential for quality control, product optimization and for extrapolating structure-property relationships for the rational development of new materials. In addition, the requirements of the Reach-Process must be taken into consideration.

The analysis and characterization of water-soluble polymer systems is generally a difficult task. Their molecular structure is typically characterized by the presence of highly polar groups, or even of ionic, i. e. electrically charged, moieties. The strong interaction between the polar groups combined with the special physical properties of water, results in a complex behavior of the polymers. Moreover, the molar masses may be extremely high, as in the case of flocculating agents or paper additives. Also, many systems cannot be molecularly dissolved in water and thus exist as colloids. Therefore, special analytical and characterization methods are needed which we can offer by virtue of our long-standing experience and broad spectrum of methods, including for instance aqueous size exclusion chromatography (GPC, SEC), rheology, light scattering techniques or analytical ultra centrifugation.

A notoriously difficult case has been the characterization of highly concentrated, turbid polymer dispersions. Due to multiple scattering, using traditional light scattering methods is extremely difficult, if not impossible. Therefore, most dispersions can only be characterized after they have been highly diluted and only using »off-line« methods. This strategy is always prone to possible changes to the samples in the course of the dilution process. Furthermore, it is often desirable to follow the evolution of the dispersion characteristics in real time and without delay, i. e. either by »on-line« or even better by »in-line« methods.

In this context, we have explored the use of photon density wave spectroscopy in a joint research program as a novel method for characterizing colloid particles in undiluted polymer latexes with high solid content. This method was developed by our partners at the Chair of Physical Chemistry at Potsdam University.

The PDWS method is based on the multiple scattering of laser light and is thus perfectly suited for studying materials that strongly diffuse light. PDWS currently allows us to determine particle sizes from 50 nm to 10 μm with a time resolution of about 1 min⁻¹. By employing fiber optics and multiplexing, PDWS sensors may be installed in chemical reactors. The method is equally suited for »off-line« as well as for »on-line« uses which was demonstrated in real-time emulsion polymerization experiments. Comparing these with model systems that were analyzed using traditional methods demonstrated the high precision and reliability of the acquired data. Thus, PDWS offers new prospects for characterizing polymer dispersions under conditions encountered in the production and processing of many polymers.

Kontakt Contact



Prof. Dr. André Laschewsky

Telefon +49 331 568-1327

Fax +49 331 568-3000

andre.laschewsky@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Optische Prozess- und Qualitäts-sensorik mit Photonendichtewellen (OPQS-PDW)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), InnoNet-Programm (Projektträger VDI/VDE, FKZ 16IN0418)

Kooperation Collaboration

- Universität Potsdam, Institut für Chemie / Physikalische Chemie, Potsdam
- Fraunhofer IAP, FB 3 und FB 4, Potsdam
- Fraunhofer PAZ, Schkopau
- BASF Grenzach GmbH, Grenzach-Wyhlen
- Beiersdorf AG, Hamburg
- Krüss GmbH Wissenschaftliche Laborgeräte, Hamburg
- PSS Polymer Standards Service GmbH, Mainz
- STAEDTLER Mars GmbH & Co. KG, Nürnberg
- Süßmost & Weinkelterei Hohenseefeld GmbH, Hohenseefeld
- Synthopol Chemie Dr. rer. pol. Koch GmbH & Co. KG, Buxtehude



pioneers in polymers



Dr. Hendrik Budde – Befüllung des Labor-Drehscheibenreaktors.
Dr. Hendrik Budde – Filling of the lab-scale rotating disc reactor.

PILOTANLAGENZENTRUM SCHKOPAU PILOT PLANT CENTER SCHKOPAU

- 98** Aufbau eines Laborscheibenreaktors für Polykondensationsreaktionen
Construction of a lab-scale rotating disc reactor for polycondensation reactions

- 100** Entwicklung von Extrudermischelementen für faserverstärkte Compounds
Design of extruder-mixing elements for fiber reinforced composites

POLYMERTECHNOLOGIE IM PILOTANLAGENZENTRUM PAZ

Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau – eine gemeinsame Initiative der Fraunhofer-Institute IAP und IWM – 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

Ende 2009 ist das BMBF-Projekt »Fraunhofer-Demonstrationszentrums für Polymersynthesen« abgeschlossen worden. Ziel des seit 2007 laufenden Projekts war es das Fraunhofer PAZ als eine erfolgreiche FuE-Einheit zu etablieren. Dies erfordert das Einwerben von Drittmitteln öffentlicher Fördergeber sowie von Geldern aus direkten Industriekooperationen.

Inhaltlich wurden in diesem Rahmen die folgenden Teilaspekte bearbeitet:

- Aufbau und Stärkung der Kernkompetenzen,
- Identifizierung und Bearbeitung von wissenschaftlichen Aufgabenstellungen im Zusammenhang mit dem Kampagnenbetrieb (Vorbereitung und Unterstützung),
- Vorlauftforschung im Laborbereich zur Erschließung und Vorbereitung neuer Arbeitsgebiete und Transformation Erfolg versprechender Produkt- und Verfahrensentwicklungen in den Pilotmaßstab.

Das BMBF-Projekt war für die Ausbildung und Stärkung der Kernkompetenzen des Fraunhofer PAZ sehr hilfreich und wurde sowohl von den Mitgliedern aus Industrie und Wissenschaft als auch vom Projektträger äußerst positiv beurteilt.

Polymersynthesetechnikum

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 Technikumsmaßstab sowie die Entwicklung und Optimierung einzelner Verfahrensstufen bis hin zur Entwicklung neuer Verfahren.

Ein wesentliches Projekt war die Fortführung einer bestehenden Industriekooperation auf dem Gebiet der Synthese eines kundenspezifischen Polyesteramids. Im Rahmen einer Verfahrensentwicklung wurde für diese Synthese erstmals der im Pilotanlagenzentrum vorhandene 1,1 m³ Scheibenreaktor als Hauptreaktor eingesetzt. Zur Vorbereitung wurde eine volumetrisch um den Faktor 100 verkleinerte Laborvariante des Scheibenreaktors entwickelt, gefertigt und aufgebaut. In diesem Laborreaktor wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie Auslegungs- und Betriebsparameter der kundenspezifischen Synthese im Scheibenreaktor untersucht und optimiert. Es wurde eine Online-Messtechnik zur Verfolgung des Reaktionsfortschritts entwickelt. Basierend auf diesen Laborergebnissen wurde der 1,1 m³ Technikums-Scheibenreaktor modifiziert. Im Sommer erfolgte eine erfolgreiche Technikums-Kampagne. Die Betriebsbedingungen ließen sich mit geeigneten Kriterien sehr gut vom Labor- in den Technikumsmaßstab übertragen. Die entwickelte Online-Messtechnik für den Reaktionsfortschritt konnte sehr gut zur Prozess- und Qualitätskontrolle eingesetzt werden.

Ein wichtiges Projekt 2009 war eine verfahrensorientierte Kundenkampagne zur Direkteindampfung von temperatursensitiven Elastomerlösungen. Für diese Kampagne wurden die am Pilotanlagenzentrum vorhandenen Hochviskos-Knetreaktoren eingesetzt. Im Rahmen der Kampagne wurde das Betriebsfenster des Verfahrens ausgetestet. Mit dieser Kampagne waren umfangreiche Logistikleistungen verbunden. Das Pilotanlagenzentrum ist im Hinblick auf Durchsatz und Produktmenge in neue Bereiche vorgestoßen, so wurden in zwei Wochen über 50 Tonnen Polymerlösung umgesetzt.

Ein Projekt beschäftigte sich mit der Übertragung einer sehr exotherme radikalische Fällungs-Copolymerisation aus dem Labor in einen 50 L Rührkessel. Neben vorbereitenden verfahrenstechnischen Berechnungen zur Wärmeabfuhr und Optimierung des Betriebsregimes wurden auch Filtration und Waschung des Polymerisats im Technikum realisiert.



1 Polymer synthesis pilot plant in the pilot plant center.

Weitere Technikumskampagnen wurden auf den Gebieten einer radikalischen Suspensionspolymerisation, einer katalytischen Synthese eines aliphatischen Polycarbonats sowie zur Modifizierung von Stärke durchgeführt.

Vorlauftforschung Polymersynthese

Neben der Machbarkeitsstudie zur Polyesteramidsynthese im Labor-Scheibenreaktor wurden im Bereich der Vorlauftforschung Polymersynthese eine Reihe von weiteren Laborprojekten bearbeitet. Im Bereich Biopolymere wurden für einen Industriekunden mehrere Polykondensate sowohl im Rührkessel als auch im neu entwickelten Labor-Scheibenreaktor bis in den kg-Maßstab für die weitere Produktentwicklung synthetisiert. Resultierend aus diesen Ergebnissen sind Experimente im größeren Maßstab in Planung. Weiterhin kam der Laborscheibenreaktor für verfahrenstechnisch orientierte Fragestellungen einer polymer-analogen Umsetzung zum Einsatz. Es wurden Versuche zur Machbarkeit der Polykondensation von Zuckern im Laborknetter durchgeführt.

Im Rahmen des Fraunhofer-Innovationsclusters Polymertechnologie werden in einem von der Investitionsbank Sachsen-Anhalt geförderten Gemeinschaftsprojekt »Neue Kautschuk-Komposite für energieeffiziente Reifen« am Pilotanlagenzentrum Fragestellungen zur Einarbeitung von Füllstoffen während der Eindampfung von Polymerlösungen im Knetreaktor bearbeitet. Die Einarbeitung von Füllstoffen während der Direktverdampfung ist zum einen energieeffizient und materialschonend, zum anderen ist eine bessere Anbindung des Füllstoffs an den Kautschuk durch Reaktion in flüssiger Umgebung zu erwarten.

Es wurden Laborprojekte auf den Gebieten Polyolefine, anionische Lösungspolymerisation von modifizierten Elastomeren, und zur radikalischen Polymerisation von Ethylen-Vinylacetat basierten Co- und Terpolymeren in Emulsion unter hohen Drücken durchgeführt.

Polymerverarbeitung

Im Rahmen eines Industrieprojekts stand die Material- und Prozessentwicklung für direkt extrudierte Halbzeuge für den späteren Einsatz im Baubereich im Vordergrund. Hierfür wurde ein Materialsystem aus PP mit einem hohen Glasfaseranteil entwickelt sowie der Herstellungsprozess zu einem stabilen und nachhaltigen Betrieb an einer ZE40A-UTX (KraussMaffei Berstorff)

mit Downstream – Equipment (Schmelzpumpe, Profilwerkzeug und Vakuumkalibrierung) angepasst. Im Anschluss wurde an der Optimierung der Oberflächenqualität durch Modifizierung der Co-extrusionsschicht gearbeitet. Erreichtes Ziel der Arbeiten war eine für eine Nachbearbeitung möglichst angepasste Oberflächenqualität.

Eine gravimetrische Dosierung von mehreren Materialien in eine Dosiervorrichtung an einer handelsüblichen Spritzgießmaschine KM200 (KraussMaffei) konnte erfolgreich entwickelt und in Betrieb genommen werden. Für industrielle Spritzgießer ist diese Variante der Spritzgussverarbeitung völlig neu. Auf diese Weise können z. B. Masterbatches in verschiedenen Anteilen mittels Standardplastifiziereinheit in Polymere einfach und flexibel eingearbeitet werden.

Vernetzung in der Forschungslandschaft

Aufgrund der anwendungsnahen Ausrichtung des Fraunhofer PAZ nimmt es eine Schlüsselrolle im Fraunhofer-Innovationscluster Polymertechnologie ein. Das seit 2007 bestehende Innovationscluster verfolgt das Ziel, durch eine Vernetzung der angewandten Forschung und der Hochschulforschung mit der einschlägigen Industrie die Entwicklung innovativer Produkte und Verfahren auf dem Gebiet der Polymertechnologie zu forcieren. Auf den Arbeitsgebieten »Synthesekautschuk«, »Polymer-/ Nanopartikelblends« und »Biopolymere« laufen verschiedene Projekte und Aktivitäten mit regionalen Partnern aus Industrie und Wissenschaft.

Weiterhin beteiligt sich das Fraunhofer PAZ über eine Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) an einem Verbundvorhaben zum Wissens- und Technologietransfer. Das Projekt »Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung als regionaler Motor des Wissens- und Technologietransfers« hat das Ziel, ein hohes Wachstum der Kunststoff verarbeitenden Industrie in Mitteldeutschland sicherzustellen und zu befördern. Im Mittelpunkt steht der Struktur- und Technologietransfer der Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeiten in die regionalen Kunststoff verarbeitenden Unternehmen. Im Rahmen dieses Projekts wurde 2009 ein erster Workshop zur Energieeffizienz beim Spritzguss am Fraunhofer PAZ veranstaltet, der auf große Resonanz stieß.

POLYMER TECHNOLOGY AT THE POLYMER 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 IWM. It carries out research in the areas of polymer synthesis and polymer processing with an emphasis on scale-ups. Equipped with wide-ranging technical facilities for various polymer synthesis processes and plastics processing technologies, the center enjoys a unique selling proposition on the R&D market. New products and innovative technologies along the entire value chain are developed at the PAZ – from monomers through to the synthesis and processing of polymers and tested components. Polymer synthesis and processing are closely linked in this line of work.

Development of the Fraunhofer PAZ

The BMBF project »Fraunhofer demonstration center for polymer synthesis« was completed at the end of 2009. The aim of the project, which was approved by the BMBF in 2007 and endowed with a 30 percent grant, was to develop the PAZ into a successful R&D unit that would operate based on the existing financing model of the Fraunhofer-Gesellschaft. This necessitated acquiring third-party funds in the form of public grants and money stemming from contract research for industrial enterprises.

The following aspects were considered within the framework of this project:

- Forming and strengthening core competencies
- Identifying and working on scientific tasks in connection with customer campaigns (technological adaptations, preparation and assistance)
- Fundamental lab research for establishing new fields of activity and transferring promising products or process developments to a pilot plant scale.

The BMBF project was very useful for forming and strengthening of the core competences of the Pilot Plant Center. The project was rated very positively both by the members of industry and academia as well as by the project sponsor.

Polymer synthesis pilot plant

The main activities in the polymer pilot plant include supplying polymer samples on an industrial scale for advanced product and application development, transferring new polymer synthesis

processes from laboratory to pilot plant scale as well as developing and optimizing new polymer synthesis process steps and polymerization processes.

A very important project in 2009 was the continuation of an existing partnership with an industrial client in the area of customer-specific polyesteramide synthesis. During process development, an existing 1.1 m³ rotating disc reactor was used for the first time as the main reactor for this synthesis. In preparation, a laboratory version of this reactor type, which was scaled-down by a volumetric factor of 100 from a pilot plant scale, was developed, manufactured and constructed. As part of a feasibility study, design and operational parameters of the customer-specific synthesis in this reactor type were studied and optimized in the laboratory rotating disc reactor. Additionally, an online-measurement for reaction progress was developed. The existing 1.1 m³ pilot-scale rotating disc reactor was modified based on these lab-scale results. A successful pilot campaign followed in 2009. The necessary operation parameters could easily be transferred from lab-scale results using the appropriate scaling criteria. A technique was developed to measure online the progress of the reaction which was very useful for both process and quality control.

Another important project was a process-oriented customer campaign for the direct devolatilization of temperature-sensitive elastomer solutions. The existing high-viscosity kneading reactors at the Pilot Plant Center were used for this campaign. The operational window of the process was investigated and substantial logistical effort was put into this campaign. We explored new levels in terms of throughput and product amounts and in two weeks more than 50 metric tons of polymer solution were processed.

In one project, a very exothermic free radical precipitation copolymerization was transferred from laboratory scale to a 50 L stirred tank reactor. In addition to carrying out preparational process calculations for heat removal and to optimize the operational regime, the polymer was processed further by filtration and washing.

Additional pilot campaigns were conducted in the areas of free radical suspension polymerization, catalytic synthesis of an aliphatic polycarbonate, as well as starch modification.

Long-term research into polymer synthesis

In addition to the feasibility study for polyesteramide synthesis in the lab-scale rotating disc reactor, several lab-scale projects were conducted with respect to long-term polymerization research.

In the area of biopolymers, several polycondensates were prepared for an industrial customer both in a stirred tank reactor as well as in the newly-developed rotating disc reactor on a kg-scale for further product development. Based on these results, larger-scale experiments are currently in planning. The lab-scale rotating disc reactor was also used for a process-related study for a polymer-analogous conversion. Several experiments on the feasibility of polycondensation of sugars were performed for an industrial client using the lab-scale kneader reactor.

In the framework of the Fraunhofer Innovation Cluster »Polymer Technology«, and as part of a project called »New rubber composites for energy-efficient tires«, funded by the Development Bank of Saxony-Anhalt, the pilot plant center sought answers to questions dealing with the dispersion of fillers during direct devolatilization of polymer solutions in the kneader reactor. Dispersion of fillers during direct devolatilization is a gentle and energy-efficient way to process the material and it produces a better connection between the filler and the rubber because the reaction occurs in a liquid environment.

Additional lab-scale projects were carried out for polyolefins, anionic polymerization of modified rubbers in solution and free radical polymerization in emulsion of vinyl-acetate and ethylene based co and terpolymers at high pressures.

Polymer processing

As part of an industrial cooperation, focus was placed on material and process development for direct extrusion of semi-finished products for applications in the field of construction. For this purpose, a material system fulfilling the mechanical requirements was developed consisting of polypropylene with a high degree of glass fiber filling. The manufacturing process was modified for stable and efficient large-volume production using

a ZE40A-UTX (KraussMaffei Bersttorff) with downstream-equipment (melt pump, profile tool and vacuum calibration). Following this, optimization of the surface quality was studied by modifying the co-extrusion layer. Our aim, which we accomplished, was to create a surface quality suitable for further process steps.

Furthermore, a gravimetric dosing system which was designed to feed multiple materials into a conventional injection molding machine KM200 (KraussMaffei) was developed and put into operation. This type of process is completely new for the industry's injection molding companies. Using this approach, masterbatches, for example, can be easily and flexibly mixed into polymers in different amounts using standard plastification equipment.

Network activities in the research community

Due to its application oriented focus, the Fraunhofer PAZ plays a key role within the »Fraunhofer Innovation Cluster Polymer Technology Halle/Leipzig«. The Fraunhofer Innovation Cluster »Polymer Technology« has existed since the end of 2007 and aims to accelerate the development of innovative products and processes in the field of polymer technology through networking with applied research institutes, universities and industrial partners in this field. In the areas of »Synthetic rubber«, »Polymer-Nanoparticle blends« and »Biopolymers« different projects and activities have been started with regional partners in industry and academia.

Furthermore, the Pilot Plant Center is taking part in a joint project for knowledge and technology transfer funded by the German Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs (BMVBS). The project »Fraunhofer Polymer Pilot Plant Center for polymer synthesis and processing as a regional force behind knowledge and technology transfer« aims to secure and promote the continuation of strong growth in the plastic processing industry in Central Germany. The focus of the project is to establish structures to efficiently transfer the knowledge and technology of the Fraunhofer Polymer Pilot Plant Center's scientific findings to the regional plastic processing companies. As part of this project, the first workshop on energy efficiency in injection molding was carried out at the Fraunhofer Pilot Plant Center in 2009. The workshop received considerable positive feedback.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Leistungsangebot

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

Pilotanlage–Synthese

Ausrüstung

- Lösungspolymerisation (batch, konti)
- Emulsionspolymerisation (kontinuierlich, Batch)
- Suspensionspolymerisation
- Massepolymerisation (kontinuierlich, Batch)
- Hochviskosetechnologie (Ein- und Doppelwellenknetter)
- Begasungs-/Hydrierreaktor

Designparameter der Synthese-reaktoren

- Reaktorvolumina: 50 bis 1000 L
- Betriebsdruck: -1 bis 100 bar
- Betriebstemperatur: -25 bis 350 °C
- Durchsatz: 5 bis 100 kg/h
- Endviskositäten: bis 40 000 Pas

Pilotanlage – Verarbeitung

Technische Parameter der Verarbeitungsmodule

- Schussgewicht: 50 g bis 5 kg
- Spritzguss mit zweiter Komponente
- Hinterspritzen möglich
- Compoundieren bis 400 kg/h

Ausrüstung

- Injection Molding Compounder KM 1300 – 14 000 IMC (Schließkraft 1300 Tonnen)
- gleichlaufende parallele Doppelschneckenextruder unterschiedlicher Größe ZE 40
- Spritzgießmaschine KM 200 (Schließkraft 200 Tonnen)

APPLICATIONS AND SERVICES

Services provided

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

Pilot-plant synthesis

Equipment

- solution polymerization (batch, continuous)
- emulsion polymerization (continuous, batch)
- suspension polymerization
- bulk polymerization (continuous, batch)
- high viscosity technology (single-screw and twin-screw kneader)
- gas-phase hydrogenation reactor

Design parameters of synthesis reactors

- reactor volume: 50 to 1000 L
- operating pressure: -1 to 100 bar
- operating temperature: -25 to 350 °C
- throughput: 5 to 100 kg/h
- final viscosities: up to 40,000 Pas

Pilot-plant processing

Technical parameters of the processing modules

- shot weight: 50 g to 5 kg
- injection molding with second component
- in-mold lamination (backmolding) possible
- compounding up to 400 kg/h

Equipment

- injection molding compounder KM 1300–14,000 IMC
- (clamping force 1300 tonnes)
- co-rotating twin-screw extruders ZE 40
- injection molding machine KM 200 (clamping force 200 tonnes)

Kontakt Contact

Forschungsbereichsleiter
Division director
Pilotanlagenzentrum Schkopau
Pilot Plant Center Schkopau



Prof. Dr. Michael Bartke

Telefon +49 3461 2598-120
Fax +49 3461 2598-105
michael.bartke@iap.fraunhofer.de

Synthese
Synthesis

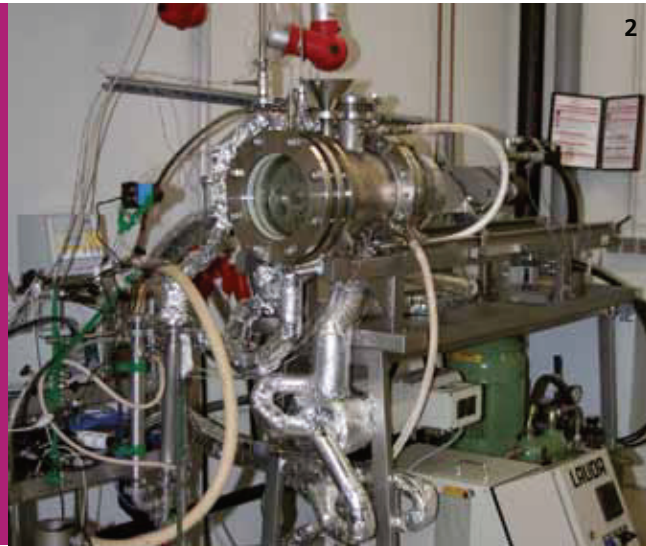
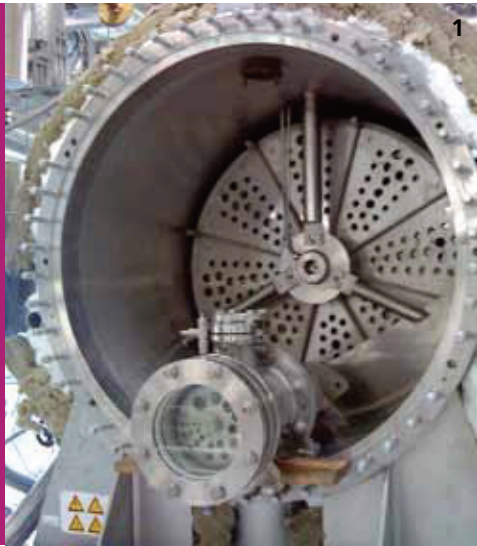
Dr. Ulrich Wendler

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

Verarbeitung
Processing

Dipl.-Ing. Peter Stache

Telefon +49 3461 2598-321
peter.stache@iap.fraunhofer.de



Aufbau eines Laborscheibenreaktors für Polykondensationsreaktionen mit integrierter Online-Viskositätsmessung

Eine Vielzahl wichtiger Polymere, wie Polyethylenterephthalat wird durch Polykondensationen hergestellt. Polykondensationen sind Gleichgewichtsreaktionen, bei denen der Molmassenaufbau unter Abspaltung einer niedermolekularen Komponente erfolgt. Um ausreichende Umsätze und Molmassen erreichen zu können, müssen die Gleichgewichte durch Entfernung des niedermolekularen Spaltprodukts auf die Produktseite verschoben werden. Dabei kann der Stofftransport des Spaltprodukts in hochviskosen Polymerschmelzen bestimmend werden. Um einen optimalen Stoffübergang des Spaltprodukts aus der Polymerschmelze zu erreichen, werden in der Technik Spezialreaktoren mit großen Stoffübergangsflächen wie Scheibenreaktoren eingesetzt. Über die Maßstabsübertragung dieser Reaktortypen sind in öffentlich zugänglicher Literatur kaum Informationen zu finden.

Im Fraunhofer PAZ ist ein Scheibenreaktor im Technikumsmaßstab mit einem Volumen von 1,1 m³ vorhanden. Um Machbarkeitsstudien und Vorversuche zur Maßstabsübertragung durchführen zu können, wurde ausgehend von dem bestehenden Technikumsreaktor ein um den Faktor 100 im Volumen verkleinerter Laborscheibenreaktor mit 11 L Volumen entwickelt, konstruiert und gefertigt (Fig. 1 und 2).

Der Laborscheibenreaktor ist vollständig aus Edelstahl (1.4571) gefertigt. Die maximale Heizmanteltemperatur beträgt ca. 300 °C. Der Reaktor ist vakuumfest (<1 mbar_{ABS}) und kann bis zu 7 bar_{ABS} druckbelastet werden. Die eingesetzten Scheiben sind austauschbar und können je nach Anforderung modifiziert werden. Die Scheibendrehzahl kann in einem Bereich von 0 bis 120 U/min stufenlos variiert werden. Über den gesamten Drehzahlbereich steht bei Bedarf ein abtriebseitiges Drehmoment von 140 Nm bereit. Die Frontseite des Reaktors ist als beheiztes Schauglas ausgeführt. Dadurch können Fluidynamik und Filmbildung über den gesamten Syntheseverlauf beobachtet und untersucht werden. Ein weiteres Schauglas befindet sich auf dem Dom des Reaktors.

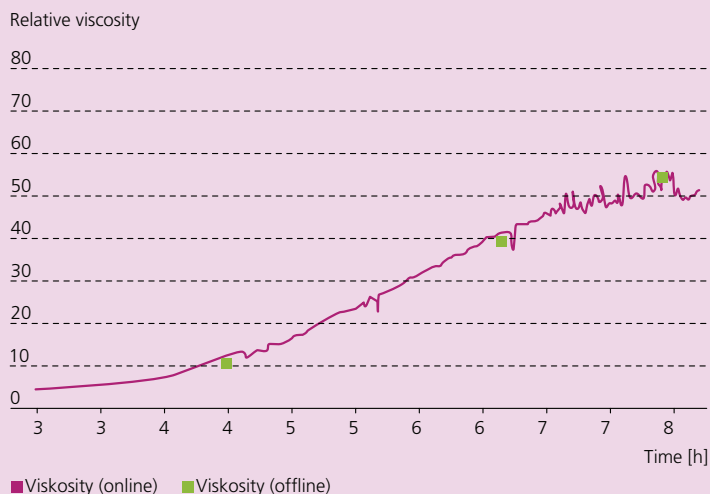
Zur Verfolgung des Reaktionsfortschritts wurde eine Online-Viskositätsmessung entwickelt und in den Versuchsaufbau integriert. Bei dieser Messmethode wird die Polymerschmelze mit nahezu konstantem Volumenstrom kontinuierlich aus dem Reaktor über eine Kapillare zurück in den Reaktor gepumpt. Dabei wird der sich einstellende Druckverlust, über die Kapillare gemessen und kann mit Offline-Messungen, z. B. der Schmelzviskosität oder dem Molgewicht korreliert werden (Fig. 3). Mit dem entwickelten Versuchsaufbau konnten bereits für mehrere kundenspezifische Stoffsysteme Machbarkeitsstudien im Labormaßstab durchgeführt werden.

Für ein Stoffsystem wurde basierend auf den Ergebnissen des Laborscheibenreaktors eine Verfahrensoptimierung mit Übertragung in den Technikumsmaßstab durchgeführt und in einer Technikumskampagne erfolgreich nachgewiesen. Es stellte sich heraus, dass die Online-Viskositätsmessung sehr hilfreich für die Qualitätssicherung ist.

1 Lab-scale rotating disc reactor and pilot-scale rotating disc reactor, volumetric scale-factor of 100.

2 Experimental equipment with lab-scale rotating disc reactor.

3 Online-viscosity measurement of the polymer melt in the rotating disc reactor.



Construction of a lab-scale rotating disc reactor for polycondensation reactions with an integrated online-viscosity measurement system

Kontakt Contact

A large number of important polymers, for example polyethylene terephthalate, are made by condensation polymerization. Condensation polymerization is a balance reaction in which the molar mass increases with the evaporation of a low molecular component. In order to get sufficient conversion and molar mass, balance must shift to the product side by removing the low molecular decomposition product. In the last phase in particular, the material exchange of the decomposition product in a highly viscous polymer melt can limit the process. Special reactors are used to optimally transfer the decomposition product from the polymer melt. One example is the rotating disc reactor used for finishing PET products. Information on the scale-up of these reactor types is hard to find in the literature available to the public.



Dipl.-Ing. Marcus Vater

Telefon +49 3461 2598-230
Fax +49 3461 2598-105
marcus.vater@iap.fraunhofer.de

A rotating disc reactor with a volume of 1.1 m³ is available at the Fraunhofer PAZ on a semi-technical scale. A lab rotating disc reactor was developed in order to be able to carry out feasibility studies and pretests for the scale-up. The reactor was scaled-down in volume by a factor of around 100 (Fig. 1 and 2) to a volume of around 11 L. The reactor was entirely designed, constructed and manufactured at the Fraunhofer PAZ.

Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke

Telefon +49 3461 2598-120
Fax +49 3461 2598-105
michael.bartke@iap.fraunhofer.de

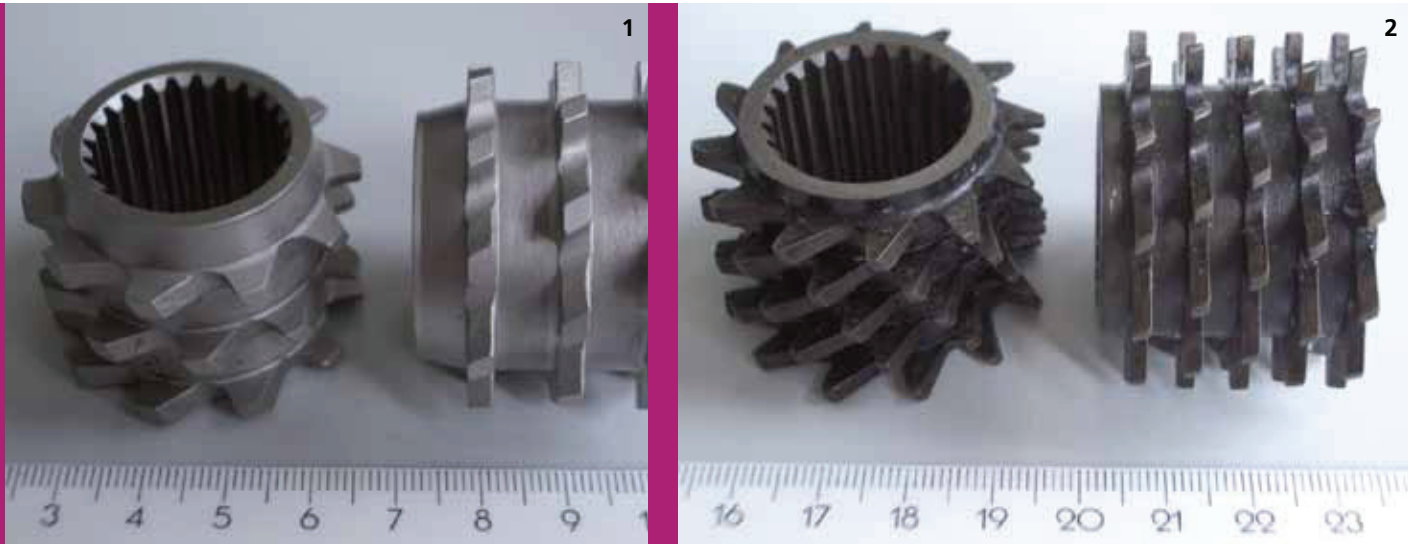
The lab rotating disc reactor is constructed completely of high-grade stainless steel (1.4571). The maximum heating jacket temperature is 300 °C. The reactor is vacuum resistant (less than 1 mbar e. g.) and can be pressure-loaded up to 7 bar e. g. The stainless steel discs used are exchangeable and can be modified to meet requirements. The rotational speed of the disc is infinitely variable in a range of 0 to 120 RPM. If required, a drift-sided torque of 140 Nm is available throughout the entire range of speed. The front panel of the reactor is designed using heated sight glass. This special construction allows the fluid dynamics and film formation process to be observed and recorded during the entire synthesis process. There is further sight glass on the dome of the reactor.

Dr. Ulrich Wendler

Telefon +49 3461 2598-210
Fax +49 3461 2598-105
ulrich.wendler@iap.fraunhofer.de

An online-viscosity measurement system was developed and integrated into the reactor setup in order to monitor the progress of the reaction. The polymer melt of an almost constant volume flow is pumped continuously from the reactor back into the reactor via a capillary. The drop in pressure is measured through the capillary and can be correlated with results of offline measurements, e. g. the melt viscosity or the molecular weight (Fig. 3). Feasibility studies have already been carried out for several customer-specific material systems on a laboratory scale using this experimental equipment.

For one specific material system, process optimization and scale-up to a technical scale was carried out successfully based on the results of the lab rotating disc reactor. Here, the online-viscosity measurement system turned out to be very helpful in the quality control of the product on a technical scale.



Entwicklung von Extrudermischelementen für faserverstärkte Compounds

Im Direktverarbeitungsprozess hergestellte, faserverstärkte Bauteile können unter der Voraussetzung der möglichst homogenen Verteilung der eingebrachten Fasern sehr gut an die jeweilige Anforderung angepasst werden. Beispielsweise können Celluloseregeneratfasern (CRF) oder andere textile Fasern im Bauteil zur Gewichtsreduzierung und Schlagzähigkeits-erhöhung, etwa für Bauteile im Transportwesen, eingesetzt werden.

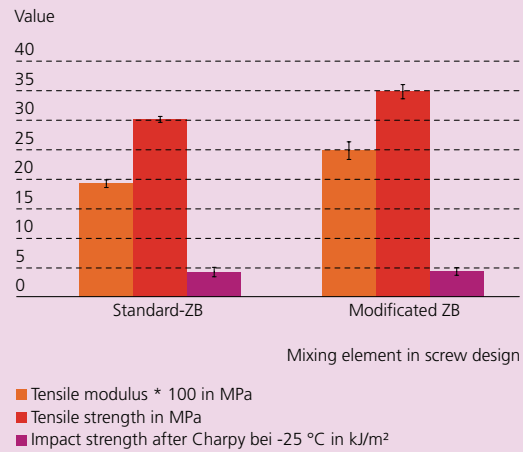
Nachteil im Compoundierprozess mit Polymeren mittels Doppelschneckenextrudern, insbesondere beim Einsatz von Celluloseregenerat-Langfasern, ist die hohe Reißdehnung und der weiche Charakter der Fasern. Sie neigen sehr stark zu Bildung von Agglomeraten im späteren Bauteil, wodurch bei schlagartiger Beanspruchung Risse initiiert werden können und die Funktionalität des Bauteils genau an dieser Stelle versagen könnte. Durch den Einsatz herkömmlicher Mischelemente im Compoundierprozess auf Doppelschneckenextrudern ist mit optimierter Extruderkonfiguration im Labormaßstab eine agglomeratfreie Verarbeitung der Einzelkomponenten möglich (ZE25-UTX, KraussMaffei Berstorff), beim Scale up in den industriellen Maßstab (ZE40A-UTX, KraussMaffei Berstorff) jedoch ist eine ausreichende Dispergierung der Fasern in der Schmelze nicht mehr realisierbar, was unter anderem auf unterschiedliche Volumenverhältnisse im Extruder zurückzuführen ist.

Somit wurden aufbauend auf der Geometrie von Standard-Mischelementen neue Schnecken-elemente entwickelt. In Figure 1 und 2 sind die entsprechenden Elemente gegenüber gestellt. Ein Standard-Zahnblockelement für einen Doppelschneckenextruder ZE40A-UTX besitzt drei Zahnreihen mit je zehn Zähnen sowie eine definierte Gangtiefe. Das modifizierte Zahnblock-element wurde bezüglich Scherintensität und Volumenverhältnissen angepasst. Es besitzt bei identischer Länge fünf Zahnreihen mit je zwölf Zähnen und verringertem freien Volumen im Extruder. An einer ZE40A-UTX mit einem Schneckendurchmesser von 44 mm wurden aufbauend auf den Scale up-Versuchen systematische Untersuchungen zum Vergleich der Mischelemente durchgeführt. Es wurde der Einfluss der Schneckenkonfiguration (Mischzone mit jeweils gleicher Anzahl an Zahnblockreihen) auf die Dispergierwirkung sowie die mechanischen Eigenschaften eines PP/CRF-Compounds mit 10 Prozent CRF-Schnittfasern (Ausgangsfaserlänge 4 mm) untersucht.

Bei der Verwendung der modifizierten Zahnblockelemente tritt durch die Erhöhung der Anzahl der Schereinheiten und durch ein geringeres freies Volumen im Extruder eine erhöhte dispersive Mischwirkung ein, wodurch beim Einsatz einer zweckmäßigen Schneckenkonfiguration und geeigneten Prozessparametern eine sehr gute Faserclusterauflösung im industriellen Maßstab erreicht wird. Analog dazu konnten bessere mechanische Kennwerte erzielt werden. Erste Untersuchungen zeigten Erhöhungen des Zugmoduls um ca. 33 Prozent und der Zugfestigkeit um ca. 17 Prozent bei vergleichbarer Kerbschlagzähigkeit der Materialien.

- 1 *Standard mixing element.*
- 2 *Modified mixing element.*
- 3 *Mechanical properties of a PP/cellulose fiber compound.*

Mechanical values of an 2 mm-plate [PP 88 % / CRF 10 % / HV 2 %]



Design of extruder mixing elements for fiber reinforced composites

Fiber reinforced thermoplastic components, generated through direct processing, can be tailored for particular applications if the fiber distribution within the matrix is homogeneous. For applications in the transportation industry for example, regenerated cellulose fibers and other textile fibers can be used to reduce the weight and improve the impact strength of polymeric components.

Certain issues in terms of homogenization arise during the compounding process with twin screw extruders. This is especially the case when cellulose staple fibers are used because they have a high elongation at break and a very flexible nature. They tend to accumulate agglomerates in the polymeric component. This results in tears under abrupt strain and means the component could fail exactly at this point. Using standard mixing elements with an optimized extruder configuration in the compounding process, it is possible to get a homogenized compound on a laboratory scale (ZE25-UTX, KraussMaffei Berstorff). A scale up to industrial level (ZE40A-UTX, KraussMaffei Berstorff) would most certainly lead to an insufficient dispersion of the fibers in the matrix. Among other things this is caused by different volume ratios in the extruder.

Thus the aim of the work was to design new mixing elements based on the geometry of standard extruder elements. These elements are compared in Figures 1 and 2. A standard mixing element has three rows with ten teeth each and a well-defined flight depth. The modified mixing element was customized in terms of the shear rate and the volume ratio. It has five rows with twelve teeth each, the same element length and a lower free volume in the extruder. Based on the scale up experiments, the new, modified elements were compared to the standard elements of the ZE40A-UTX with a screw diameter of 44 mm. The influence of the screw design on the degree of dispersion (mixing zone with equal number of teeth rows respectively) as well as the mechanical properties of a PP/cellulose fiber compound (10 percent cellulose staple fibers, fiber length before compounding 4 mm) were investigated.

The modified mixing elements led to an improved mixing effect because of higher shear rates and a lower free volume in the extruder. Excellent deagglomeration is possible on an industrial scale using the appropriate screw design and under suitable process conditions. Furthermore the mechanical properties were also improved. Research showed an improvement in tensile modulus of about 33 percent and in tensile strength of about 17 percent accompanied by comparable impact strength of the material.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. Ivonne Jahn

Telefon +49 3461 2598-324
 Fax +49 3461 2598-105
 ivonne.jahn@iap.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Michael Bartke

Telefon +49 3461 2598-120
 Fax +49 3461 2598-105
 michael.bartke@iap.fraunhofer.de

Dr. Michael Busch

Telefon +49 345 5589-111
 Fax +49 3461 2598-105
 michael.busch@iwmh.fraunhofer.de



Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung mit dem Koreanischen Technologie Institut KETI.
(von li. nach re.: Dr. Sung Kyu Park, Prof. Dr. habil. Hans-Peter Fink, Dr. Pyeong Rak Choi, Dr. Armin Wedel)
Signing of the Memorandum of Understanding with the Korean Technology Institute KETI. (left to right: Dr. Sung Kyu Park, Prof. Dr. habil. Hans-Peter fink, Dr. Pyeong Rak Choi, Dr. Armin Wedel)

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

NAMES, DATA, EVENTS

100 Laborausstattung

Laboratory equipment

104 Graduierungsarbeiten

Theses

110 Wissenschaftliche Zusammenarbeit

Scientific collaboration

113 Ereignisse

Events

115 Präsentationen und Publikationen

Presentations and publications

120 Patente

Patents

122 Anreise

How to reach us

LABORAUSSTATTUNG

LABORATORY EQUIPMENT

Analytik

Chemische Analyse

- Geräte zur Elementaranalyse (C, H, N, S, O)
- ICP-Emissionsspektrometer
- Nasschemische Methoden
- Gaschromatographen
- Ionenchromatograph
- Hochleistungs-Flüssig-Chromatographen (HPLC)
- Massenspektrometer
- Online-IR-Spektrometer
- Online-Raman-Spektrometer

Physikalisch-chemische Charakterisierung von Polymerlösungen

- Gel-Permeations-Chromatographie mit Multidetektion (VISCO, MALLS, UV, RI)
- Statische und dynamische Lichtstreuung
- Interferometrisches Refraktometer (dn/dc-Bestimmung)
- Präparative Molmassenfractionierung
- Analytische Ultrazentrifugation
- Dampfdruckosmometer
- Membranosmometer
- Kryoskopie
- Automatische Verdünnungs-Viskosimeter
- Partikelcharakterisierung (Partikelgrößenanalyse, Zeta-Potenzial, Oberflächenladung)
- Tensiometer (Platte/Ring), Spinning-drop-Tensiometer
- Oszillationsrheologie (Speicher- und Verlustmodul, Netzwerkbildung)
- Trübungsphotometer
- Elektrochemische Charakterisierung
- Biegeschwinger (partielles spezifisches Volumen, Polymerisationskinetik)
- Polyelektrolyttitration

Strukturanalyse von Lösungen und Festkörpern

- Röntgenbeugungsmethoden – (Klein- und Weitwinkelstreuung)
- NMR-Spektrometer (400 und 500 MHz)
- FTIR-, UV-VIS- und Fluoreszenz-Dioden-Array-Spektrometer
- Fluoreszenz-Spektrometer (Spex Fluorolog)
- Elektronenmikroskop (TEM, REM, EDX)
- Rasterkraftmikroskop
- Fluoreszenzmikroskop mit CCD-Kamera
- Elektronenspektrometer zur chemischen Analyse (ESCA)
- Lichtmikroskop
- Automatisches Kontaktwinkelmesssystem
- Geräte zur thermischen Analyse
- Reaktionskalorimeter
- Schmelzindexbestimmung
- Bestimmung von Porengrößenverteilungen und Oberflächen poröser Festkörper
- Automatisches Wasserdampfsorptionsmessgerät
- FT-Raman-Spektrometer
- Sauerstoffpermeationsmessgerät

Ausführliche Informationen zu unserem umfangreichen Analytikangebot finden Sie unter:

www.polymer-analytik.de

Ausstattung

- Reinraum (Klasse 1000 und 10 000)
- Syntheselabors
- Labore zur physikalischen Charakterisierung

Kombinierte Messverfahren

- Messplatz zur Bestimmung der elektrischen und optischen Eigenschaften von OLED
- OLED-Lebensdauer messplatz
- Messplatz zur Bestimmung der Eigenschaften von organischen Feldeffekttransistoren
- Messplatz zur Bestimmung der Effizienz von Solarzellen
- Spektroelektrochemischer Messplatz
- Schichtdickenmesstechnik im Bereich 20 nm bis 20 µm
- Elektrische Polarisierung
- Messplätze zur Bestimmung der piezo- und pyroelektrischen Eigenschaften

Lasertechnik

- Holographischer Messplatz
- Aufbau zur laserinduzierten Anisotropie
- Ar+Laser
- Kr+Laser
- Diodengepumpter Festkörperlaser
- HeCd Laser
- HeNe Laser

Optische Messtechnik

- UV-VIS, Fluoreszenz und FTIR Spektrometer mit Mikroskopiermöglichkeiten
- Spektroskopische Ellipsometer
- Polarisationspektrometer
- Messplätze für nichtlineare optische Eigenschaften
- Spektroradiometer zur winkelabhängigen Charakterisierung optischer Bauelemente
- Oberflächen-Plasmon-Resonanz-Spektroskopie

Mechanische Prüfung

- Bestimmung der Kennwerte Zug-, Biege- und Weiterreißfestigkeit
- Zug- und Biegemodul
- Brucharbeit
- Schälkraft
- Reibungskoeffizient
- Abrieb
- Härte und Schlagzähigkeit
- Standzeiten unter verschiedenen Dauer- oder Wechselbeanspruchungen

Polymersynthese und -derivatisierung

- Labor- und kleintechnische Apparaturen zur Polymersynthese durch Schmelzpolykondensation, Masse-, Emulsions- und Lösungspolymerisation sowie für polymeranaloge Umsetzungen
- Explosionsgeschützter 50 L-Reaktor zur heterogenen Modifizierung von Cellulose und Stärke
- Automatische Reaktorsysteme RC1, LabMax
- Laborautoklaven
- Hochdruckreaktorsystem mit Gasdosieranlage

Modifizierung von Oberflächen und Filmen

- Anlagen zur Oberflächenmodifizierung von Polymeren mit Niederdruck-Atmosphärendruckplasma und VUV-Strahlung

Herstellung dünner Schichten

- Sprüh- und Spincoater
- Tintenstrahldruck von OLEDs
- Aufdampfen und Sputtern von Metallschichten und Oxiden

Polymerverarbeitung

- Verarbeitung von Polymeren und Polymerlösungen
- Einrichtungen zur kleintechnischen Herstellung und Verformung thermoplastischer Kunststoffe
- Nassspinntechnik für Viskose und Carbamat
- Lyocell-Technologie für Fasern und Folien
- Technika zur Herstellung dünner Polymerschichten
- Messextruder mit diversen Verformungswerkzeugen
- Technikums-Sprühtrockner
- Gefriertrocknungsanlagen
- Wirbelschichttrockner
- Jet-Kocher
- Mikrowellenreaktor
- Ultrafiltrationsanlagen (bis zu 15 L)
- 5-Schicht-Flachfolien-Extruderanlage
- Berghofzellen zur Latexreinigung (bis zu 2 L)
- Konischer Mini-Doppelschneckenextruder
- Mikro-Spritzgießgerät
- Spritzgießautomat
- Doppelschneckenextruder für reaktive Extrusion
- Labor-Bikomponenten-Schmelzpinnanlage

LABORAUSSTATTUNG

LABORATORY EQUIPMENT

Analytiks

Chemical analysis

- instruments for elemental analysis (C, H, N, S, O)
- ICP optical emission spectrometer
- wet chemical methods
- gas chromatographs
- ion chromatograph
- high performance liquid chromatographs (HPLC)
- mass spectrometers
- online IR-spectrometer
- online Raman spectrometer

Physical-chemical characterization of polymer solutions

- gel permeation chromatography with multidetection (VISCO, MALLS, UV, RI)
- static and dynamic light scattering
- interferometric refractometer (dn/dc-determining)
- preparative molar mass fractionation
- analytical ultracentrifugation
- vapor pressure osmometer
- membrane osmometer
- cryoscopy
- automatical dilution viscometer
- particle characterization (particle size analysis, zeta potential, surface charge)
- tensiometer (plate/ring),
- spinning drop tensiometer
- oscillation rheology (storage and loss modulus, gelation)
- turbidity photometer
- electrochemical characterization
- bending vibration (partial specific volume, polymerization kinetics)
- polyelectrolyte titration

Structural analysis of solutions and solids

- X-ray diffraction methods (small-angle and wide-angle scattering)
- NMR spectrometer (400 and 500 MHz)
- FTIR, UV-VIS and fluorescence diode array spectrometer
- fluorescence spectrometer (Spex Fluorolog)
- electron microscope (TEM, REM, EDX)
- atomic force microscope
- fluorescence microscope with CCD camera
- electron spectrometer for chemical analysis (ESCA)
- light microscope
- automatic contact angle measuring system
- instruments for thermal analysis
- reaction calorimeter
- melt-flow index determination
- test station for determining pore-size
- distribution and surfaces of porous solids
- ellipsometer
- automatic water vapor sorption
- measuring device
- FT Raman spectrometer
- oxygen permeability tester

You will find detailed information on our broad range of analytical methods and services at:

www.polymer-analytik.de

Equipment

- clean room (class 1000 and 10,000)
- laboratories for synthesis
- laboratories for physical characterization

Combined measuring methods

- test station for determining electronic and optical properties
- OLED durability test station
- test station for determining properties of organic field effect transistors
- test station for determining the efficiency of solar cells
- spectro-electrochemical test station
- test station for layer thickness within the range 20 nm - 20 μm
- electrical polarization
- test stations for determining piezo- and pyroelectric properties

Laser technology

- holographic test station
- station for laser-induced anisotropy
- Ar+laser
- Kr+laser
- diode-pumped solid laser
- HeCd laser
- HeNe laser

Optical measuring methods

- UV-VIS and FTIR microscope spectrometer
- spectroscopic ellipsometer
- polarization spectrometer
- test stations for measuring non-linear optical properties
- spectroradiometer for angle-dependent
- characterization of optical components
- surface plasmon resonance (SPR) spectroscopy

Mechanical testing

- Determination of the parameter:
- tensile, flexural and tearing strength
 - tensile and flexural modulus
 - fracture work
 - peeling force
 - abrasion
 - shore hardness and impact strength
 - service life under various long-term and alternating stresses

Polymer synthesis and derivatization

- laboratory and pilot-plant scale equipment for polymer synthesis by melt polycondensation, bulk, emulsion and solution polymerization and polymer analog reactions
- explosion-proof 50 L reactor for heterogeneous derivatization of cellulose and starch
- equipment for UV cross-linking and UV stability
- automatic reactor systems RCI, LabMax
- laboratory vessels
- high-performance reactor system with gas dosing plant

Modification of surfaces and films

- equipment for surface modification of polymers with low-pressure and atmospheric pressure plasma and VUV radiation

Preparation of thin layers

- spray and spin coater
- ink-jet printing of OLEDs
- evaporation and sputtering of thin metal and oxide layers

Polymer processing

- processing of polymers and polymer solutions
- equipment for pilot-scale production and extrusion of thermoplastics
- equipment for production and wet spinning of polymers from solution, particularly viscose and carbamate
- lyocell technology for fibers and films
- equipment for pilot-scale production of thin polymeric layers
- laboratory extruder with various dies
- pilot-scale spray drier
- lyophilizer
- turbulent-layer drier
- jet boiler
- microwave reactor
- ultrafiltration (up to 15 L)
- 5-layer flat film extruder plant
- Berghof cells for latex cleaning (up to 2 L)
- conical twin screw micro-compounder
- micro injection molding machines
- injection molding machines
- twin screw extruders for reactive extrusion
- lab bicomponent spinning-line

GRADUIERUNGSARBEITEN

THESES

Synthesis of block copolymers by UV-activated iniferter processes

Stefan Berdzinski

Diploma thesis, TU Berlin

The synthesis of block copolymers made of polystyrene (PS) and poly(methyl methacrylate) (PMMA) by photo induced iniferter process was realized. Dithiocarbamates TBTC (tetrabutyl dithiocarbamate), DMTC (dimorpholidinyldithiocarbamate) and DPTC (dipyrrolidinyl-dithiocarbamate) were synthesized as iniferters (initiator chain transfer agents). The first step of the polymerization sequence, namely the polymerization of styrene with iniferters TBTC and DPTC to give the corresponding PS macro iniferters PSt-TBTC and PSt-DPTC was studied in detail. End group analysis revealed that both TBTC and DPTC act as photo initiators, chain transfer as well as terminating agents. In agreement with the generally assumed mechanism of the iniferter process. Polymeric iniferters, »macro iniferters«, derived from either DBTC or from DPTC and styrene were capable to initiate the chain extension polymerization of MMA under UV-irradiation and to undergo a controlled and reversible chain termination. This is reflected e. g. in the narrow molar mass distributions of the polymers obtained. Also, the relative lengths of the PS and PMMA blocks can be controlled by the duration of the irradiation time. The use of chloroform as reaction solvent was problematic, as the formation of PMMA homopolymer as side product of the copolymer synthesis was favored.

Design, synthesis and characterization of amphiphilic symmetrical triblock copolymers by the RAFT process: Their self-organization in dilute and concentrated aqueous solutions

M. Sc. Achille Mayelle Bivigou Koumba

PhD thesis, University of Potsdam

Amphiphilic triblock copolymers were made by controlled free radical polymerization, namely by the RAFT (reversible addition-fragmentation chain transfer) method. The polymers were characterized by a long hydrophilic middle block A of poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAM) and small, but strongly hydrophobic end blocks B. For the latter, 4-tert-butyl styrene, styrene, 3,5-dibromo benzyl acrylate, 2-ethylhexyl acry-

late, and octadecyl acrylate were used, as their polymers exhibit different hydrophobicities and glass transition temperatures. A series of new bistrithiocarbonates were prepared to serve as bifunctional RAFT chain transfer agents. These agents enable the synthesis of triblock copolymers with good molar mass control and narrow polydispersities in only two steps, allowing to vary broadly the nature of the hydrophobic blocks and the length of the hydrophobic and hydrophilic blocks. Some RAFT agents led to specific side reactions, including elimination of ethylenetrithiocarbonate, or retardation of the chain extension of PNIPAM with styrene. This underlines the need of a careful choice of RAFT agents for a given task. The various copolymers self-assemble in aqueous solution into small flower-like micelles, but no clusters of micelles were observed. The reversible thermoresponsive behavior was examined by turbidimetry and dynamic light scattering (DLS), showing small micelles at ambient temperature. The cloud point (ca. 30 °C) was found to be nearly constant and identical to the one of pure PNIPAM for concentrations 0.01-50 mass percent. This is attributed to the shielding of the hydrophobic blocks from a direct contact with water by the formation of micelles. The aggregate size dramatically increased above the cloud point, indicating a change of aggregate morphology into clusters due to the thermosensitivity of the PNIPAM block. Rheological studies demonstrated that hydrogels are formed only at high concentrations, typically above 30-35 mass percent. The concentration to induce gelation decreased slightly with the increasing glass transition temperatures and length of the end blocks B. The weak tendency to form hydrogels was attributed to a small share of bridged micelles, due to the strong segregation regime occurring. In preliminary studies, analogous BAB triblock copolymers with poly(methoxy diethylene glycol acrylate) (PMDEGA) were prepared as alternative stimuli-responsive A block. These copolymers gave physical hydrogels at much lower concentration, i. e. from 20 mass percent on, suggesting that PMDEGA is more swellable in water than PNIPAM.

Synthesis of blockcopolymers of poly-L-lactide and polycarbonate

B. Sc. Giselher Dorff

Master thesis, FU Berlin

Aim of the thesis was to synthesize block copolymers of poly-L-lactide (PLLA) and polycarbonate and to study, whether the glass transition temperature (TG) or heat deflection temperature (HDT), respectively, of pure PLLA can be increased by such a block copolymerization. It could be shown, that commercial polycarbonate is basically inapplicable for the block copolymer synthesis. The first aspired block copolymer synthesis, a ring opening polymerization (ROP) of lactide being initiated with hydroxyl-terminated PC-blocks, remained unsuccessful. The phenolic hydroxyl groups are not able to act as an initiator. The conversion of phenolic to aliphatic hydroxyl groups works only under decomposition of the PC and formation of new phenolic hydroxyl groups which disturb the ROP. Finally the block copolymerization was successful, using an isocyanate-coupling of functionalised precursor blocks. However, since this coupling was only possible under basic catalysis, a degradation of the polymers to very small molar masses was unavoidable. Because of that, the achieved increase of TG is almost compensated by the degradation of the polymers.

Analysis of morphology formation in PC/ABS-blends with dual filler systems of carbon black and carbon nanotubes

Dipl.-Ing. Jens Erdmann

Diploma thesis, Martin-Luther-University of Halle-Wittenberg

This contribution deals with PC/ABS-Blends filled with dual systems of Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWNTs) and carbon black (CB) to enhance simultaneous electrical and mechanical properties. Polycarbonate (PC) filled with MWNTs and acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) filled with CB have been separately processed in a laboratory kneader. In the ABS-CB systems the filler-level was varied with focus on mechanical properties. In the PC-MWNT systems the filler distribution and dispersion was varied with focus on the electrical properties. Both systems were mixed with each other. The electrical and mechanical properties of the blends as well as filler distribution,

dispersion and localisation were characterized. Furthermore the influence of the CB-level in ABS on blend morphology and mechanical-physical properties were investigated.

Characterization of solar cells with spin coated and inkjet printed organic layers

Alexander Lange

Master thesis, University of Potsdam

Organic solar cells commonly have an active layer consisting of a polymer based electron donor, such as poly(3-hexyl thiophene) (P3HT), and a small molecule electron acceptor, i. e. 1-(3-methoxycarbonyl) propyl-1-phenyl[6,6]C61 (PCBM). Devices made from these materials offer several advantages over their inorganic counterparts because they can be light weight, flexible and semi-transparent. Typically, P3HT:PCBM solar cell active layers are prepared by spin coating where a centrifugal force spreads a solution across a substrate. Spin coating is effective because it generates homogeneous and pristine films; however, the complete substrate is covered with the photo-active materials. In order to generate a patterned structure, where only selective areas are covered with the polymer: small molecule mixture, other technologies like printing are needed. During inkjet printing, picoliter droplets of a fluid are ejected from a print head onto a substrate in a user-defined pattern. Due to the different processing conditions during spin coating and inkjet printing, specific requirements are needed for inkjet inks such as the incorporation of a high boiling point solvent to prevent print head nozzle clogging. In order to successfully print P3HT and PCBM, a combination chlorobenzene and trichlorobenzene was used because of the good solubility of P3HT in the former and the high boiling point of the latter. Furthermore, solar cells with printed active layers from this solvent system had efficiencies of 2.2 percent. This compares well to solar cells with spin coated active layers from the same materials where efficiencies of 2.5 percent were found.

GRADUIERUNGSARBEITEN

THESES

Properties of thermo-responsive polymers in aqueous phase and at the interface

B. Sc. Ang Li

Master Thesis, FU Berlin, HU Berlin, TU Berlin and University of Potsdam

Thermo-responsive statistical copolymers with defined molecular weights and end groups were synthesized by conventional free radical polymerization (FRP) as well as by different methods of controlled free radical polymerization, namely reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) polymerization and atom transfer radical polymerization (ATRP). Two pairs of monomers were employed for this study: the styrene derivatives α -hydroxy- ω -(4-vinylbenzyl)-tri(oxyethylene) (HTEGSt) and α -hydroxy- ω -(4-vinylbenzyl)-tetra(oxyethylene) (HTrEGSt), and the methacrylate derivatives oligo(ethyleneglycol) methyl ether methacrylate (OEGMA 300) and 2-(2-methoxyethoxy)ethyl-methacrylate] (MEO2MA). For each pair, the monomer reactivities were compared. In both cases, the reactivities of the lighter and the heavier monomers were undistinguishable within the limitations of the experimental methods.

The phase transition behavior of the copolymers was investigated with turbidimetry and dynamic light scattering. All copolymers exhibit a lower critical solution temperature (LCST). Different parameters that have impacts on lower critical solution temperature were examined. To make them useful for surface modification, the polymers were functionalized with different reactive groups. Finally, surface plasmon resonance (SPR) was used to monitor the immobilization of these thermo-responsive copolymers at interfaces.

Development of versatile chemical platforms to access new generations of »Smart« polymer materials

Dr. Jean-François Lutz

Habilitation, University of Potsdam

The face of macromolecular science has changed in the past decades. Besides well-established commodity applications, synthetic and biological macromolecules have been recently extensively explored in numerous specialty areas as diverse as nanoelectronics, data

storage devices, alternative energy resources, cosmetics, healthcare and biotechnology. These emerging fields generated new directions in fundamental and applied polymer research. Indeed, these new technologies frequently require high-performance properties, which are often not attainable with »standard« polymer materials. For instance, synthetic macromolecules undergoing rapid conformational change in response to an external stimulus such as pH, temperature, ionic strength or irradiation (i. e. smart polymers) became lately very important in polymer science.

The main objective of our research work was to develop straightforward chemical approaches for preparing smart polymer-based materials. Firstly, it was demonstrated that oligo(ethylene glycol) (meth)acrylates constitute a very promising class of monomers to design new types of smart biocompatible polymers. Indeed, a wide range of properties in aqueous medium could be attained. For instance, permanently water-soluble polymers, thermoresponsive polymers and even degradable polymers could be synthesized via simple controlled radical (co)polymerization of oligo(ethylene glycol)-based (meth)acrylates. This chemistry is easy (i. e. uncomplicated lab conditions), environmentally friendly (i. e. applicable in alcohol or water) and moreover principally based on commercially available monomers.

This thesis also describes the importance of copper-catalyzed azide-alkyne »click« cycloadditions (CuAAC) in macromolecular chemistry. In particular, it was evidenced that these »click« reactions and atom transfer radical polymerizations (ATRP) are effective complementary tools for advanced macromolecular engineering. This dual synthetic platform allows for example the rational design of polymers with defined end-groups (i. e. telechelic macromolecules). In that regard, this new approach is particularly versatile. Moreover, this novel platform can be efficiently used for the controlled ligation of azido-functionalized synthetic polymers and acetylene-functionalized oligopeptides. In fact, CuAAC is a particularly relevant reaction for bioconjugation purposes, as azide and alkyne functions are, respectively, absent or relatively rare in the biological world (i. e. CuAAC is a bio-orthogonal reaction).

Furthermore, these two new synthetic platforms (i. e. oligo(ethylene glycol) (meth)acrylates and »click« chemistry) seem promising and extremely versatile for designing polymer-based materials. Various types of smart polymer materials (e. g. thermoresponsive hydrogels,

functionalized polymeric micelles, polymer-coated contrast agents for medical imaging or switchable surfaces for controlling bioadhesion) were synthesized, characterized and applied. In all cases, our chemical platforms allowed the straightforward construction of these materials. Most of them can be obtained in large scales and in very simple lab conditions.

Synthesis of new band gap polymers and their characterization in fullerene blend cells

Moses Richter

Bachelor work, Fachhochschule Südwestfalen Iserlohn

The scope of this bachelor thesis was the synthesis of two low-band gap polymers. The first polymer, MR1, on the basis of a P3AT synthesis after the McCullough method is a copolymer consisting of 3-hexylthiophene and 3-methoxy-ethoxy-ethylenethiophene. A 1:1 ratio between both monomers was chosen.

The synthesis yielded MR1 with a weight average molecular weight of $M_w=25000$ g/mol ($PD=1.7$). The maximal absorption of MR1 was determined at a wavelength of 360 nm in a chloroform solution by UV-VIS spectroscopy. In the solid state, with an increasing degree of orientation, this maximum was shifting towards 550 nm while the optical band gap was accordingly 2.3 eV.

The second low band gap polymer, MR2, as well a copolymer, is based on alternating fluorene polymers. The synthesis was held on the basis of the Suzuki Reaction with the monomers dithiophene-pyrazine derivative, which are a special donor-acceptor-donor comonomers to achieve an even lower band gap, a fluorene derivative and triphenylamine. Without any problems, the synthesis yielded MR2 with a molecular weight average of $M_w=60,000$ g/mol ($PD=3$). The maximum absorption from UV-VIS spectroscopy appeared at a wavelength of 390 nm and the band gap was a width of 2.11 eV. Together with this very low band gap, a very good hole mobility of $3.6 \cdot 10^{-3}$ cm² V⁻¹ s⁻¹ was measured in this polymer.

Since one of the most likely applications of these organic semiconducting polymers are solar cells, both of the synthesized polymers were supposed to be tested with Phenyl-C61-butyric acid methyl

ester (PCBM) of different blend ratios in organic solar cells. With this purpose, the organic solar cells were built in a glovebox under N₂ atmosphere. Upon it was built a glass substrate with an ITO anode and approximately 60 nm of PEDOT:PSS as a transport layer. The polymer and the PCBM were dissolved in dichlorobenzene and were processed via spin coating on the glass substrate hosting the organic solar cells. Afterwards, the design was completed with a 1 nm thick LiF and a 100 nm thick aluminum layer as cathode. In addition, it should be noted that these cells have experienced no further improvements, such as on morphology or layer thickness variations, during the test.

The measurement yielded the best measured results for the processed blends as in the following: For the polymer MR1, the highest efficiency of 0.54 percent was achieved with a 2:1 blend (MR1/PCBM) and for the MR2 polymer, the highest efficiency of 1.58 percent was achieved with a 1:4 blend (MR2/PCBM). All results show that it was possible to elucidate the concepts behind both of the low band gap polymers successfully.

Synthesis of block copolymers using iniferters in a micro reactor

Thomas Schuster

Diploma thesis, University of Applied Sciences Fresenius

The photo-initiated block copolymerization using iniferters was transferred from a discontinuous to a continuous production process in an Ehrfeld micro reactor. The photo micro reactor was assembled, tested and equipped with the source of UV-radiation. Subsequently, the synthesis and characterization of end-functionalized polystyrene using tetrabutylthiuram disulfide was elaborated. The process yielded a macromolecule with defined end group structure, with an absorption peak at 283 nm and a number of dithiocarbamyl end groups close to the theoretical value of 2. In the second step of the synthesis of block copolymers, the increase of the methylmethacrylate conversion and of the polymethylmethacrylate (PMMA) block under UV-irradiation, as well as the molar mass of the polymer products were studied. For technical reasons, a Hg-hand lamp was used rather than a HgXe short arc lamp. In order to adjust the experimental times from discontinuous to the continuous synthesis in the micro reactor, low volumetric flow rates and macro scale film thicknesses were applied.

The continuous synthesis yielded low, insufficiently reproducible monomer conversions, so that the growth of the PMMA block was monitored instead at various volumetric flow rates. Similar results of block copolymer composition were observed for continuous and discontinuous synthesis for experiment times > 2 h. In contrast to this, block copolymers were observed for the continuous synthesis and reaction times < 2 h. Miniaturization of the film thickness from 4.5 mm to 20 μm yielded no gravimetric monomer conversion, and no block copolymers were observed for such reactor set-ups.

The multifarious self-assembly of triblock copolymers: From multi-responsive polymers and multi-compartment micelles

Dipl.-Chem. K. Skrabania

PhD thesis, University of Potsdam

New ternary ABC triblock copolymers were synthesized by Reversible Addition-Fragmentation chain Transfer (RAFT) polymerization. Compared to amphiphilic diblock copolymers, the ABC systems formed more complex self-assembled structures in water. Two strategies were followed. The first approach relied on double-thermoreponsive triblock copolymers exhibiting Lower Critical Solution Temperature (LCST) behavior in water. While the first phase transition triggers the self-assembly of triblock copolymers upon heating, the second one allows to modify the self-assembled state. The stepwise self-assembly was followed by turbidimetry, dynamic light scattering (DLS) and ^1H NMR spectroscopy as these methods reflect the behavior on the macroscopic, mesoscopic and molecular scale. Although the first phase transition could be easily monitored due to the onset of self-assembly, it was difficult to identify the second phase transition unambiguously as the changes are either marginal or coincide with the slow response of the self-assembled system to relatively fast changes of temperature. The second approach towards advanced polymeric micelles exploited the incompatibility of block copolymers bearing a hydrophilic, a lipophilic and a fluorophilic block – as driving force. The self-assembly of these polymers in water produced polymeric micelles comprising a hydrophilic corona and a microphase-separated micellar core with lipophilic and fluorophilic domains – so-called multi-compartment micelles. The association of triblock copolymers in water was studied by ^1H NMR spectroscopy, DLS and cryogenic

transmission electron microscopy (cryo-TEM). Direct imaging by cryo-TEM revealed different morphologies depending on the block sequence and the preparation conditions. While polymers with the sequence hydrophilic-lipophilic-fluorophilic built core-shell-corona micelles with the core being the fluorinated compartment, block copolymers with the hydrophilic block in the middle formed spherical micelles where fluorinated domains »float« on the surface of the lipophilic core. RAFT polymerization enabled beyond the realization of the desired polymeric architectures also efficient end group analysis for molar mass analysis, as the thiocarbonylthio end groups absorb in the UV/vis range and are conveniently quantified by UV-vis spectroscopy. A variety of dithiobenzoate and trithiocarbonate RAFT agents with differently substituted initiating R groups were synthesized and studied. Their absorption characteristics depending sensitively on the substitution pattern next to the thiocarbonylthio moiety and on the solvent polarity, the conditions for end-group analysis were optimized. As end-group analysis by UV-vis spectroscopy is insensitive to the potential association of polymers in solution, this method is advantageously exploited for the molar mass characterization of the prepared amphiphilic block copolymers.

Build-up and optimization of a lab-scale rotating disc reactor for polycondensation reactions

Marcus Vater

Diploma thesis, Martin-Luther-University of Halle-Wittenberg

Although rotating disc reactors are used commercially, e. g. as finishers for production of polyethyleneterephthalate, not much information on scale-up of rotating disc reactors is available in the open literature. In order to support scale-up of new polycondensation systems to an existing 1.1 m^3 pilot-scale rotating disc reactor in the Fraunhofer Polymer Pilot Plant Center, a lab-scale rotating disc reactor has been designed and realized.

The reactor is made of stainless steel and can be operated up to 280 $^\circ\text{C}$ and from -1 bar up to 6 bars. The disc sets are interchangeable and are powered by an electric drive (0 to 120 RPM with 140 nm). Film formation on the discs can be followed via a heated glass view port.

Moreover, a circulation line has been developed and integrated. This enables to take samples from the reactor under vacuum conditions. The pressure drop over the capillary is registered as well, and can be correlated with offline-analytics such as melt viscosity.

In a feasibility study, a novel polyester synthesis has been tested in the lab-scale rotating disc reactor at various conditions. The optimal operating conditions for the synthesis in the pilot-scale rotating disc reactor could be clarified at lab-scale.

Spinning solutions of cellulose carbamate in ionic liquids – preparation, characterization, and processing to fibers using the air gap spinning process

Susanne Wappler

Bachelor work, HTW Berlin

The work describes the preparation of spinning solutions of cellulose carbamate in the ionic liquid butyl-methyl-imidazolium-chloride, the characterization of this solution, and the processing to fibers using the air gap spinning process. The investigation of the spinning solution using rheological methods and polarization microscopy are described in detail. The hypothesis that the formed solution is a lyotropic solution could not be confirmed. The high concentrated spinning solutions were spun to fibers, but the target mechanical properties could not be reached. During the studies it could be shown that during the processing of the solution chain scission takes place. As well a hydrolysis of the carbamate bonding was observed. The chain scission is seen as the reason that the target level of fiber properties was not reached.

Development of thermally stable nanofillers and their application in polyimide nanocomposites: synthesis, characterization, and properties

M. Sc. Chen Yun

PhD thesis, TU Berlin

In this work, thermostable organo-modified montmorillonites (OMMTs) were synthesized by ion exchange reactions and thermoplastic nanocomposites with polyimide (PI) as a high-temperature matrix polymer were prepared and analyzed.

For this purpose, various types of organic surfactants such as activated diamines, ammonium-, pyridinium-, phosphonium- and imidazolium salts which either possess high thermal stability or have similar chemical structure with the PI matrix were applied for silicate organo-modification. The synthesized OMMTs showed both improved thermal stability and chemical compatibility. According to thermogravimetric analyses (TGA), the onset decomposition temperatures (T₀) of the synthesized OMMTs are over 250 °C. The weight losses of the pyridinium and imidazolium salts modified OMMTs even start above 300 °C. That is an increase over commercial OMMTs of more than 80 K. The high thermal stability of the synthesized OMMTs allows their application in high performance thermoplastics by melt compounding techniques.

The PI nanocomposites were produced either by solvent casting or by melt compounding using a double screw extruder. After injection molding composites were thoroughly characterized mechanically, thermo mechanically and structurally. Successful nanofiller exfoliation was proven by wide angle X-ray scattering and transmission electron microscopy.

WISSENSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT

SCIENTIFIC COLLABORATION

Fraunhofer-Institute Fraunhofer Institutes

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/Potsdam-Golm

Fraunhofer ICT, Institut für Chemische Technologie, Pfinztal

Fraunhofer IFAM, Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Klebetechnik und Oberflächen, Bremen

Fraunhofer IFF, Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung Magdeburg

Fraunhofer IGB, Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik, Stuttgart

Fraunhofer IIS, Institut für Integrierte Schaltungen, Erlangen

Fraunhofer ILT, Institut für Lasertechnik, Aachen

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 IWM, Institut für Werkstoffmechanik, Halle

Fraunhofer IZM, Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin

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

Fraunhofer WKI, Institut für Holzforschung, Braunschweig

Universitäten in Deutschland Universities in Germany

BTU Cottbus, Lehrstuhl Thermophysik

Charité, Universitätsmedizin Berlin

Fachhochschule Münster, Physikalische Chemie

Freie Universität Berlin, Institut für Chemie

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

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Organische Chemie

Ludwigs-Maximilian-Universität München, Institut für Chemie

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Physik,

Institut für Chemie, Zentrum für Ingenieurwissenschaften

Phillips-Universität Marburg, Fachbereich Chemie

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule RWTH Aachen, Institut für Physikalische Chemie

Technische Fachhochschule Wildau, Institut für Plasma- und Lasertechnik

Technische Universität Berlin, Institut für Physik, Institut für Chemie, Institut für Werkstoffwissenschaften

Technische Universität Braunschweig, Institut für Hochfrequenztechnik, Institut für Partikeltechnik

Technische Universität Clausthal, Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik

Technische Universität Darmstadt, Materialwissenschaften und Chemie

Technische Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Pflanzen- und Holzchemie

Technische Universität Ilmenau, Fachbereich Elektrotechnik

Technische Universität Karlsruhe, Institut für Technische Chemie und Polymerchemie

Technische Universität München, Institut für Physik

Universität Bayreuth, Fachbereich Chemie, Fachbereich Physik

Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Physik weicher Materie und angewandte Physik kondensierter

Materie, Institut für Chemie, Physikalische Chemie

Universität Kassel, Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff- und Recyclingtechnik

Universität Siegen, Institut für Festkörperphysik

Universität Würzburg

Universitäten im Ausland Foreign universities

Aristotle University, Thessaloniki (Greece)

Bristol University, School of Chemistry, Bristol (UK)

CNRS, Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg IPCMS, Strasbourg (France)

École Nationale Supérieure de Chimie de Lille ENSCL, Laboratoire d'Oxydation et de Formulation, Lille (France)

École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier ENSCM, Institut Charles Gerhardt Montpellier, Montpellier (France)

Ghent University, Institute of Polymer Chemistry, Ghent (Belgium)

Johannes Kepler Universität, Linz (Austria)

Kaunas University of Technology, Department of Organic Technology, Kaunas (Lithuania)

Polish Academy of Science, Center of Polymer Chemistry, Center of Polymer and Carbon Materials, Gliwice und Zabrze (Poland)

Technical University of Lisbon,
Institute of Superior Technology,
Lisbon (Portugal)

Université catholique de Louvain,
Unité Chimie des Matériaux
CMAT, Unité Chimie et Physique
des Hauts Polymères POLY,
Louvain-la-Neuve (Belgium)

University of Helsinki,
Chemistry Department,
Helsinki (Finland)

University of Hull, Department of
Chemistry (UK)

University of Lille, Laboratoire de
Formulation, Lille (France)

University of Patras, Department
of Materials Science (Greece)

University of York, Chemistry
Department, York (UK)

University of Zaragoza, Depart-
ment of Organic Chemistry,
Zaragoza (Spain)

**Andere Forschungs-
einrichtungen**
Other research institutes

Bundesanstalt für Material-
forschung und -prüfung, Berlin

Forschungsinstitut für Leder und
Kunststoffbahnen GmbH (FILK),
Freiberg

Fundación LABEIN,
Derio (Spanien)

Helmholtz-Zentrum Berlin für
Materialien und Energie GmbH,
Berlin

Institut für Dünnschichttechno-
logie und Mikrosensorik e.V.,
Teltow

Institut für Holztechnologie,
Dresden

Institut für Lebensmittel- und
Umweltforschung e.V.,
Bergholz-Rehbrücke

Joanneum Research Graz,
Graz (Austria)

Kunststoffkompetenzzentrum
Merseburg, Merseburg

Leibniz-Institut für Polymer-
forschung e.V. (IPF), Dresden

Max-Planck-Institut für Eisen-
forschung, Düsseldorf

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

Max-Planck-Institut für Polymer-
forschung, Mainz

Papiertechnische Stiftung Heide-
nau, Heidenau

Sächsisches Textilforschungs-
institut e.V., Chemnitz

Textilforschunsinstitut Thüringen-
Vogtland e.V., Greiz

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

VTT Technical Research Centre
of Finland, Espoo (Finland)

Ytkemiska Institute, Institute for
Surface Chemistry (YKI),
Stockholm (Sweden)

Firmenkooperationen
Cooperations with companies

Albis Plastic GmbH, Hamburg

Allresist GmbH, Strausberg

Arkema S.A., Serquigny (France)

BASF Plant Science Holding
GmbH, Limburgerhof

BASF SE, Berlin

BIS-Prozesstechnik, Bingen

Bundesdruckerei GmbH, Berlin

Cognis GmbH, Düsseldorf

Dow Construction Chemicals,
Bomlitz

Dow Olefinverbund GmbH,
Schkopau

Dow Wolff Cellulosics GmbH,
Bomlitz

Dracosa AG, Wolfen

DSM, Geleen (Netherlands)

Evonik-Oxeno, Marl

Feintechnik GmbH, Eisfeld

Festo AG & Co. KG, Esslingen

Gebrüder GRÜNEWALD GmbH
& Co, Kirchhundem

Henkel KGaA, Düsseldorf

Hexion S.A., Ottignies-Louvain-
La-Neuve (Belgium)

HWT-Wassertechnische Anlagen
GmbH, Erzhausen

IGV Institut für Getreideverar-
beitung GmbH, Nuthetal
OT Bergholz-Rehbrücke

KATPOL-Chemie GmbH,
Bitterfeld

Konarka Technologies,
Linz (Austria)

Krauss-Maffei AG, München

LIST AG, Arisdorf (Switzerland)

Losser-Chemie GmbH, Hainicken

Merck KGaA, Darmstadt

Novamont SPA, Novarra (Italy)

Osram Opto Semiconductors,
Regensburg

Pracht Lichttechnik GmbH,
Dautphetal

Polystal GmbH, Haldensleben

Putsch GmbH, Hagen

Pyramid Bioplastics Guben
GmbH, Guben

Sabic, Düsseldorf

Siemens AG, Berlin

Sika, Bad Urach

Steibel Eltron GmbH & Co. KG,
Winterstein

TES Frontdesign GmbH,
Neuruppin

Toho Tenax Europe GmbH,
Wuppertal

Trovotech GmbH,
Bitterfeld-Wolfen

Uhde Inventa-Fischer
GmbH & Co. KG, Berlin

Netzwerke
Networks

– BioTop

– CeChemNet

– Cluster Chemie/Kunststoffe
Mitteldeutschland

– European Polysaccharide
Network of Excellence (EPNOE)

– Fraunhofer-Allianz POLO

– Fraunhofer-Innovationscluster
Polymertechnologie

WISSENSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT

SCIENTIFIC COLLABORATION

- Fraunhofer-Netzwerk Elektrochemie
- Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS
- Kunststoffverbund Berlin/ Brandenburg (KuVBB)
- OptecBB e.V., Kompetenznetz für Optische Technologien
- Pearls of Science, Potsdam Research Network
- Polykum e.V.
- ProWissen Potsdam e.V.
- Sonderforschungsbereich 448, Mesoskopisch strukturierte Verbundsysteme

Mitarbeit in Fachorganisationen und Gremien Involvement in professional organizations and committees

Das Fraunhofer IAP ist Mitglied in folgenden Vereinen bzw. Arbeitsgemeinschaften:

- Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V., AGEF
- DECHEMA, Arbeitsausschuss Polyreaktionen
- Deutsches Flachdisplayforum, DFF
- Industrieclub Potsdam e.V.
- International Advisory Board, Chiral Compounds and Special Polymers, CCSP
- International Advisory Board, IUPAC, Novel Materials and their Synthesis, NMS
- Kunststoffverbund Berlin/ Brandenburg (KuVBB)
- Landervereinigung außeruniversitärer Forschung in Brandenburg (LAUF) e.V.
- Leibniz-Kolleg-Potsdam e.V.
- Organic Electronic Association, oe-a
- OpTecBB e.V.
- PhotonikBB e.V.
- SEPAWA e.V.

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

- Prof. Dr.-Ing. M. Bartke
- Beirat Kunststoffkompetenzzentrum Merseburg
- Dr. C. Fanter
- NA 005-11-43 AA Arbeitsausschuss Partikelmesstechnik; Oberflächenmessverfahren (Sp ISO/TC 24/SC 4/WG3)

- Prof. Dr. habil. H.-P. Fink
- Berlin-Brandenburgischen Polymerverband
 - European Poysaccharide Network of Excellence
 - Freundeskreis Chemie-Museum Erkner e.V.
 - Forschungsbeirat der Papiertechnischen Stiftung München (PTS)
 - Vorstandsmitglied der Forschungsvereinigung Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffe
 - Vorstandsmitglied Kunststoffverbund Brandenburg/ Berlin e.V., KuVBB
 - Zellcheming, Fachausschuss Cellulose und Cellulosederivate
 - Kooperationsrat des Innovativen Regionalen Wachstums-kerns Faserverbunde ALFA, Haldensleben
 - Editorial Boards der Zeitschriften »Cellulose«, »Cellulose Chemistry and Technology«, »Carbohydrate Polymers«, »Natural Fibres«

- Dr. J. Ganster
- Industrievereinigung verstärkte Kunststoffe, AVK

- Dr. M. Hahn
- Gutachterausschuss, Arbeitsgemeinschaft industrieller

- Forschungsvereinigungen
- »Otto von Guericke« e.V. (AiF)

- Dr. A. Holländer
- Deutsche Gesellschaft für Plasmatechnologie e.V.
 - International Advisory Board der Zeitschrift Plasma Processes and Polymers

- Dr. S. Janietz
- Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V. (AGEF)

- Prof. Dr. A. Laschewsky
- Berlin-Brandenburgischen Polymerverband
 - Vorstandsmitglied GdCh-Fachgruppe Waschmittelchemie

- Dr. A. Seeboth
- International Advisory Board, International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers, FCFP
 - International Advisory Board, International Symposium on High-Tech Polymers and Polymeric Complexes, HPPC
 - Gutachterausschuss, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e.V. (AiF)

- Dr. J. Stumpe
- OpTecBB e.V.
 - PhotonikBB e.V.

- Dr. W. Vorweg
- European Poysaccharide Network of Excellence
 - Stärkefachausschuss

- Dr. A. Wedel
- OpTecBB e.V.
 - Officer, Society for Information Displays-Mid Europe Chapter, SID-MEC

Lehrveranstaltungen Lecturing activities

- Prof. Dr.-Ing. M. Bartke
- Vorlesung »Polymerisationstechnik«, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 - Vorlesung »Polymer Reaction Engineering«, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

- Prof. Dr. habil. H.-P. Fink
- Vorlesung »Strukturcharakterisierung von biobasierten Polymerwerkstoffen«, Universität Kassel

- Dr. J. Ganster
- Seminar zur Vorlesung »Strukturcharakterisierung von biobasierten Polymerwerkstoffen«, Universität Kassel
 - Praktikum zur Vorlesung »Strukturcharakterisierung von biobasierten Polymerwerkstoffen«, Universität Kassel

- Priv.-Doz. Dr. Silvia Janietz
- Vorlesung »Moderne Aspekte der Elektrochemie«, Universität Potsdam

- Prof. Dr. A. Laschewsky
- Vorlesung »Technische Chemie I«, Universität Potsdam
 - Vorlesung »Technische Chemie II«, Universität Potsdam
 - Vertiefungspraktikum »Polymerchemie«, Universität Potsdam
 - Blockpraktikum »Polymerchemie«, Universität Potsdam
 - Koordination und Blockvorlesung »Polymeric Hydrogels«, École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier, Universität Potsdam

EREIGNISSE

EVENTS

Prof. Dr. A. Laschewsky,
Prof. Dr. S. Beuermann und
Prof. Dr. M. Antonietti
– Vorlesung »Polymerchemie I«,
Universität Potsdam

Prof. Dr. A. Laschewsky,
Prof. Dr. S. Beuermann und
Dr. V. Strehmel
– Praktikum »Polymerchemie«,
Universität Potsdam

Prof. Dr. A. Laschewsky
und Dr. habil. J.-F. Lutz
– Vorlesung »Design, synthesis
and properties of hydrogels«,
Universität Potsdam

Prof. Dr. A. Laschewsky,
Prof. Dr. J. Koetz und
Prof. Dr. S. Beuermann
– Diplomanden-, Doktoranden-
und Mitarbeiterseminar
»Kolloidchemie und Polymer-
chemie«, Universität Potsdam

Dr. J. Storsberg
– externer Lehrbeauftragter,
Pharma- und Chemietechnik,
Beuth-Hochschule für Technik,
Berlin

Priv.-Doz. Dr. J. Stumpe
– Vorlesung »Photochemie in
Polymeren und Supramole-
kularen Systemen«, Universität
Potsdam

Seminare, Tagungen, Messen Seminars, meetings, fairs

Biopolymerkolloquium
des Fraunhofer IAP,
Potsdam-Golm (Germany),
20.1.2009

60th Starch Convention,
Detmold (Germany),
22.–23.4.2009

Meeting of the »Papierverbund«,
Heidenau (Germany),
12.5.–13.5.2009

13th Symposium »Electron
Microscopy in Material
Science – Layered nanostruc-
tures: Polymers with Improved
properties«, Wittenberg
(Germany), 12.–13.5.2009

Lange Nacht der Wissenschaften
2009, Potsdam-Golm (Germany),
13.6.2009

Dorrfest: 720 Jahre Golm,
Potsdam-Golm (Germany),
20.6.2009

LOPE-C, Frankfurt/Main
(Germany), 23.–25.6.2009

Zellcheming, Cellulose-
Symposium, Wiesbaden
(Germany), 23.–25.6.2009

IQPC Conference »Smart interior
surfaces and materials«,
Frankfurt/Main (Germany),
29.6.–1.7.2009

IS-FOE 2009, Halkidiki (Greece),
8.–10.7.2009

European Polymer Congress
2009 EPF'09, Graz (Austria),
12.–17.7.2009

IPEMTECH, Nantes (France),
3.–4.9.2009

TTN-Jahrestagung, 2. Workshop
»Biomaterialien«, Kassel
(Germany), 7.9.2009

naro.tech 2009, 7th International
Symposium »Werkstoffe aus
Nachwachsenden Rohstoffen«,
Erfurt (Germany), 9.–10.9.2009

AACC International Annual
Meeting, Baltimore (USA),
13.–16.9.2009

Eurodisplay 2009, Rom (Italy),
14.–17.9.2009

Tag der offenen Türen, Potsdam-
Golm (Germany), 19.9.2009

EPNOE 2009, International
Conference on Polysacchari-
des as a Source of Advanced
Materials, Turku (Finland),
21.–24.9.2009

Organic Semiconductor
Conference OSC' 08, London
(GB), 28.–30.9.2009

Dienstleistungstage B-BB,
Potsdam (Germany),
7.–8.10.2009

Materialica, »Neue Technologie
zur volloptischen Mikrostruk-
turierung« München (Germany),
13.–15.10.2009

5th European Detergency Con-
ference, Würzburg (Germany),
14.–15.10.2009

Sepawa-Kongress, Würzburg
(Germany), 14.–16.10.2009

Plastic Electronics, Dresden
(Germany), 27.–29.10.2009

DGM-Tagung, Potsdam-Golm
(Germany), 5.–6.11.2009

Karlsruher Flockungstagung,
Karlsruhe (Germany),
24.–25.11.2009

Jubiläumsveranstaltung
»1909–2009. 100 Jahre Kunst-
stoff Bakelit aus Erkner«, Erkner
(Germany) 26.11.2009

DECHEMA, Frankfurt/Main
(Germany), 11.2009

MRS Fall Meeting, Boston (USA),
30.11.–4.12.2009

Institutskolloquien, Workshops Institute colloquia, work- shops

Biopolymer-Kolloquium des Fraun-
hofer IAP, 20.1.2009

Prof. Stefan Hecht,
Humboldt-Universität zu Berlin,
»Towards Adaptive Polymeric
Systems Based on Light-Induced
Conformational Changes«,
29.1.2009

Prof. Peter Seeberger,
Max-Planck-Institut für Kolloid-
und Grenzflächenforschung,
»Synthetic Carbohydrates on
Surfaces - Microarrays, Diag-
nostics and Sensors«, 8.6.2009

Technologietag,
»Oberflächenreliefstrukturen
und diffraktiv-optische Elemente
durch voll-optische Strukturier-
ungsverfahren«, 2.7.2009

Prof. Bart Jahn Ravoo, Universität
Münster, »Microstructured Bio-
active Surfaces by Microcontact
Chemistry«, 20.10.2009

Prof. Dr. Joachim Thiem,
Universität Hamburg, Depart-
ment Chemie - Organische
Chemie, »Kohlenhydrate als
Chemierohstoffe: Wege zu
funktionalisierten Polymeren
aus Saccharidbausteinen«
13.11.2009

EREIGNISSE

EVENTS

Prof. Dr. Karin Stana-Kleinschek,
Faculty of Mechanical Engineering,
University of Maribor,
»Polysaccharide coating for
medical application«, 20.11.2009

Prof. Dr. Dominik Wöll,
Universität Konstanz,
»How does polymerization
affect the translational and
rotational motion of single
molecules?«, 3.12.2009

Gäste aus der Politik Political guests

Professor Dr. Johanna Wanka,
Ministerium für Wissenschaft,
Forschung und Kultur des Landes
Brandenburg, Übergabe Zulas-
sungsbescheid 2. Ausbaustufe,
21.9.2009

Internationale Gäste International guests

Prof. Dr. R. Agnemo, Domsjö
Fabriker AB, R&D Manager,
Örnsköldsvik (Sweden)

Prof. A. Bartkowiak, University of
Szczecin, Szczecin (Poland)

Dr. P. Choi, Korea Electronics
Technology Institute, KETI, Presi-
dent, Seoul (Korea)

N. Escobar, Plastic and Rubber
Training and Research Institute,
Carrera (Columbien)

C. Garzón, Superdealimentos,
Manizales (Columbien)

Prof. Glasser, Virginia Tech,
Virginia (USA)

Dr. M. Kasperski, University of
Szczecin, Szczecin (Poland)

L. Lopez, Superdealimentos,
Manizales (Columbien)

Dr. A. Neogi, Weyerhaeuser,
Research and Development,
Federal Way (USA)

Y. Osorio, Superdealimentos,
Manizales (Columbien)

Dr. S. Park, Korea Electronics
Technology Institute, KETI, Seoul
(Korea)

J. Patino, Superdealimentos,
Manizales (Columbien)

Prof. Dr. T. Rosenau, Universität
für Bodenkultur Wien,
Wien (Austria)

Prof. Z. Roslaniec, University
of Szczecin, Szczecin (Poland)

Dr. Georgina Such, University of
Melbourne (Australia)

D. Thomas, CSIRO, Business
Development and Commerciali-
sation, Clayton (South Australia)

L. Velez, Superdealimentos,
Manizales (Columbien)

Auszeichnungen Distinctions

Prof. Dr. habil. Hans-Peter Fink,
Ernennung zum Professor (apl.),
Universität Potsdam, Potsdam

Prof. Dr. habil. Hans-Peter Fink,
Honorarprofessur, Universität
Kassel, Kassel

Dipl.-Ing. Sebastian Pfeifer,
Sonderpreis für Polymerwissen-
schaften in Berlin und Branden-
burg, Leibniz-Kolleg, Potsdam

Dr. Sylvia Radosta,
Saare-Medaille der Arbeits-
gemeinschaft Getreide-
forschung e.V., Starch
Convention 2009, Detmold

Dr. Katja Skrabania,
Förderpreis der Gesellschaft
Deutscher Chemiker (GDCh),
Fachgruppe Waschmittelche-
mie, Grundlagenforschung bei
Wasch- und Reinigungsmitteln,
Würzburg

Dr. Waltraud Vorweg,
Saare-Medaille der Arbeits-
gemeinschaft Getreide-
forschung e.V., Starch
Convention 2009, Detmold

PRÄSENTATIONEN UND PUBLIKATIONEN

PRESENTATIONS AND PUBLICATIONS

Vorträge Lectures

M. Bartke: »Polymerisations-technik«, DECHEMA Arbeitsausschuss »Polyreaktionen«, Frankfurt am Main (Germany), 19.1.2009

S. Döring: *Optical Gain in Foerster Energy Transfer Based Organic Guest-Host Systems*, MRS Fall Meeting 2009, Organic Materials for Printable Thin-Film Electronic Devices, Boston (USA), 30.11.2009

H.-P. Fink: *Neue Verarbeitungswege der Cellulose*, DECHEMA Arbeitsausschuss »Polyreaktionen«, Frankfurt/Main (Germany), 19.1.2009

H.-P. Fink: *Neue Cellulosematerialien und Verarbeitungswege*, Stöckhardt-Kolloquium, TU Dresden, Dresden (Germany), 14.5.2009

H.-P. Fink: *Von Biopolymeren und biobasierten Kunststoffen*, Öffentliche Antrittsvorlesung, Universität Potsdam, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Potsdam (Germany), 4.5.2009

H.-P. Fink: *Biobasierte Fasern, Kunststoffe und Composite*, Öffentliche Antrittsvorlesung, Universität Kassel, Fachbereich Maschinenbau, Kassel (Germany), 2.7.2009

H.-P. Fink: *Von biobasierten Fasern, Kunststoffen und Compositen*, Öffentlicher Vortrag, Tag der offenen Türen, Fraunhofer IAP, Potsdam-Golm (Germany), 19.9.2009

H.-P. Fink, J. Ganster, R. Rihm: *Biocomposites with Man-made Cellulosic Fibers*, Japanese-

European-Workshop on Cellulose and Functional Polysaccharides, Hamburg (Germany), 16.9.2009

H.-P. Fink, H. Ebeling: *Novel routes to Cellulose Fibers and Nonwovens*, Aachen-Dresden International Textile Conference, Aachen (Germany), 27.9.2009

H.-P. Fink: *Von Biopolymeren und biobasierten Kunststoffen*, Potsdamer Wissenschaftsforum »Netzwerk der Disziplinen«, Hasso-Plattner-Institut, Potsdam (Germany), 19.11.2009

H.-P. Fink, H. Ebeling: *Novel routes to Cellulose Fibers and Nonwovens*, Invited Lecture, China Textile Academy, Beijing (China), 14.12.2009

J. Ganster, J. Erdmann: *Improved fiber-matrix adhesion in composites of poly(lactic acid) and cellulose reinforcing fibers*, 7. Internationales Symposium »Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen«, naro.tech, Erfurt (Germany), 10.9.2009

J. Ganster: *Bioplastics – Improving their properties with man-made cellulose fibers and nanoclay*, Smart interior surfaces and materials, IQPC Konferenz, Frankfurt (Germany), 30.7.2009

J. Ganster: *Plasticizer-free processing of cellulose acetate – towards high performance biopolymer structures*, European Polymer Congress 2009, Graz (Austria), 15.7.2009

J. Ganster, M. Hassan-Nejad, H.-P. Fink: *Towards high performance biopolymers via micro and nano reinforcement*, EPNOE Conference 2009, Turku (Finland), 23.9.2009

T. Greco: *Novel surveillance device based on light-converting polymeric nanocomposites*, Nanotech Europe 2009, Berlin (Germany), 28.–30.9.2009

M. Hahn: »Biobasierte aliphatische Polyester - Tendenzen bei FuE«, IIR-Tagung Bioverpackungen, Wien (Austria), 27.1.2009

M. Hahn: »Synthetic Routes for Improved PLA-Qualities«, 2nd Bottle-Conference, München (Germany), 15.9.2009

J. Heller, J. Storsberg, A. Laschewsky, C. Hauser, C. Weiss, D. Hinderberger: *Polymeric Materials Studied by Electron Paramagnetic Resonance (EPR) Spectroscopy*, European Polymer Congress 2009, Graz (Austria), 16.7.2009

K. Hettrich, B. Volkert, W. Wagenknecht: *Cellulose sulfate an effective polysaccharide derivative as encapsulation material*, IPEMTECH, Nantes (France), 3.-4.9.2009

K. Hettrich, B. Volkert: *Pasten und Gele aus Xylan*, Kolloquium »Xylan als Papieradditiv«, DGFH, PTS, München (Germany), 27.10.2009

N. Hildebrandt: *Quantum dots as FRET acceptors for highly sensitive multiplexing immunoassays*, BiOS, Colloidal Quantum Dots for Biomedical Applications IV, San Jose (USA), 25.1.2009

N. Hildebrandt: *Multiplexing FRET Immunoassays Using Quantum Dots as Acceptors and Terbium Complexes as Donors*, Department of Chemistry, University of California, Berkeley (USA), 29.1.2009

N. Hildebrandt: *Multiplexed Diagnostics and Spectroscopic Ruler Applications with Terbium to Quantum Dots FRET*, Biospectroscopy and Point-of-Care Diagnostics I, European Conferences on Biomedical Optics, Munich (Germany), 17.6.2009

N. Hildebrandt: *Quantum Dot Biosensors for Ultrasensitive Multiplexed Diagnostics*, Workshop on Bioanalysis, Luckenwalde (Germany), 23.11.2009

A. Holländer: *Stabilisierung zerfallsgeschädigter Zeitungseiten*, Bibliothekartag, Erfurt (Germany), 2.6.2009

A. Holländer, C. Boeffel: *Encapsulation of OLED devices*, Technical Conference at Internation Converting Exhibition, München (Germany), 25.11.2009

A. Laschewsky, J.-N. Marsat, K. Skrabania, H. von Berlepsch, C. Böttcher: *Strategies toward Multicompartment Micelles: How much do we need long fluorocarbon chains?*, Journée Thématique – GIS Réseau Français du Fluor: Les Tensio-Actifs Fluorés: Quelles Alternatives pour les PFOA et PFOS, Montpellier (France), 19.11.2009

A. Laschewsky, J.-N. Marsat, K. Skrabania, H. von Berlepsch, C. Böttcher: *Designing »Triphilic« Ternary Block Copolymers for the Construction of Multicompartment Micelles.*, 44th Meeting of the German Colloid Society, Hamburg (Germany), 28.9.2009

A. Lehmann, B. Volkert, M. Hassan Nejad: *Synthesis and processing of polysaccharide esters*, EPNOE-Meeting, Utrecht (Germany), 11.5.2009

PRÄSENTATIONEN UND PUBLIKATIONEN

PRESENTATIONS AND PUBLICATIONS

A. Lehmann, B. Volkert: *Neue thermoplastische Stärkederivate – Synthesewege zum biobasierten Commodity-Polymer*, Kassel (Germany), 2.7.2009

A. Lehmann, B. Volkert: *Starch based thickening agents for personal care and surfactant systems*, 56. SEPAWA, Würzburg (Germany), 14.10.2009

J.-F. Lutz: *Synthesis and Application of PEG-based thermoresponsive polymers*, 14th international symposium on Recent Advances in Drug Delivery systems, Salt-Lake City (USA), 16.2.2009

J.-F. Lutz: *Synthesis of Biorelevant Polymers via Controlled Radical Polymerization*, Universität Karlsruhe KIT, Karlsruhe (Germany), 28.2.2009

J.-F. Lutz: *Design of PEG-based Stimuli-responsive Materials*, Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung IOM, 19.3.2009

J.-F. Lutz: *Chimie click et matériaux polymères: le calme après la tempête?*, Lyon (France), 20.3.2009

J.-F. Lutz: *Synthesis of Biorelevant Polymers via Controlled Radical Polymerization*, Université Paris VI, Paris (France), 11.5.2009

J.-F. Lutz: *Click Chemistry in Polymer Science: from Revolution to Establishment*, Gargnano (Italy), 1.6.2009

J.-F. Lutz: *Vers des dérivés poly(éthylène glycol) intelligents: ou comment transformer un polymère biocompatible en un polymère stimulant*, Université Montpellier II, Montpellier (France), 26.6.2009

J.-F. Lutz: *New Strategies for Controlling Polymer Sequences*, Dresden (Germany), 5.10.2009

J.-F. Lutz: *Development of versatile chemical platforms to access new generations of »smart« polymer materials*, Workshop des Berlin-Brandenburgischen Verbands für Polymerforschung (BVP), Universität Potsdam, Potsdam-Golm (Germany), 30.10.2009

B.-R. Paulke: *Anwendungsbezogene Gestaltung polymerer Nano- und Mikropartikel*, Kunststofftechnisches Kolloquium an der TU Chemnitz, Chemnitz (Germany), 16.6.2009

F. Pippig, A. Holländer: *Derivatisierung mit TFAA zum Nachweis von OH und NHx-Gruppen auf Oberflächen*, Workshop »Oberflächentechnologien mit Plasma und Ionenstrahlprozessen«, Mühlleithen (Germany), 11.3.2009

F. Pippig, A. Holländer: *Hydrogel Nanolayers for Biomedical Applications*, Jahrestagung BioMST, München (Germany), 24.6.2009

F. Pippig, A. Holländer: *Hydrogel Nanofilms on Surfaces*, Poly Surf 2009/07, Potsdam (Germany), 30.7.2009

S. Radosta, W. Vorwerg, B. Kiessler, E. Möller: *Vergleich des thermooxidativen und enzymatischen Stärkeabbaus hinsichtlich produktimmanenter Eigenschaften und deren Auswirkungen auf Lagerstabilität und Papierfestigkeiten*, 22. Forschungsforum »Stärke«, PTS, Heidenau (Germany), 3.11.2009

B. Volkert, A. Lehmann, M. Hassan-Nejad, T. Greco:

Thermoplastic Starch Derivatives Reinforced by Nanoscale Fillers, 60th Starch Convention, Detmold (Germany), 22.-23.4.2009

B. Volkert, A. Lehmann, M. Hassan Nejad, T. Greco: *Modified polysaccharides as new materials*, EPNOE, Turku (Finland), 21.-24.9.2009

W. Vorwerg, S. Radosta, B. Volkert, K. Hettrich: *Starch Derivatives and their Properties*, 60th Starch Convention, Detmold (Germany), 22.-23.4.2009

W. Vorwerg, S. Radosta, B. Volkert, K. Hettrich: *Starch Derivatives and their Properties*, AACC International Annual Meeting, Baltimore (USA), 13.-16.9.2009

W. Vorwerg, S. Radosta, J. Dijksterhuis: *Kationische Stärke als Flockungsmittel*, 23. Karlsruher Flockungstage, Karlsruhe (Germany), 24.-25.11.2009

A. Wedel, A. Lange, Ch. Boeffel, M. Wegener: *Ink-jet printing of active and passive layers for organic photovoltaics*, LOPE-C, Frankfurt/Main (Germany), 23.-25.6.2009

A. Wedel, A. Lange, Ch. Boeffel, M. Wegener: *Ink-jet printing of active and passive layers for organic electronic devices*, OSC 09, London (GB), 28.-30.9.2009

Poster Posters

A. Bivigou-Koumba, E. Görnitz, J. Kristen, A. Laschewsky, A. Miasnikova, P. Müller-Buschbaum, C.M. Papadakis: *The Transition From Smart Micelles to Hydro-*

gels of Block Copolymer Surfactants, 5th European Detergency Conference SEPAWA, Würzburg (Germany), 14.10.2009

A. Bivigou-Koumba, J. Kristen, A. Laschewsky, M. Päch: *Unexpected Side Reaction Occurring in the RAFT Process During the Synthesis of Bifunctional Polystyrene*, Tag der Chemie Berlin-Brandenburg, Potsdam (Germany), 4.6.2009

J. Bohrisch, I. Stachel, M. Meyer, A. Laschewsky: *Functional Gels of New Gelatine Blends with Improved Properties*, Thüringer Biomaterialkolloquium, Friedrichroda (Germany), 17.9.2009

R. Cartier, L. Kaufner, B.-R. Paulke, S. Pietschmann, H. Bruhn, U. Pison: *Polymer-Nanoparticles for Multimodal Imaging and Targeted Therapy: Concept, Data and Perspectives*, »Molekulare Bildgebung«, Berlin (Germany), 19.6.2009

T. Greco, A. Lehmann, M. Hassan-Nejad, B. Volkert: *Modified polysaccharides as new commodity materials and for light-converting systems: syntheses, characterization and processing*, International Materials Symposium MATERIAIS 2009, Lisboa (Portugal), 5.-8.4.2009

T. Greco, M. Wegener: *Nanocomposites of Silver and Fluorinated Electro-active Polymers: Processing, Structure Characterization and Surface Plasmon Polariton Oscillations*, MRS Spring Meeting 2009, Symposium EE: Materials for Nanophotonics-Plasmonics, Metamaterials and Light Localization, San Francisco (USA), 14.4.2009

T. Greco, M. Wegener: *Multi-functional composite films based*

on silver nanoparticles and electro-active Poly(vinylidene fluoride-trifluor ethylene), Nanotech Europe 2009, Berlin (Germany), 27.–30.9.2009

T. Gross, F. Pippig, B. Merz, R. Merz, U. Vohren, R. Mix, H. Steffen, W. Bremser, W. Unger: *Inter-laboratory comparison for chemical derivatization XPS: OH-groups at plasma oxidized polypropylene*, 13th European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis (ECASIA), Antalya (Turkey), 18.10.2009

C. Hettrich, S. Schumacher, B.-R. Paulke, M. Katterle, N. Gajovic-Eichelmann: *Nanopartikelrezeptoren für die Kohlenhydraterkennung*, 18. Ulm-Freiberger Kalorimetrietage, Freiberg (Germany), 19.3.2009

C. Hettrich, S. Schumacher, B.-R. Paulke, N. Gajovic-Eichelmann: *Rezeptoren auf Boronsäurebasis für die Kohlenhydraterkennung unter physiologischen Bedingungen*, 9. Dresdner Sensor Symposium, Dresden (Germany), 8.12.2009

K. Hettrich, B. Volkert: *Application of modified xylan from oat spelts*, Zellcheming, Wiesbaden (Germany), 23.–25.6.2009

A. Holländer, C. Boeffel: *Encapsulation of organic electronic devices*, LOPE-C, Frankfurt/Main (Germany), 23.–25.6.2009

A. Holländer, F. Pippig: *Hydrogel Nanolayers for Biomedical Applications*, 3rd European Conference on Chemistry in Life Sciences, Frankfurt/Main (Germany), 2.9.2009

D. Janietz, J. Buchs, H. Sawade: *Anisotropic Films Made from Fluorescent Mesogens*, 10th European Conference on Liquid Crystals, Colmar (France), 19.–24.4.2009

S. Pfeifer, J.-F. Lutz: *A Facile procedure for Controlling Monomer Sequence Distribution in Chain-Growth Polymerizations*, Makromolekulares Kolloquium 2009, Freiburg (Germany), 26.2.2009

V. Strehmel, C. Melchert, S. Beuermann, E. Görnitz, A. Laschewsky: *Radical Polyaddition of 1,3-Diisopropenylbenzene with Dithiols in Various Solvents*, Tag der Chemie Berlin-Brandenburg, Potsdam (Germany), 4.6.2009

V. Strehmel, H. Wetzel, E. Görnitz, A. Laschewsky: *Free Radical Polymerization of Methacrylates in Ionic Liquids Bearing the Bis(trifluoromethylsulfonamide) as Anion*, 3rd Congress on Ionic Liquids (COIL-3), Cairns (Australia), 31.5.2009

W. Vorwerg, K. Hettrich, S. Radosta: *Synthesis and properties of hydrophobic starch ether and ester*, EPNOE Meeting, Utrecht (Netherlands), 12.5.2009

E. Wischerhoff, J.-F. Lutz, A. Laschewsky: *Surfaces Designed for the Control of Bioadhesion*, 5th European Detergency Conference SEPAWA, Würzburg (Germany), 14.10.2009

E. Wischerhoff, J.-F. Lutz, A. Bivigou Koumba, A. Laschewsky, P. Müller-Buschbaum, C. Papadakis, A. Lanke-nau, K. Uhlig: *Smart polymeric hydrogels in bulk phase and in thin films*, Makromolekulares

Kolloquium Freiburg, Freiburg (Germany), 26.2.2009

D. Zehm, Z. Zarafshani, J.-F. Lutz, A. Laschewsky: *Design, Synthesis and Self-organization of Amphiphilic Graft-Block-Copolymer Hybrids*, Final international symposium of the Sfb 448, Berlin (Germany), 3.9.2009

Publikationen Publications

Ö. Akdemir, N. Badi, S. Pfeifer, Z. Zarafshani, A. Laschewsky, E. Wischerhoff, J.-F. Lutz: *Design of thermoresponsive materials by ATRP of Oligo(ethylene glycol)-based (Macro)monomers*, Controlled/Living Radical Polymerization: Progress in ATRP, Washington DC American Chemical Society, Washington (2009), ISBN13 978-0-841-26995-8, eISBN 978-0-841-22509-1

N. Badi, J.-F. Lutz: *Sequence control in polymer synthesis*, Chemical Society Reviews 38/12, p. 3383-3390 (2009)

N. Badi, J.-F. Lutz: *PEG-based thermogels: Applicability in physiological media*, Journal of Controlled Release 140/3, p. 224-229 (2009)

H. Bensaid, U. Maschke, O. Sakhno, J. Stumpe: *Highly efficient holographic PDLC based on acrylate monomers with low functionality*, Molecular crystals and liquid crystals 502/1, p. 37-46 (2009)

V. Böger, S. Pohle, O. Kulikovska, K. Gharagozloo-Hubmann, J. Stumpe, H. Menzel: *Azobenzene-containing polymers for*

surface relief gratings, Macromol. Symp. 0/1, p. 257-265 (2009)

M. Chanana, S. Jahn, R. Georgieva, J.-F. Lutz, H. Bäuml, D. Wang: *Fabrication of colloidal stable, thermosensitive, and biocompatible magnetite nanoparticles and study of their reversible agglomeration in aqueous milieu*, Chemistry of Materials 21/9, p. 1906-1914 (2009)

G. Engelmann, A. Ebert, H.-P. Fink: *Lignin als Polymerwerkstoff*, Stoffliche Nutzung von Lignin in Gültzower Fachgespräche 31/1, p. 126-148 (2009)

N. Fechler, N. Badi, K. Schade, S. Pfeifer, J.-F. Lutz: *Thermogelation of PEG-based macromolecules of controlled architecture*, Macromolecules 42/1, p. 33-36 (2009)

H.-P. Fink, H. Ebeling, W. Vorwerg: *Technologien der Cellulose- und Stärkeverarbeitung*, Chemie Ingenieur Technik 81/11, p. 1757-1766 (2009)

J. Ganster, H.-P. Fink: *PLA-Based Bio and Nanocomposites, Nano- and Biocomposites*, Boca Raton New York CRC Press, London (2009), 978-1-4200-8027-8

J. Ganster, H.-P. Fink: *Handbook of textile fibre structure*, Vol. 2: *Natural, regenerated, inorganic, and specialist fibres*, Boca Raton CrC Press Woodhead Publishers, London (2009), 978-1-4398-2072-8

D. Geißler, N. Butlin, D. Hill, H.-G. Löhmannsroben, N. Hildebrandt: *Multiplexed diagnostics and spectroscopic ruler applications with terbium to quantum dots FRET*, Proceedings of SPIE - Clinical and Biomedical

PRÄSENTATIONEN UND PUBLIKATIONEN

PRESENTATIONS AND PUBLICATIONS

Spectroscopy 2009,
p. 7368-7378 (2009)

D. Geißler, N. Hildebrandt,
L. Charbonnière, R. Ziessel,
H.-G. Löhmannsröben: *Quantum
dots as FRET acceptors for highly
sensitive multiplexing immuno-
assays*, Proceedings of SPIE, Vol.
7189: Colloidal Quantum Dots
for Biomedical Applications IV,
p. 7189-19 (2009)

K. Gharagozloo-Hubmann,
O. Kulikovska, V. Börger,
H. Menzel, J. Stumpe: *Surface
relief gratings in azobenzene-
containing polymers with linear
and star-branched architectures:
a comparison*, Macr. Chem. Phys.
210/21, p. 1809-1817 (2009)

L. Goldenberg, L. Kulikovsky,
O. Kulikovska, J. Stumpe: *Extre-
mely high patterning efficiency
in easy made azobenzene-con-
taining polymer films*, J. Mater.
Chem. 19/34, p. 6103-6105
(2009)

L. Goldenberg, L. Kulikovsky,
O. Kulikovska, J. Stumpe: *New
materials with detachable
azobenzene: effective, colourless
and extremely stable surface
relief gratings*, J. Mater. Chem.
19/43, p. 8068-8071 (2009)

N. Graf, A. Lippitz, T. Gross,
F. Pippig, A. Holländer, W. Unger:
*Determination of accessible
amino groups on surfaces by
chemical derivatization with
3,5-bis(trifluoromethyl)phenyl
isothiocyanate and XPS/NEXAFS
analysis*, Analytical and Bio-
analytical Chemistry 396/2,
p. 725-738 (2009)

M. Hassan-Nejad, J. Ganster,
A. Bohn, M. Pinnow, B. Volkert:
*Bio-based nanocomposites of
cellulose acetate and nano-clay
with superior mechanical proper-*

ties, Macromolecular symposia
280/1, p. 123-129 (2009)

A. Holländer, S. Kröpke:
*Surface modification with
pressure pulse plasmas*, Plasma
Processes and Polymers 6/0,
p. 451-459 (2009)

D. Janietz, A. Kohlmeier:
*Nanoscale segregation, molecu-
lar Recognition and fluorophobic
effect – from molecular design
towards complex mesophase
morphologies*, Liquid Crystals
36/6, p. 685 (2009)

D. Janietz, A. Kohlmeier: *Hyd-
rogen-bonded block mesogens
with fluorinated molecular frag-
ments*, Molecular Crystals Liquid
Crystals 509/1, p. 39 (2009)

P. Kadjane, M. Starck, F. Camerel,
D. Hill, N. Hildebrandt, R. Ziessel,
L. Charbonnière: *Divergent
approach to a large variety of
versatile luminescent Lanthanide
complexes*, Inorganic Chemistry
48, p. 4601-4603 (2009)

M. Khan, J. Ganster, H.-P. Fink:
*Hybrid composites of jute and
man-made cellulose fibres with
polypropylene by injection moul-
ding*, Composites Part A: Applied
Science and Manufacturing
2009/4, doi: 10.1016/j.compos,
(2009)

A. Kohlmeier, A. Nordsieck,
D. Janietz: *Tailoring thermotropic
mesophase morphologies by
molecular recognition and flu-
orophobic effect*, Chemistry of
Materials 21/3, p. 491 (2009)

N. Kristen, V. Simulescu,
A. Vüllings, A. Laschewsky,
R. Miller, R. von Klitzing: *No
charge reversal at foam film
surfaces after addition of oppo-
sitley charged polyelectrolytes?*

Journal of Physical Chemistry B
113/23, p. 7986-7990 (2009)

T. Kröner, A. Lieske, M. Hahn,
M. Bartke: *Model-based transi-
tion from batch to continuous
operation as illustrated by radical
copolymerization*,
Chemie Ingenieur Technik 81/11,
p. 1837-1843 (2009)

T. Kröner, A. Lieske, M. Hahn,
M. Bartke: *Modellbasierte
Übertragung von satzweisem-
auf kontinuierlichen Betrieb
am Beispiel einer radikalischen
Copolymerisation*, Chemie-
Ingenieur-Technik, Vol. 81, 11,
p. 1837-1843 (2009)

S. Kröner, M. Schreier, M. Bartke:
*High pressure autoclave system
for kinetic studies of polyolefin
copolymerizations in slurry and
gas-phase*, in O. Brüggemann,
C. Schwarzinger, C. Paulik:
Advances in Polymer Science and
Technology (2009),
ISBN 978-3-85499-632-3

L. Kulikovsky, O. Kulikovska,
L. Goldenberg, J. Stumpe: *Phe-
nomenology of photo-induced
processes in the ionic sol-gel
based azobenzene materials*,
ACS Appl. Mater. and Interfaces
1/8, p. 1739-1746 (2009)

A. Lehmann, B. Volkert: *Investi-
gations on esterification reac-
tions of starches in 1-N-Butyl-3-
methylimidazolium chloride and
resulting substituent distribution*,
Journal of Applied Polymer
Science 114/1, p. 369-376 (2009)

J.-F. Lutz: *Vers des dérivés
poly(éthylène glycol) intelligents:
ou comment transformer un
polymère biocompatible en un
polymère stimulant*, Bulletin
du Groupe Français d'études et
d'applications des Polymères
(GFP) 2009/112, p. 22-24 (2009)

J.-F. Lutz: *Synthesis of smart
materials by atom transfer radical
polymerization of Oligo(ethylene
glycol) methacrylates, new smart
materials via metal mediated ma-
cromolecular engineering*, NATO
Science for Peace and Security
Series A: Chemistry and Biology,
Springer Verlag (2009),
978-90-481-3277-5

J.-F. Lutz, K. Schade, A. Hoth:
*Design of Oligo(ethylene
glycol)-based thermoresponsive
polymers: an optimization study*,
Designed Monomers and Poly-
mers 12/4, p. 343-353 (2009)

J.-F. Lutz, B. Sumerlin: *The role
of click chemistry in polymer
synthesis*, Click Chemistry for
Biotechnology and Materials
Science, Chichester John Wiley &
Sons, Chichester (2009),
978-0-47069-970-6

J. Matousek, J. Pavlik, Z. Stryhal,
F. Pippig, L. Kovacik, V. Stary:
*Properties of tin/plasma polymer
nanocomposites*, Vacuum 84/1,
0042-207X, p. 86-89 (2009)

S. Merten, M. Bartke: *High pre-
cision kinetic measurements for
bulk-phase polymerization of pro-
pylene by reaction calorimetry*,
in O. Brüggemann, C. Schwarz-
zinger, C. Paulik: Advances in
polymer science and technology,
(2009), ISBN 978-3-85499-632-3

O. Muehling, A. Seeboth,
T. Haeusler, R. Ruhmann,
E. Potechius, R. Vetter: *Variable
solar control using thermotropic
core/shell particles*, Solar Energy
Materials and Solar Cells 93/9,
p. 1510-1517 (2009)

T. Ninjbadgar, G. Garnweitner,
A. Börger, L. Goldenberg,
O. Sakhno, J. Stumpe: *Synthesis
of luminescent ZrO₂:Eu³⁺ nano-
particles and their holographic*

submicrometer patterning in polymer composites, *Adv. Fun. Mater.* 19/11, p. 1819-1825 (2009)

G. Petzold, C. Goltzsche, M. Mende, S. Schwarz, W. Jaeger: *Monitoring the stability of nanosized silica dispersions in presence of polycations by a novel centrifugal sedimentation method*, *Journal of Applied Polymer Science* 114/2, p. 696-704 (2009)

S. Pfeifer, Z. Zarafshani, N. Badi, J.-F. Lutz: *Liquid-phase synthesis of block copolymers containing sequence-ordered segments*, *Journal of the American Chemical Society* 131/26, p. 9195-9197 (2009)

F. Pippig, A. Holländer, S. Kröpke: *Microarrays mit Nanohydrogelschichten*, *Laborwelt* 10/6, p. 33-35 (2009)

F. Pippig, S. Sarghini, A. Holländer, S. Paulussen, H. Terryn: *TFAA chemical derivatization and XPS. Analysis of OH and NHx polymers*, *Surface and Interface Analysis* 41/5, p. 421-429 (2009)

O. Sakhno, L. Goldenberg, T. Smirnova, J. Stumpe: *Holographic patterning of organic-inorganic photopolymerizable nanocomposites*, *Proc SPIE* 7487/1, p. 74870H (2009)

O. Sakhno, L. Goldenberg, J. Stumpe, T. Smirnova: *Effective and functional holographic structures based on organic-inorganic photopolymer nanocomposites*, *J. Opt. A* 11/2, p. 024013-024026 (2009)

S. Schumacher, R. Wüstneck, B.-R. Paulke, R. Cartier, U. Pison: *Gd³⁺ binding of carboxylated*

polyglycidyl methacrylate latices and their colloidal stability, *Colloid & Polymer Science* 287/2, p. 203-207 (2009)

S. Schwarz, R. Rojas, G. Petzold, J. Bohrisch, A. Hepp: *Blauton-Dispersionen: Chitosan als effektives Flockungsmittel*, *Vom Wasser – Das Journal* 107/3, p. 7-12 (2009)

S. Schwarz, G. Petzold, R. Rojas, Ch. Goltzsche, A. Lieske, W. Jaeger: *Einfluss der Molmasse auf die Flockungseffektivität von Poly-Diallyldimethylammoniumchlorid*, *GWF-Wasser/Abwasser* 150/10, p. 818-824 (2009)

K. Skrabania, A. Laschewsky, H. von Berlepsch, C. Böttcher: *Synthesis and micellar self-assembly of ternary hydrophilic-lipophilic-fluorophilic block copolymers with a linear PEO chain*, *Langmuir* 25/13, p. 7594-7601 (2009)

I. Singh, Z. Zarafshani, J.-F. Lutz, F. Heaney: *Metal-free »click« chemistry: efficient polymer modification via 1,3-dipolar cycloaddition of nitrile oxides and alkynes*, *Macromolecules* 42/15, p. 5411-5413 (2009)

T. Smirnova, L. Kokhtych, O. Sakhno, A. Kutsenko, J. Stumpe: *Fabrication of periodic polymer/silver nanoparticles structures: in-situ reduction of silver nanoparticles from precursor spatially distributed in polymer using holographic exposure*, *Nanotechnology* 20/40, p. 405301 (2009)

T. Smirnova, O. Sakhno, P. Yezhov, L. Kokhtych, L. Goldenberg, J. Stumpe: *Amplified spontaneous emission in polymer-CdSe/ZnS-nanocrystal DFB structures produced by*

holographic method, *Nanotechnology* 20/24, p. 245707-245716 (2009)

J. Storsberg: *Nanotechnology in cosmetics – the key to better performance?*, *SÖFW-Journal* 0/9, p. 48-53 (2009)

V. Strehmel, E. Reynaud, H. Wetzel, E. Görnitz, A. Laschewsky: *Aspects of free radical polymerization of styrene and n-butylmethacrylate in imidazolium tosylates*, *Macromolecular Symposia* 275/1, p. 242-249 (2009)

J. Stumpe, O. Kulikovska, L. Goldenberg, Y. Zakrevskyy: *Photo-induced phenomena in supramolecular azobenzene materials, smart light-responsive materials: azobenzene-containing polymers and liquid crystals*, Wiley VCH, New York (2009), 978-0-470-17578-1

I. Tan, Z. Zarafshani, J.-F. Lutz, M. Titirici: *PEGylated chromatography: efficient bioseparation on silica monoliths grafted with smart biocompatible polymers*, *ACS Applied Materials and Interfaces* 1/9, p. 1869-1872 (2009)

M. Ulbrich, S. Radosta, W. Vorwerk: *Method for Quantitative and Molecular Characterisation of Adsorbed Starch Polysaccharides on a Paper-making Pulp by SEC-MALLS Measurements and Correlation with Paper Strength*, *Starch*, Staerke 61, p. 311-320 (2009)

M. Wegener, T. Greco: *Composites of silver nanoparticles and poly(vinylidene fluoride - trifluoroethylene) copolymer: Preparation as well as structural and electrical characterization*, *Materials for Nanophotonics - Plasmonics, Metamaterials and*

Light Localization *MRS Proceedings* 1182/1, p. 1182-EE13-02 (2009)

M. Wegener, T. Greco, K. Arlt, R. Schuberth, A. Morschhauser, T. Otto: *Ferroelectric P(VDF-TrFE) as a large-scale piezoelectric sensor in a table-tennis racquet*, 18th IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectrics (ISAF) 1/1, p. 1-5 (2009)

E. Wischerhoff, S. Glatzel, K. Uhlig, A. Lankenau, J.-F. Lutz, A. Laschewsky: *Tuning the thickness of polymer brushes grafted from nonlinearly growing multilayer assemblies*, *Langmuir* 25/10, p. 5949-5956 (2009)

Z. Zarafshani, J.-F. Lutz: *Polymer- and colloid-functionalization using a combination of ATRP and click chemistry, new smart materials via metal mediated macromolecular engineering*, NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology, Springer Verlag (2009), 978-90-481-3277-5

PATENTE PATENTS

H. Bäuml, R. Georgieva, D. Wang, M. Chanana, H. Möhwald, J.-F. Lutz: *Mikropartikel enthalten mindestens ein Aggregat aus superparamagnetischen Nanopartikeln*
DE 102008040042

St. Bruzzano, J. Bohrisch, G. Pleß: *Kohlenhydratbasierende Additive mit Klebeffekt für wässrige Feuerlösch- und Brandschutzmittel, deren Herstellung und Verwendung*
WO 2009/040 000

M. Busch, P. Stache, L. Brink: *Vorrichtung zur Zuführung kurzer Fasern*
DE 10 2007 044 872 A1
WO 2009/040 000

R. Danz, B. Elling, A. Büchtemann, T. Greco, C. Krüger: *Herstellung und Applikation multifunktionaler optischer Module zur photovoltaischen Stromerzeugung und für Beleuchtungszwecke*
DE 10 2008 006 955 A1

H. Ebeling, H.-P. Fink: *Cellulosische Fasern und Verfahren zu deren Herstellung*
EP 2 110 468 A1

H. Ebeling, H.-P. Fink: *Vliesstoffe und Verfahren zu deren Herstellung*
US 2009/0258561 A1

H. Ebeling, H.-P. Fink: *Blasfolien aus Cellulose und Verfahren zu deren Herstellung*
US 2009/0259032 A1

H. Ebeling, H.-P. Fink: *Cellulosische Fasern und Verfahren zu deren Herstellung*
US 2009/0258227 A1

B. Elling, T. Greco, A. Wedel, R. Danz: *Herstellung und Anwendungen von optischen Bauelementen zur Transmission von Licht durch Begrenzungen*
AZ: 10 2009 019 635.8

J. Erdmann, J. Ganster: *Kompositzusammensetzung, Verfahren zu deren Herstellung, Formteil und Verwendung*
AZ: 10 2010 008 780.7

T. Fischer, J. Stumpe, V. Kahl: *Polymersubstrat mit fluoreszierender Struktur, Verfahren zu dessen Herstellung und dessen Verwendung*
AZ: 09 011 507.2

J. Ganster, H.-N. Mehdi: *Cellulosebasierte thermoplastische Formmasse und Formteile, Verfahren zu deren Herstellung und deren Verwendung*
AZ: 10 2009 005 640.8-44

J. Gensrich, H.-P. Fink, G. Weidel: *Membranen für die Blutdetoxifikation und Verfahren zu ihrer Herstellung*
US 2009-0216173-A1

T. Greco, A. Wedel: *Herstellung und Anwendungen eines optischen, berührungsempfindlichen Bauelements*
AZ: 10 2009 042 990.5-53

T. Greco, M. Wegener: *Herstellung von polymeren Nanokompositen auf Basis von Edelmetall-Nanopartikeln und piezo- und/oder pyroelektrischen Polymeren und deren Verwendung als Wandler und Sensoren*
AZ: 10 2009 016 209.7-43

A. Holländer, H. Holeczek, S. Amberg-Schwab: *Verfahren zur spezifischen Markierung und Identifizierung von transparenten Materialien*
AZ: 10 2009 008 172.0

H. Krüger, M. Thesen, S. Janietz, A. Wedel: *Vernetzbare phosphoreszierende Polymere und deren Einsatz in OLEDs*
WO 2009/040 000

H. Krüger, M. Thesen, S. Janietz, A. Wedel: *Vernetzbare phosphoreszierende Polymere und deren Einsatz in OLEDs*
DE 10 2007 044 872 A1

St. Kreissl, B. Fischer, A. Wedel: *OLED Sicherheitselement*
AZ: 10 2009 053 955.7

A. Lehmann, B. Volkert: *Einsatz katalytischer Mengen Ionischer Flüssigkeit bei der chemischen Modifizierung von Polysacchariden*
DE 10 2009 012 161.7

B.-R. Paulke, A. Laschewsky, A. Dworak, K. Manczyk: *Permanente Antigrffiti-Schutzschichten, die sich unter milden Bedingungen wieder entfernen lassen*
EP 2 107 091 A1

A. Seeboth, R. Ruhmann: *Thermochrom beschichtete Substrate und Verfahren zu deren Herstellung*
DE 10 2008 011444 A1
WO 2009/106352 A1

A. Seeboth, O. Mühling, R. Ruhmann: *Dotierkapseln, diese enthalten Verbundsysteme sowie deren Verwendung*
DE 10 2007 061513 A1

O. Sakhno, J. Stumpe, S. Slussarenko, S. Schrader, V. Ksianzou: *Elektrisch schaltbare und einstellbare DFB-Laser auf Basis von Polymer/Flüssigkristall-Gittern auf Basis der POLIPHEN-Morphologie*
AZ: PCT/EP2009/006649

A. Seeboth, O. Mühling, R. Ruhmann: *Anwendung von Mikro- und Nanokapseln für den Sonnenschutz*
WO 2009/053 017

A. Seeboth, R. Ruhmann, R. Vetter: *Piezochromer Sensor-Visualisierung von geringen Druckänderungen*
AZ: 10 2009 035 363.1

A. Seeboth, J. Kriwanek, D. Lötsch: *Thermochrome Polymerfolie durch Flachfolienextrusion*
ZL 200480023048.9

A. Seeboth, R. Ruhmann: *Thermochrome organische Schicht durch Vakuumbedampfung*
DE 10 2008 011 444 A1

A. Seeboth, R. Ruhmann: *Thermochrome organische Schicht durch Vakuumbedampfung*
WO 2009/106352

J. Storsberg, J. Bohrisch, A. Laschewsky: *Herstellung und Verwendung von Polysaccharidpfropfcopolymerisaten*
DE 10 2007 061 087 A1
WO 2009/077 202 A1

J. Stumpe, O. Kulikovska, L. Goldenberg: *Film forming material for the light-induced generation of optical anisotropy and surface relief structures*
US 2009/0001632 A1

B. Volkert, A. Lehmann: *Verfahren zur Herstellung von Polysaccharidestern oder Polysaccharidmischestern*
AZ: 10 2009 022 805.5

ANREISE

HOW TO REACH US

Anreise mit Bahn/Bus

ab Berlin Hauptbahnhof

- Regionalexpress RE1 (Richtung Magdeburg Hbf.) bis Potsdam Hbf.
- Busse 605, 606, 612 bis Wissenschaftspark Golm

ab Flughafen Berlin Tegel

- Bus X9 bis S+U Zoologischer Garten
- Regionalexpress RE1 (Richtung Magdeburg Hbf.) bis Potsdam Hbf.
- Busse 605, 606, 612 bis Wissenschaftspark Golm

– ab Flughafen Berlin Schönefeld

- Regionalbahn RB22 bis Potsdam Hbf.
- Busse 605, 606, 612 bis Wissenschaftspark Golm

Anreise mit dem Auto

- Autobahn A10 (Berliner Ring), Ausfahrt Leest (nördlich des Autobahndreiecks Werder), Richtung Potsdam
- am Ende der Wublitzstraße rechts Richtung Golm
- am Kreisverkehr nach links
- Parkplätze des Fraunhofer IAP auf der rechten Seite

Arrival by train/bus

from Berlin main station

- Regional express RE1 (towards Magdeburg main station) to Potsdam main station
- Busses 605, 606, 612 to Wissenschaftspark Golm

from airport Berlin Tegel

- Bus X9 to S+U Zoologischer Garten
- Regional express RE1 (towards Magdeburg main station) to Potsdam main station
- Busses 605, 606, 612 to Wissenschaftspark Golm

– from airport Berlin Schönefeld

- Regional train RB22 to Potsdam main station
- Busses 605, 606, 612 to Wissenschaftspark Golm

Arrival by car

- Freeway A10 (Berlin orbital), exit Leest (north of the Werder interchange), towards Potsdam
- at the end of Wublitzstrasse turn right towards Golm
- at the roundabout turn left
- parking places of the Fraunhofer IAP on the right side

Übersichtskarte Golm

Outlinemap Golm

