



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

INHALTSVERZEICHNIS

CONTENTS

Vorwort | 4
Preface

6

DAS INSTITUT THE INSTITUTE

Das Fraunhofer IAP im Überblick | 8
The Fraunhofer IAP at a glance
Zweite Ausbaustufe des Fraunhofer IAP | 10
Second expansion stage of the Fraunhofer IAP
Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010 | 12
Joseph von Fraunhofer Prize 2010
Kuratorium | 14
Advisory Board
Das Institut in Zahlen | 15
The Institute in figures
Organisation und Schwerpunkte | 16
Organization and key aspects
Ansprechpartner | 19
Contact persons
Die Fraunhofer-Gesellschaft | 20
The Fraunhofer-Gesellschaft
Fraunhofer-Verbund Werkstoffe,
Bauteile – MATERIALS | 22
The Fraunhofer Group
for Materials and Components – MATERIALS

24

BIOPOLYMERE BIOPOLYMERS

Vom Rübenschnitzel zum Polyurethan-
Hartschaum | 34
From sugar beet pulp to polyurethane
hard foam
Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von
kationischen Stärkederivaten | 36
Structure-property relationships of cationic
starch derivatives
Stärke-Additiv-Wechselwirkungen in der
Papierherstellung | 38
Starch-additive interactions during paper
production
Thermoplastische Stärke-Nanokomposite | 40
Thermoplastic starch nanocomposites
Lignin als Komponente für »grüne«
Epoxidharze | 42
Lignin as a component for "green" epoxy resins

44

FUNKTIONALE POLYMERSYSTEME FUNCTIONAL POLYMER SYSTEMS

Solarzellen mit gedruckten
Polymerschichten | 52
Solar cells with inkjet-printed polymer layers
Aus Lösungen prozessierbare Transistoren auf
flexiblen Substraten | 54
Solution processable transistors on flexible
substrates
Gedruckte Oberflächenfunktionalisierung | 56
Printed surface functionalization
Photochemisch induzierte Fluoreszenzmerkmale
in Polymersubstraten | 58
Photochemically induced fluorescence features
in polymeric substrates
Polymerisation in Miniemulsion – Upscaling | 60
Polymerization in miniemulsion – upscaling
Lichtemittierende Beschichtungen mit lateraler
Strukturierung | 62
Laterally structured light emitting coatings
Optisches Multiplexing für die medizinische
Diagnostik | 64
Optical multiplexing for medical diagnostics

66

SYNTHESE- UND POLYMERTECHNIK **SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY**

Lösungsmittelfreie Herstellung von
Mikropartikeln | 74
Solvent-free microparticle formation process
Verbesserung des Eigenschaftsprofils von
Polylactid | 76
Optimizing the property profile of polylactide

78

WASSERBASIERENDE POLYMERSYSTEME **WATER-BASED POLYMER SYSTEMS**

Schaltbare Polymergele für biomedizinische
Anwendungen | 86
Responsive polymer gels for biomedical
applications
Neue Agenzien mit NMR-Label für die
Polymeranalyse | 88
New NMR-labeled agents for polymer analysis
Nanotechnologie in Medizin, Pharmazie und
Kosmetik | 90
Nanotechnology in medicine, pharmacy and
cosmetics
Chargenverfolgung mittels BarCodeDNA | 92
Product tracking using BarCodeDNA

94

PILOTANLAGEN- ZENTRUM SCHKOPAU **PILOT PLANT CENTER SCHKOPAU**

Veresterung von Polyhexosen
– Maßstabsübertragung | 102
Esterification of a polyhexose – Scale-up
Modifizierung von Holz-Polymer-
Verbundwerkstoffen für den Außeneinsatz | 104
Modification of wood-plastic composites for
outdoor applications

106

FAKTEN, EREIGNISSE, PUBLIKATIONEN **FACTS, EVENTS, PUBLICATIONS**

Rückblick 2010 | 108
Review 2010
Branchentransferstelle Chemie/Kunststoffe | 110
Technology Transfer Office Chemistry/Plastics
Zusammenarbeit | 112
Collaboration
Laborausstattung | 116
Laboratory equipment
Ereignisse | 120
Events
Publikationen | 122
Publications
Patente | 131
Patents
Anfahrt | 132
Getting here

VORWORT

PREFACE

Nachhaltigkeit und Rohstoffwandel

Nach dem scharfen Einbruch der Weltwirtschaft in 2009 ist die deutsche Industrie – und gerade auch die Chemie- und Kunststoffbranche – im Jahr 2010 gestärkt aus der Krise hervorgegangen. Das weitere Wachstum der Weltbevölkerung und das Streben der Menschen nach Gesundheit und Wohlstand eröffnen dabei hervorragende Perspektiven für Polymere und Kunststoffe, sie stellen die Industrie aber auch vor neue Herausforderungen. Zu diesen Herausforderungen gehört die zunehmende Verknappung und Verteuerung von Rohstoffen, die *a priori* zu einer effizienteren und nachhaltigen Wirtschaft führen müssen. Ein wichtiger Schritt ist hierbei die Erweiterung der Rohstoffbasis der chemischen Industrie, wobei durch die Nutzung von Erdgas, Kohle und nachwachsenden Rohstoffen generell die Abhängigkeit vom Erdöl reduziert werden kann. Nachwachsende Rohstoffe werden dabei schon lange in der chemischen Industrie eingesetzt und machen gegenwärtig einen Anteil an der Rohstoffversorgung von etwa zehn Prozent aus. Bei einer weltweiten Kunststoffproduktion von mehr als 250 Millionen Tonnen jährlich stellen Biopolymere gegenwärtig allerdings eher Nischenprodukte dar, die in der Größenordnung von einem Prozent der Gesamtproduktion liegen. Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein überdurchschnittlich hohes Wachstumspotenzial der Biopolymere, das durch eine Vielzahl von Studien, exponentiell zunehmende Patentaktivitäten und eine ebenso zunehmende Anzahl von Tagungen und Veröffentlichungen angezeigt wird. Wenn auch der strategische Aspekt der Erweiterung der Rohstoffbasis überwiegt, sollen doch die noch kleinen, aber in der Tendenz positiven Beiträge der Biopolymere zur Reduktion von CO₂-Emissionen und zum Klimaschutz hier erwähnt werden. Biopolymere und biobasierte Kunststoffe sind daher zweifellos ein Zukunftsthema, das in Zusammenhang und in Ergänzung – und nicht im Gegensatz – zu den erdölbasierten Kunststoffen zu gestalten ist. Unabhängig von der Rohstoffquelle bieten dabei effiziente Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren weitere Reserven für eine nachhaltige Wirtschaft und erfordern entsprechende Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen.

Im Fraunhofer IAP werden traditionell angewandte Forschungsarbeiten zu erdölbasierten Polymeren und zu Biopolymeren durchgeführt. Die Kompetenzen auf beiden Gebieten sind dabei gegenseitig befruchtend und wechselseitig nützlich, ganz gleich, ob es um wasserlösliche Spezialpolymere geht oder um Synthesemethoden zur Herstellung von Kunststoffen aus biogenen Bausteinen. Aktivitäten zur Faser- und Spinn Technologieentwicklung, die bisher fast ausschließlich auf Cellulose ausgerichtet waren, erhalten vor dem Hintergrund des ansteigenden Bedarfs an Hochleistungsfasern eine neue Bedeutung. Im Fraunhofer IAP gibt es dabei z.B. alle Voraussetzungen, neue Precursoren für Carbonfasern unterschiedlicher Provenienz zu entwickeln.

Die umfangreichen und vielfältigen Forschungsprojekte des Fraunhofer IAP waren auch im Jahr 2010 die Basis für einen mehr als ausgeglichenen Haushalt. Der anhaltend positiven Entwicklung des Instituts wird mit dem Neubau der zweiten Ausbaustufe Rechnung getragen, dessen Grundsteinlegung im Berichtszeitraum erfolgte und dessen Fertigstellung für das Jahr 2012 geplant ist. Besonders erfreulich war im Jahr 2010 die Verleihung des Fraunhofer-Preises an Herrn Dr. Storsberg für seine herausragenden Arbeiten zur Entwicklung einer künstlichen Hornhaut. Herzlichen Glückwunsch auch an dieser Stelle!

Das Jahr 2010 hat erneut gezeigt, dass das Fraunhofer IAP in einmaliger Form die Kompetenzen von Biopolymeren und synthetischen Polymeren kombiniert und nutzt. Dieses Potenzial, aber auch die Perspektiven der polymeren Funktionsmaterialien für technische und medizinische Anwendungen lassen uns optimistisch in die Zukunft schauen. Ich bedanke mich herzlich bei allen, die zu dieser Entwicklung beigetragen haben, an erster Stelle bei den Industriepartnern und den öffentlichen Stellen für ihr Vertrauen, aber auch bei den Mitgliedern des Kuratoriums für die wohlwollende Beratung und Unterstützung bei der Anbahnung von Kooperationen. Schließlich danke ich den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fraunhofer IAP für ihren Einsatz und ihre kreativen Beiträge, die die Grundlage des Erfolgs des Instituts darstellen.



Sustainability and raw material change

After the sharp decline in the global economy in 2009, the German industry – and in particular the chemical and plastics industry – emerged in 2010 strengthened from the crisis. The continuing increase in the world's inhabitants and mankind's desire of health and prosperity open up excellent opportunities for polymers and plastics. At the same time the industry is faced with new challenges. These challenges include the growing shortage and rise in cost of raw materials which must lead to a more efficient and sustainable economy. One important step is expansion of the chemical industry's raw material base, whereby the use of natural gas, coal and renewable resources will generally be able to reduce dependence on crude oil. Renewable raw materials have long been used in the chemical industry and currently make up 10 percent of the total raw materials used. In a global plastic production of more than 250 million tons annually, biopolymers are currently considered niche products because they account for one percent of the total production. Against this background, there is an above-average potential for growth for biopolymers which is evident in the many studies, exponentially increasing number of patents and an equally increasing number of conferences and publications. Even though the strategic aspect of expanding the raw material base predominates, biopolymers' contributions to reducing CO₂ emissions and to climate protection, still small but positive in tendency, should be mentioned here. Biopolymers and bio-based plastics are therefore, without a doubt, a topic of the future which is to be developed in combination and in completion – not in contrast – with crude oil-based plastics. More efficient production and processing methods, independent of the source of raw materials, offer additional reserves for a sustainable economy and necessitate suitable research and development endeavors.

Traditionally, applied research on crude oil-based polymers and biopolymers is carried out here at the Fraunhofer IAP. Our competencies in both areas are mutually stimulating and beneficial, no matter if it is in terms of special water soluble

polymers or synthesis methods for producing plastics from biogenic components. Activities in developing fiber and spinning technology which have until now been mostly designed on the basis of cellulose, are gaining in importance in light of the rising need for high-performance fibers. Fraunhofer IAP has e.g. all the prerequisites for developing new precursors for carbon fibers of varying origin.

Fraunhofer IAP's extensive and diverse research projects were also a basis for a more than balanced budget in 2010. The Institute's continuing positive development includes the second expansion stage with the new building whose foundation was laid during the reporting period and whose completion is scheduled for 2012. A particularly joyous event in 2010 was the awarding of the Fraunhofer Prize to Dr. Storsberg for his outstanding work on developing an artificial cornea. Congratulations Dr. Storsberg!

The year 2010 has once again shown that Fraunhofer IAP uniquely combines and uses its competencies in biopolymers and synthetic polymers. This potential, as well as the possibilities that polymer functional materials have to offer technical and medical applications, allows us to regard the future with optimism. I would like to thank everyone who contributed to this development, first and foremost our industry partners and public organizations for their trust, as well as members of the Advisory Board for their generous advice and support in the initiation of partnerships. Finally, I would like to thank the employees of Fraunhofer IAP for their hard work and creative contributions which form the basis of this Institute's success.

Prof. Dr. habil. Hans-Peter Fink

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** **Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010**
Joseph von Fraunhofer Prize 2010
- 14** **Kuratorium**
Advisory Board
- 15** **Das Institut in Zahlen**
The Institute in figures
- 16** **Organisation und Schwerpunkte**
Organization and key aspects
- 19** **Ansprechpartner**
Contact persons
- 20** **Die Fraunhofer-Gesellschaft**
The Fraunhofer-Gesellschaft
- 22** **Fraunhofer-Verbund Werkstoffe,
Bauteile – MATERIALS**
The Fraunhofer Group
for Materials and Components – MATERIALS



pioneers in polymers



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 Material Sicht – im gerade erst angebrochenen Kunststoffzeitalter mit Auswirkungen auf nahezu alle Marktsegmente. 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 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 Beginn 2012 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 stellt 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 Biokompositmaterialien, 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 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 Fraunhofer 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 the 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 as well as 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 beginning of 2012.

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 process) 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 broaden 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, physicists 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.

ZWEITE AUSBAUSTUFE DES FRAUNHOFER IAP

SECOND EXPANSION STAGE OF THE FRAUNHOFER IAP

Anwendungszentrum für Polymer-Nanotechnologien

Mit einer feierlichen Zeremonie wurde am 22. Juni 2010 der Grundstein für die zweite Ausbaustufe des Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm gelegt. Der Startschuss fiel gemeinsam mit Brandenburgs damaliger Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur Dr. Martina Münch, dem Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Dr. Alfred Gossner, dem Institutsleiter des Fraunhofer IAP, Prof. Dr. Hans-Peter Fink und dem Geschäftsführer des zuständigen Architekturbüros, Herrn Christoph Nagel-Hirschauer. Am Höhepunkt des Festakts legten sie eine Zeitkapsel ins Mauerwerk. Die kupferne Röhre enthält neben aktuellen Tageszeitungen und Geldmünzen auch einen Jahresbericht, einen USB-Stick und Baupläne des Instituts.

In dem neuen Erweiterungsbau wird ein Anwendungszentrum für Polymer-Nanotechnologien entstehen. Hier sollen vor allem innovative Materialien und Technologien vom Labormaßstab in den industriellen Produktionsmaßstab übertragen werden. Drei Schwerpunkte stehen im Fokus der Arbeiten: 1. High-Tech-Polymere mit besonderen physikalischen Eigenschaften, insbesondere die Entwicklung der technologischen Grundlagen von kunststoffbasierten elektrischen und optischen Bauelementen wie flexiblen OLED-Displays, organischen Solarzellen und organischer Elektronik, 2. Biokompatible Materialien für Implantate und weitere medizinische Anwendungen, und 3. Entwicklung biotechnologischer Prozesse zur effizienten Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

»Mit dem Anwendungszentrum vertieft und erweitert das Fraunhofer IAP seine Kernkompetenzen auf dem Gebiet der synthetischen und biobasierten Polymere und Funktionsmaterialien. Die Forscher werden ihre Ergebnisse für die Umsetzung im industriellen Maßstab vorbereiten und damit dem Auftrag der Fraunhofer-Gesellschaft nach industrienahe Forschung gerecht werden.«, erklärt Prof. Dr. Fink. »Die Grundsteinlegung ist ein Beweis für die wachsende Bedeutung der Materialforschung«, sagte Prof. Dr. Gossner. Im Leichtbau, in der Energie- und Medizintechnik und vielen anderen Kernbereichen seien neue Materialien unabdingbar. Durch das Golmer Anwendungszentrum werde die Forschung neue Möglichkeiten erhalten. Ministerin Münch betonte den

hohen Stellenwert, den die Landesregierung der angewandten Forschung einräume. »Die Landespolitik setzt auf nachhaltige Qualität und zukunftsweisende Ausrichtung. Das ist ein wichtiger Schritt.« Über 5,8 Millionen Euro investiere das Land in den Golmer Neubau. Ein gleich hoher Betrag kommt vom Bund, 11,7 Millionen zahlt die EU aus einem Regionalfonds. Christoph Nagel-Hirschauer vom Münchner Architekturbüro Schmidt-Schickentanz betonte, dass bei dem Bau in besonderer Weise die Form der Funktion folge. Eine Fassade aus Polycarbonat werde auf die Nutzung verweisen.

Der L-förmige Anbau entsteht nach einem Entwurf der Hascher und Jehle Planungsgesellschaft mbH auf einer Fläche von über 2600 m². Er besteht aus einem Kopfbau mit vier Vollgeschossen und einem dreigeschossigen flachen Riegel. Zwei transparente Stege verbinden die Erweiterung mit dem Hauptgebäude im ersten Obergeschoss. Genutzt wird der Neubau für Büros (1050 m²) und Laborflächen (1370 m²). Besonderheiten sind hierbei ein Reinraumtechnikum (ca. 430 m²), ein biochemisches Technikum mit S1 Anforderung (ca. 150 m²), weitere S1- und S2-Labore sowie abgedunkelte und schwingungsentkoppelte Sonderlabore für Mikroskopie und Laserstruktur (ca. 100 m²).

Die Gebäudetechnik orientiert sich im Wesentlichen an der vorhandenen Ausrüstung des Bestandsgebäudes. Durch Erstellung eines Wärme-, Kälte- und Stromverbundes zwischen beiden Institutsgebäuden kann die jeweils effizienteste Art der Wärme- und Kälteerzeugung – in Abhängigkeit von Witterung und Energiepreisen – 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.

Der im August 2010 begonnenen Erstellung des Rohbaus folgt – etwas verzögert aufgrund der winterlichen Witterungsbedingungen – ab März 2011 der anspruchsvolle technische Ausbau. Der zweite Bauabschnitt des Fraunhofer IAP schafft Raum für 94 neue Arbeitsplätze und soll Anfang 2012 fertig gestellt werden.



Application Center for Polymer Nanotechnologies

A ceremony held on June 22nd, 2010 celebrated the laying of the foundation for the second expansion stage of Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm. It was kicked off jointly by Brandenburg's former Minister of Science, Research and Culture Dr. Martina Münch, the Senior Vice-President of Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Dr. Alfred Gossner, the Director of the Fraunhofer IAP, Prof. Dr. Hans-Peter Fink and the Managing Director of the architectural firm involved, Mr. Christoph Nagel-Hirschauer. The highlight of the ceremony was the placing of a time capsule into the stonework. The copper tube contains not only current daily papers and coins, but also an annual report, a USB stick and the Institute's building plans.

The new building will house an Application Center for Polymer Nanotechnologies. The primary focus here will be on transferring innovative materials and technologies from lab scale to industrial production scale. The work will focus on three main topics: 1. high-tech polymers with special physical properties, in particular the development of technologies for plastics-based electrical and optical components such as flexible OLED displays, organic solar cells and organic electronics, 2. biocompatible materials for implants and other medical applications and 3. the development of biotechnological processes to efficiently use renewable raw materials.

"This application center helps Fraunhofer IAP to delve into and expand its core competencies in the field of synthetic and bio-based polymers and functional materials. The researchers will prepare their innovations for use on an industrial scale in line with Fraunhofer-Gesellschaft's mission to carry out industry-oriented research," explains Prof. Dr. Fink. "The laying of the foundation for the building is proof of the growing significance of materials research," said Prof. Dr. Gossner. New materials are indispensable in lightweight construction, energy and medical technology and many other core areas. The Application Center in Golm extends new opportunities to research. Minister Münch emphasized the high value the state government is placing on applied research. "State policy is focusing on sustainable quality and a future-oriented direction. This is an important step." The state is investing more than 5.8 million euros in the new-build in

Golm. The federal government is contributing the same amount and 11.7 million euros are being paid by the EU from a regional fund. Christoph Nagel-Hirschauer from the architectural firm Schmidt-Schicketanz in Munich stresses that form follows function in a special way in this building. A cladding made of polycarbonate hints at the building's use.

The L-shaped annex is being built according to plans drawn up by Hascher and Jehle Planungsgesellschaft mbH on an area measuring 2,600m². It consists of a main section rising four full floors and a three-floor, flat construction. Two transparent bridges connect the annex to the main building at first floor level. The new-build will be used for offices (1,050m²) and labs (1,370m²). Special features include a clean room (approx. 430m²), a biochemical lab meeting S1 requirements (approx. 150m²), additional S1 and S2 labs and special dimmed and vibration neutralizing labs for microscopy and laser structure (approx. 100m²).

The technical equipment is aligned with existing equipment for the most part. By creating a heating, cooling and electricity network between both institute buildings, the most efficient type of heating and cooling generation can be selected according to the weather and energy prices. Adjusting the temperature of the offices and labs will now be possible through the support of concrete core activation. The installation of a new emergency power system considerably improves the supply of safety systems in the case of a power outage.

Construction of the building's shell began in August 2010 and will be followed – somewhat delayed by the winter weather – in March 2011 by the ambitious technical construction. The second building phase of Fraunhofer IAP will allow for 94 new jobs and is expected to be completed at the beginning of 2012.

JOSEPH-VON-FRAUNHOFER-PREIS 2010

JOSEPH VON FRAUNHOFER PRIZE 2010

Künstliche Hornhaut – Biomaterialentwicklung für höchste Anforderungen

Seit 1978 verleiht die Fraunhofer-Gesellschaft alljährlich Preise für herausragende wissenschaftliche Leistungen. Auch in diesem Jahr wurden drei Joseph-von-Fraunhofer-Preise an Forscher vergeben, die anwendungsnahe Probleme lösen. Dr. Joachim Storsberg, Leiter der Arbeitsgruppe »Funktionspolymere für die Medizintechnik« am Fraunhofer IAP, ist einer von ihnen. Er entwickelte ein Hornhautimplantat aus Kunststoff, das erblindeten Patienten das Augenlicht zurückgibt. Das Implantat – eine sogenannte Keratoprothese – kann Patienten helfen, für die eine Spenderhornhaut aus medizinischen Gründen nicht in Frage kommt. Die Keratoprothese wurde gemeinsam mit Medizinern und Herstellern in dem EU-Projekt »Artificial Cornea« entwickelt.

Herausforderung Biomaterialentwicklung

Die winzige künstliche Hornhaut muss fast widersprüchliche Anforderungen erfüllen: Einerseits soll das Material fest mit dem Gewebe der umliegenden Zellen zusammenwachsen, andererseits dürfen sich in dem optischen Bereich der künstlichen Hornhaut – also in der Mitte – keine Zellen absetzen. Das Implantat würde sich sonst an der Vorderseite eintrüben und das Sehvermögen wäre wieder stark beeinträchtigt. Außerdem muss sich die Außenseite des Implantats mit Tränenflüssigkeit benetzen lassen. Die Lösung fand Dr. Storsberg, indem er Rand- und Sichtbereich unterschiedlich beschichtete.

Der Rand des Implantats wurde erst mit speziellen Polyelektrolyten und anschließend mit einem besonderen Protein beschichtet. Dieses enthält bestimmte Sequenzen eines Wachstumsfaktors, der von den umliegenden natürlichen Zellen erkannt wird. Durch ihn werden sie angeregt, die Oberfläche des Hornhautrandes zu besiedeln und vermehren sich nur dort. Die Zellen wachsen fest mit dem Rand des Implantats zusammen. Die künstliche Hornhaut gewinnt so an Stabilität, ohne dass das Sichtfeld beeinträchtigt wird.

Im optischen Bereich muss die an sich wasserabstoßende, künstliche Hornhaut mit einem Tränenfilm benetzt werden können. Deshalb erhält die Oberfläche hier eine ultradünne,

wasseranziehende Schicht. Dafür wird ein hydrophiles Monomer mit Hilfe eines Lösemittels aufgetragen. Das Monomer diffundiert in das Implantat und polymerisiert dort nach Bestrahlung mit UV-Licht. Es entsteht ein »interpenetrierendes« Polymernetzwerk mit einer Hydrogelschicht an der Oberfläche. Beide Schichten sind chemisch fest miteinander verbunden, sodass die Oberfläche der künstlichen Hornhaut hier benetzbar bleibt.

Erfolg beim Menschen

Die Keratoprothesen wurden zuerst *in vitro* in Zellkulturen und *in vivo* in Kaninchenaugen getestet und optimiert. Seit 2009 wurden sie auch bei Menschen eingesetzt – mit großem Erfolg: Mehreren Ultima Ratio Patienten, bei denen selbst der Einsatz einer humanen Spenderhornhaut nicht zum gewünschten Erfolg geführt hat, wurde neue Sehkraft verliehen. Weitere Implantationen sind für 2011 vorgesehen.





Artificial cornea – developing biomaterials with high technical requirements

Since 1978 the Fraunhofer-Gesellschaft has awarded prizes every year for outstanding scientific achievement. Again this year, three Joseph von Fraunhofer Prizes were awarded to researchers who solve application-oriented problems. Dr. Joachim Storsberg, head of the workgroup “Functional polymers for medical technology” at the Fraunhofer IAP is one of them. He developed corneal implants made of plastic that give blind patients back their sight. The implant – a so-called keratoprosthesis – can assist patients who are not able to receive a donated cornea for medical reasons. The keratoprosthesis was developed together with doctors and manufactures in the EU project entitled “Artificial Cornea”.

The challenge of developing biomaterials

The tiny artificial cornea has to fulfill requirements that are nearly contradictory. On the one hand the material has to fuse with the tissue of the surrounding cells. On the other

hand no cells can be deposited on the optical area of the artificial cornea, i.e. the center. Otherwise the implant would cloud up on the inside and vision would be heavily impaired. Furthermore the outside of the implant has to be wetted by tears. Dr. Storsberg came up with the solution of coating the edge and the optical area with different materials.

The implants edge was first coated with a special polyelectrolyte and subsequently with a special protein. This contains certain sequences of a growth factor that is recognized by the surrounding natural cells. It prompts them to settle on the surface of the edge of the cornea and they multiply only there. The cells fuse to the edge of the implant. This gives the artificial cornea added stability without compromising the optical area.

In the optical area the hydrophobic artificial cornea has to be wetted with a tear film. Thus, the surface here receives an ultra-thin, hygroscopic layer. To do this, a hydrophobic monomer is applied with the aid of a solvent. The monomer diffuses into the implant and polymerizes there after being radiated with UV light. An “interpenetrating” polymer network with a hydrogel layer is created on the surface. Both layers are firmly chemically bonded with one another so that the surface of the artificial cornea remains wettable.

Successful on people

The keratoprotheses were initially tested *in vitro* in cell cultures and then *in vivo* in rabbit eyes. Since 2009 they were also implanted into people – with great success. Many ultima ratio patients, who did not experience the desired effects even with donated human corneas, were given their sight back. Further implant operations are scheduled for 2011.





KURATORIUM ADVISORY BOARD

Das Kuratorium berät und unterstützt die Organe der Fraunhofer-Gesellschaft sowie die Institutsleitung. Mitglieder des Kuratoriums 2010 waren:

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 2010:

Prof. Dr. Thomas Müller-Kirschbaum

Vorsitzender des Kuratoriums
Henkel KGaA, Düsseldorf

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Andrzej K. Bledzki

Universität Kassel, Kassel, West Pomeranian University of Technology, Stettin

Dipl.-Ing. Ulrich Hamann

Bundesdruckerei GmbH, Berlin

Dr. Rüdiger Hannaleck

TES Frontdesign GmbH, Neuruppin

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

Präsidentin der Universität Potsdam

Prof. Dr. Jürgen Kurths

Humboldt Universität, Berlin

Dr. Volker Landschütze

aevotis 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, i. R., Ludwigshafen

Dr. Klaus Nachtkamp

Dow-Wolff Cellulosics GmbH, i. R., Neuhofen

Dr. Andreas Pachten

Human BioSciences GmbH, Luckenwalde

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

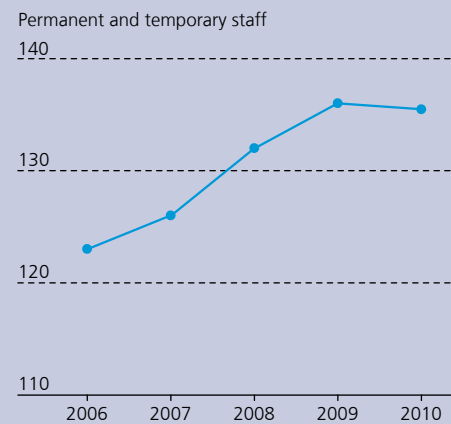
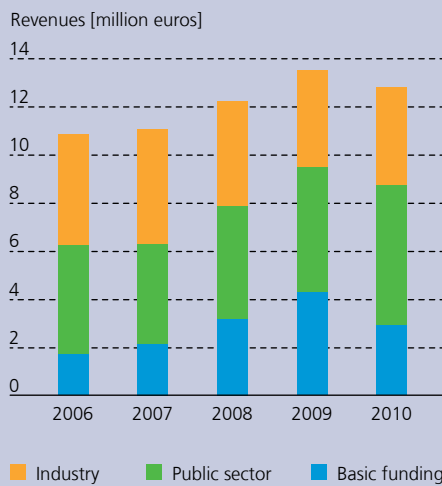
Prof. Dr. Manfred Wagner

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 2010 etwa 12,8 Millionen Euro. Die externen Erträge konnten um ca. 700 000 Euro gesteigert, die Erträge aus der Wirtschaft auf gleich hohem Niveau gehalten werden. Damit ergab sich in 2010 eine verringerte Inanspruchnahme der Grundfinanzierung.

Investitionshaushalt / Ausbauinvestitionen

Der Schwerpunkt der Investitionen lag 2010 auf dem Erweiterungsbau. Insgesamt wurden ca. 2,5 Millionen Euro für Bautätigkeit und Erstausrüstung ausgegeben.

Mitarbeiter

Ende 2010 waren im Fraunhofer IAP insgesamt 158 Personen beschäftigt.

Stammpersonal	135
– Wissenschaftliche Mitarbeiter	64
– Technische Mitarbeiter	60
– Verwaltung	11
Nachwuchs	23
– Doktoranden	18
– Auszubildende	5

Das Fraunhofer IAP beschäftigte im Jahr 2010 zusätzlich 34 Praktikanten, Studenten, Diplomanden und Stipendiaten.

Institute's budget

In 2010 the Institute's budget amounted to about 12.8 million euros. Income from external sources increased by around 700,000 euros and income from industry remained at the same high level. This meant that in 2010 there was a reduction in the utilization of basic funding.

Investment budget/ expansion investment

In 2010 the focus of investment was on expanding facilities. A total of around 2.5 million euros was spent on construction and basic equipment.

Human resources

At the end of 2010, the Fraunhofer IAP employed 158 people.

Regular staff	135
– Scientific staff	64
– Technical staff	60
– Administration	11
Junior staff	23
– Ph.D. students	18
– Apprentices	5

The Fraunhofer IAP employed 34 trainees, students, graduands and scholarship holders in 2010, additionally.

Kontakt Contact

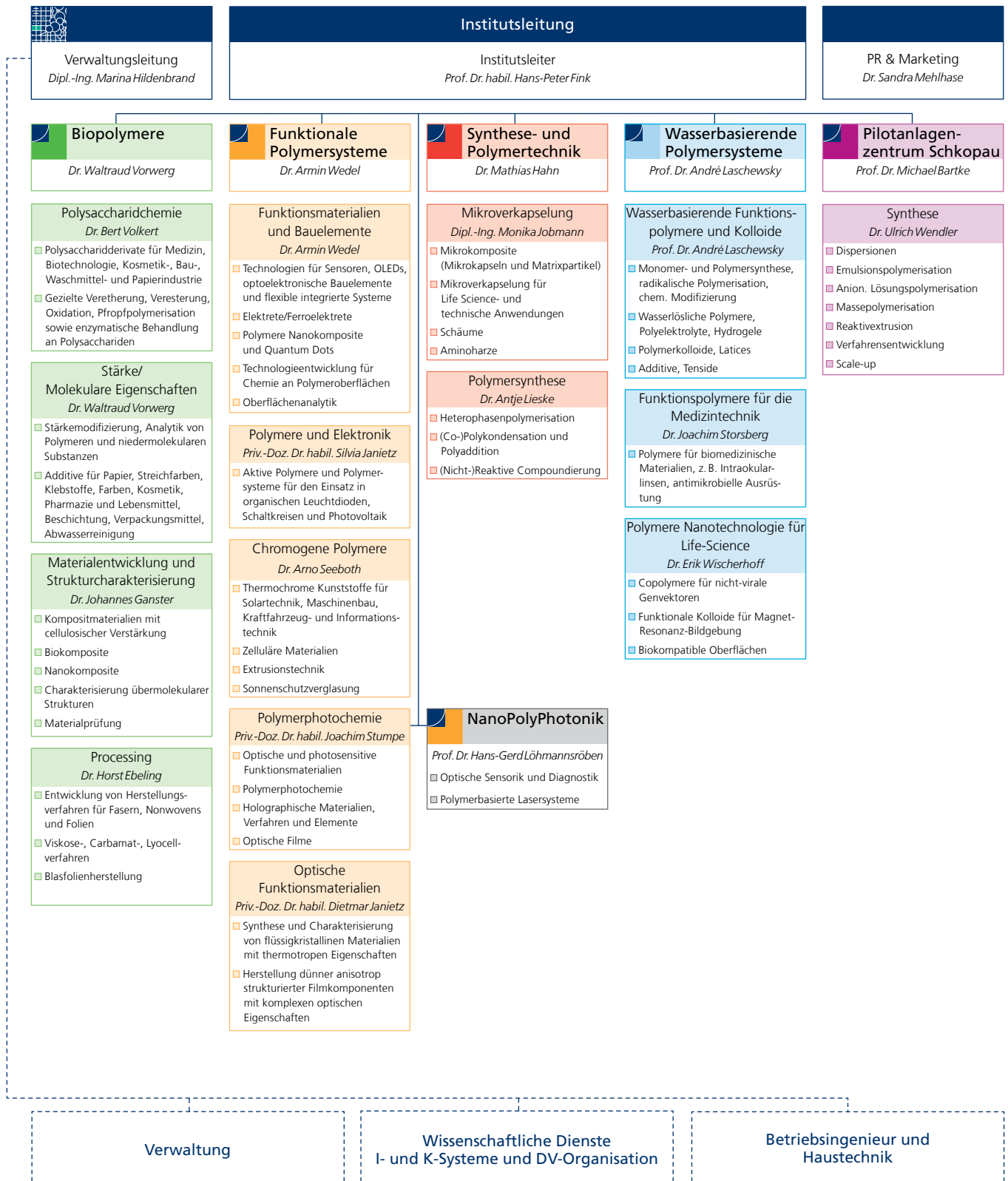
Verwaltungsleiterin
Head of administration



Dipl.-Ing. Marina Hildenbrand
Telefon +49 331 568-1157
Fax +49 331 568-2557
marina.hildenbrand@iap.fraunhofer.de

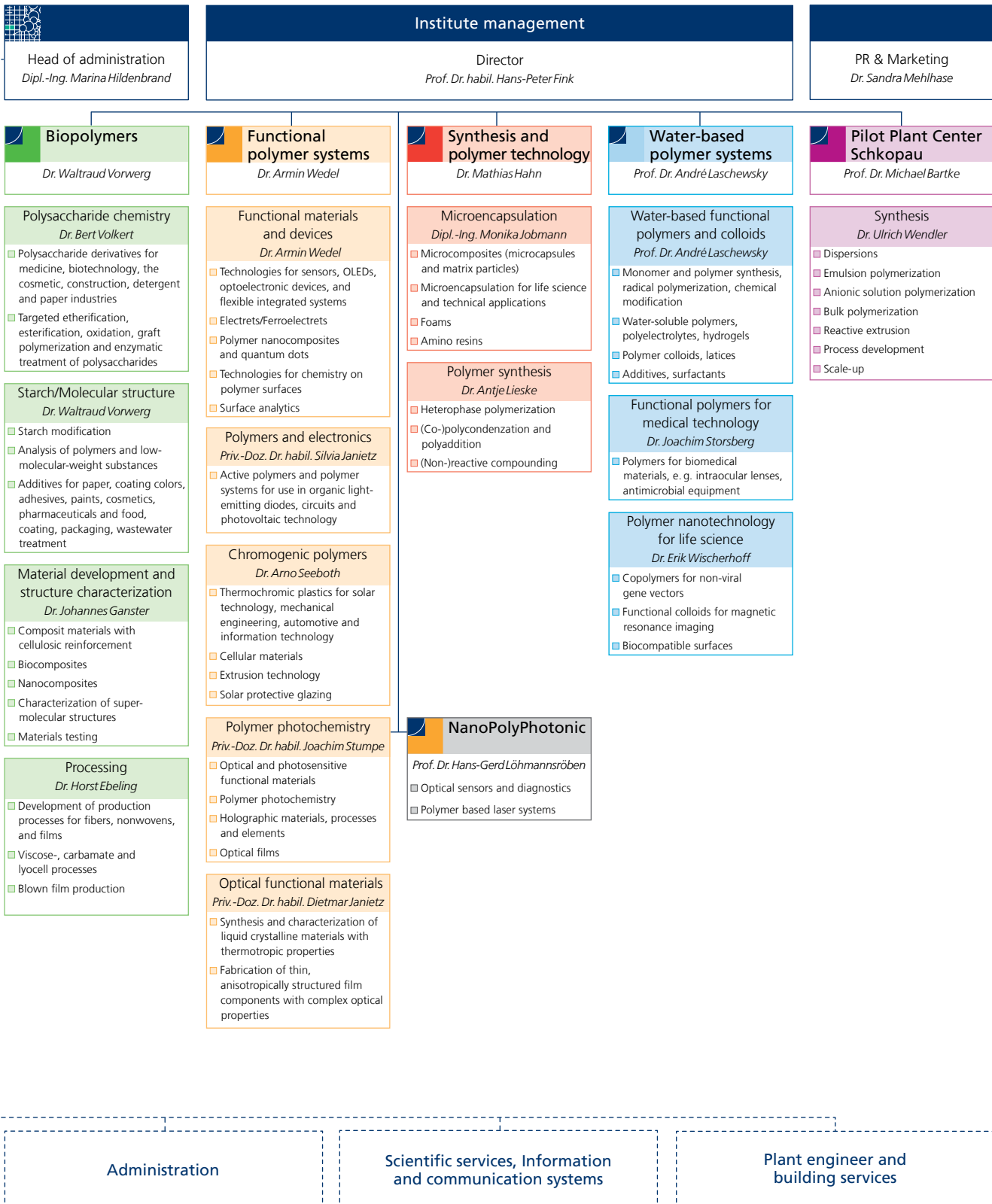
ORGANISATION UND SCHWERPUNKTE

STAND JANUAR 2011



ORGANIZATION AND KEY ASPECTS

STATUS JANUARY 2011





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

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. Erik Wischerhoff Tel.: +49 331 568-1508 erik.wischerhoff@iap.fraunhofer.de



Pilotanlagenzentrum Schkopau
Pilot Plant Center Schkopau

Prof. Dr. 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 Löhmannsröben Tel.: +49 331 977-5222 hans-gerd.loehmannsroeben@iap.fraunhofer.de

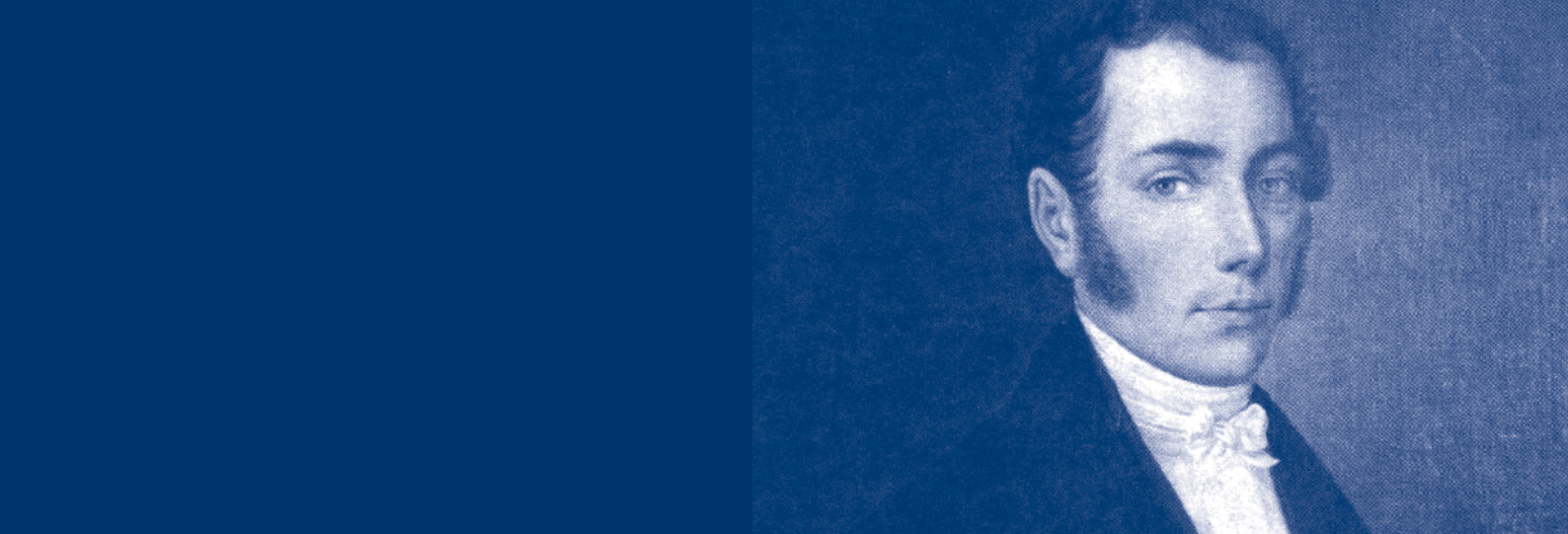
Von links nach rechts | left to right:

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. Michael Bartke, Prof. Dr. André Laschewsky, Dr. Mathias Hahn

ANSPRECHPARTNER CONTACT PERSONS





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 60 Fraunhofer Institutes. The majority of the more than 18,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of €1.65 billion. Of this sum, more than €1.40 billion is generated through contract research. More than 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Almost 30 percent is contributed by the German federal and 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 international research centers and representative offices 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 – MATERIALS 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, Mobilität, Gesundheit, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen und Wohnen, Mikrosystemtechnik und Sicherheit 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 (Gast)
- 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 (Gast)
- 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.materials.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, mobility, health, machinery and plant engineering, building construction and the home environment, micro system technology and security 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.materials.fraunhofer.de

BIOPOLYMERE

BIOPOLYMERS

- 34 Vom Rübenschnitzel zum Polyurethan-Hartschaum**
From sugar beet pulp to polyurethane hard foam
- 36 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von kationischen Stärkederivaten**
Structure-property relationships of cationic starch derivatives
- 38 Stärke-Additiv-Wechselwirkungen in der Papierherstellung**
Starch-additive interactions during paper production
- 40 Thermoplastische Stärke-Nanokomposite**
Thermoplastic starch nanocomposites
- 42 Lignin als Komponente für »grüne« Epoxidharze**
Lignin as a component for "green" epoxy resins

Dr. André Lehmann vor den Waschwalzen der Nassspinnlinie. | Dr. André Lehmann in front of the washing rollers from the wet spinning line.



VOM BIOPOLYMER ZUM HOCHLEISTUNGSKUNSTSTOFF

Nachhaltige Innovationen für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, insbesondere die Entwicklung von Verarbeitungsverfahren für Biomasse mit ganzheitlicher Wertschöpfung, stellen das Grundanliegen der Biopolymerforschung am Fraunhofer IAP dar. Bei der Entwicklung biobasierter Produkte stehen Aspekte wie Funktionalität, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit mit dem Ziel im Vordergrund, in vielen Anwendungen Erdöl als Grundstoff durch nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen.

Aus Lignocellulose gewonnene Cellulose, dem am häufigsten vorkommenden Biopolymer, werden zum einen Produkte aus Regeneratcellulose (u.a. Fasern, Vliesstoffe, Folien, Schwämme, Membranen) und zum anderen vielfältig einsetzbare Cellulose-derivate (Thermoplaste, Fasern, Filter, Klebstoffe, Baustoffadditive, Hygieneprodukte, Pharmaka-Träger usw.) hergestellt. Stärke gehört sowohl zu den unverzichtbaren Ressourcen für Lebensmittel als auch für technische Anwendungen (Papier, Baustoffe, Faserschichten, Klebstoffe, Biokunststoffe, Reinigungsmittel, Kosmetik und Pharmazie). Die besondere chemische Struktur des Lignins lässt vielfältige Anwendungen in der Materialentwicklung erwarten. Hydrolyseprodukte aus Rübenschnitzeln können als Polyole in der Polyurethanherstellung eingesetzt werden. Biobasierte Polymere wie Polylactid stellen einen Schwerpunkt in der Entwicklung biobasierter Formkörper dar. Eine weitere Zielstellung besteht in der Nutzung und Optimierung biotechnologischer Prozesse zur direkten stofflichen Verwertung von Biomasse durch Extraktion und Verarbeitung von Inhaltsstoffen aus Produkten der Agrar- und Forstwirtschaft.

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 Cellulosecarbamat in NMMO/Wasser bzw. in ionischen Flüssigkeiten, die der angestrebten Zielstellung der schmelzartigen Verarbeitung der Cellulose näher kommen. 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 16 integrierten Industrieunternehmen bestehende Forschungsverbund hat die nachhaltige Entwicklung, Optimierung und Verarbeitung natürlicher Basispolymere zur Herstellung von Materialien zum Ziel. Der Verbund wird von FNR/BMELV gefördert. Die inhaltlichen Schwerpunkte sind:

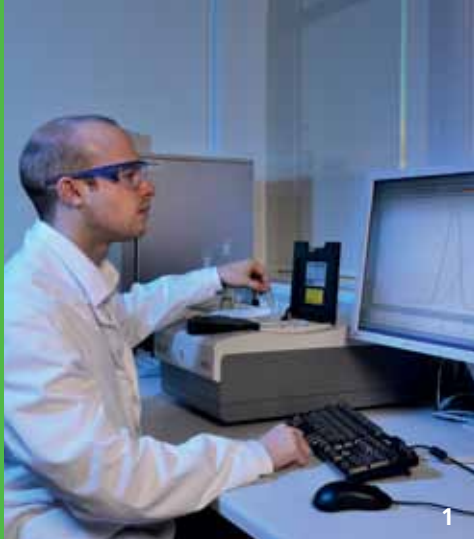
- Nutzung von Lignin in duromeren Systemen
- Verbesserung der Materialeigenschaften von biobasiertem Polyamid
- Entwicklung von ionogenen Additiven für thermoplastische Biopolymere
- Mikroverschäumung hydrophobierter Stärke
- Nutzung von Polyvinylacetat und dessen Derivate in Cellulosefaser verstärkten Biocompositen
- Erhöhung der Thermostabilität cellulosischer Fasern.

Neue Biokunststoff-Komposite

Die Eigenschaften von PLA und PHA, wie geringe Schlagzähigkeit und Wärmeformbeständigkeit, werden durch die Compoundierung mit Verstärkungsfasern im Mikrobereich beeinflusst. Es wird angestrebt, mit höherbelastbaren Kompositen, die Celluloseregeneratfasern enthalten, Materialien für den Bereich der glasfaserverstärkten Kunststoffe und der Konstruktionspolymere zu entwickeln. Für Stärke- und Celluloseester wurde die Wirkung nanoskaliger Verstärkungen, insbesondere nanoskaliger Schichtsilikate, intensiv untersucht. Auf Basis von Stärkemischestern wurden unter anderem Nanokomposite ent-

1 *Characterization of polymer structure by dynamic light scattering.*

2 *Enzymatic treatment of lignocellulosic.*



wickelt, die sowohl eine Erhöhung von Festigkeit und E-Modul als auch eine verringerte Sprödigkeit erzeugen. 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.

MAVO »Neue nachhaltige Prozesse zur ganzheitlichen Verwertung und Materialentwicklung aus Lignocellulose«

In Kooperation der Fraunhofer-Institute IAP, IGB, ISI, UMSICHT und WKI werden Aufschlussmethoden für Lignocellulose durch Synthese und Optimierung von ionischen Flüssigkeiten (ionic liquids, IL) entwickelt. Aus den entstandenen Polymerlösungen erfolgt die Prozessentwicklung für die Verarbeitung zu Fasern und Vliesstoffen sowie zur Modifizierung thermoplastisch verarbeitbarer Blends. Die enzymatische und chemische Hydrolyse zu Monosacchariden stellt einen weiteren Schwerpunkt dar. Als entscheidend für die Umsetzbarkeit der Ergebnisse in die Industrie werden sowohl das Recycling der IL aus den Verarbeitungsprozessen als auch die ökonomische und ökologische Bewertung angesehen.

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

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.

Verbundprojekt LIGNOS »Biopolymergewinnung durch neue biotechnologische Verfahren«

In dem Verbundprojekt entwickeln das Fraunhofer IAP, die Universität Potsdam und die aevotis GmbH gemeinsam nachhaltige biotechnologische Verfahren für die Separation und Verarbeitung von Biopolymeren zu Materialien und Spezialprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen der Agrar- und Forstwirtschaft als auch von biomassehaltigen Rückständen etablierter Produktionsverfahren der Nahrungsmittelerzeugung, der chemischen Industrie und Kraftstoffgewinnung. Eine ganzheitliche Wertschöpfung, die Rest- und Nebenströme wirtschaftlich sinnvoll einbezieht und jetzige Nachteile der Rückstände aus biotechnologischen und chemischen Verfahren beseitigt, ist das Ziel der Verwendung vorhandener Biomasse. Mittel- und langfristig sollen innovative Konzepte in der biochemischen Prozesstechnologie realisiert werden, um einen beträchtlichen Anteil benötigter Polymere und Produkte daraus erdölunabhängig und nachhaltig zu produzieren.

FROM BIOPOLYMERS TO HIGH PERFORMANCE PLASTICS

Biopolymer research at Fraunhofer IAP focuses on searching for innovative and sustainable uses for renewable raw materials and, in particular on developing processing methods for biomass with holistic value added. Aspects such as functionality, cost-effectiveness and safety are key when developing bio-based products. Another objective is to replace petroleum with renewable raw materials as the basic material.

Cellulose obtained from lignocellulose, the most prevalent biopolymer, are used in making products from regenerated cellulose (including fibers, non-woven fabrics, films, sponges, membranes) as well as cellulose derivatives (thermoplastics, fibers, filters, adhesives, building material additives, hygiene products, drug carriers etc.). Starches are indispensable for food and technical applications (paper, building materials, fiber sizings, adhesives, bioplastics, cleaning agents, cosmetics and pharmaceuticals). Due to the special chemical structure of these lignins, versatile applications in material development are expected. Hydrolysis products made from beet pulp can be used as polyols in polyurethane production. Focus is being placed on bio-based polymers such as polylactide in the development of bio-based molds. Another objective is in using and optimizing bio-tech processes to directly recycle biomass by extracting and processing agricultural and forestry products.

Fibers, films and nonwovens

We have also enhanced special processes for producing fibers, films and nonwovens. In addition to viscose processes, environmentally-friendly alternatives such as Lyocell technology and the carbamate method are in the foreground when it comes to regenerated cellulose technologies. The Institute's experience in viscose technology enables it to answer questions about using raw materials, making detailed improvements and which are the ideal chemicals to use. Based on the environmentally-friendly Lyocell process, a blown-film extrusion process was developed that enables sausage casings, packaging materials and membranes to be produced. Cellulose fibers are perfect for non-woven fabrics because of their special properties. A Lyocell-based meltblown nonwoven technology was developed together with industrial partners until it was ready for transfer. Another very promising approach is based on highly-concentrated systems of cellulose

carbamate in NMMO/water or in ionic liquids, that approximates the desired result of the melting-like processing of cellulose. Processing meltable polymers, particularly meltable biopolymers, into fibers and, using meltblown-technology, into nonwovens, is another focus of our work that was expanded upon in the past few years.

"Biopolymers" research alliance

This research alliance is made up of scientific institutions (Fraunhofer IAP, the University of Kassel and the University of Clausthal) and 16 integrated industrial companies. Its goal is to sustainably develop, optimize and process natural base polymers for material manufacturing. The alliance is funded by FNR/BMELV. Key areas of research include:

- Using lignins in thermoset systems
- Improving material properties of bio-based polyamide
- Developing ionogenic additives for thermoplastic biopolymers
- Micro-foaming of hydrophobic starches
- Using polyvinyl acetate and its derivatives in cellulose fiber-reinforced bio-composites
- Increasing the thermostability of cellulose fibers

New bioplastics composites

The properties of PLA and PHA, such as low impact strength and heat resistance, are improved by compounding them with micro reinforcement fibers. The aim is to develop materials for glass fiber reinforced plastics and construction polymers using more resilient composites containing regenerated cellulose fibers. For starches and cellulose esters, the effects of nanoscale reinforcements, particularly nanoscale layered silicates, is being intensively investigated. Nanocomposites, among other things, have been developed based on starch mixed esters that generate both an increase in strength and e-modulus and a decrease in brittleness. With the appropriate nanofillers, cellulose acetates can be processed into very stiff and very stable injection-molded objects with excellent heat resistance without adding a plasticizer. This opens the door for their use in thermally-demanding applications.

MAVO “New sustainable processes for holistic usage and material development from lignocelluloses”

Decomposition methods for lignocellulose are being developed in a collaboration between the Fraunhofer Institutes IAP, IGB, ISI, UMSICHT and WKI. These methods incorporate synthesis and optimization of ionic liquids (IL). The process development for conversion into fibers and nonwovens and for modifying thermoplastically processable blends is done using the created polymer solutions. Creating monosaccharides using enzymatic and chemical hydrolysis is another focus of the work. Recycling the IL from the processing methods and determining economic and ecological impact are decisive when it comes to determining whether these findings can be applied to industrial applications.

Advances in polysaccharide chemistry

The heterogeneous and homogenic derivatization of celluloses, starches and other polysaccharides for creating customized product properties is an area in which a series of special products are being developed for various fields of application. Methods for producing pearl-shaped separating and carrier materials, new anti-graffiti coatings, thickeners, adsorbents and derivatives to be used in medicine were developed until they were ready for transfer. By creating specific substitution patterns, the property profile of the final product can be varied greatly. Work on new derivatives is usually coupled with the development of a process that extends up to plant scale (50L reactor). One of the junior research groups funded by the FNR/BMELV is studying synthesizing, processing and using micro and nano additives in thermoplastic starches and cellulose derivatives with the aim of producing alternative bio-based commodity, construction and functional materials with a wide range of properties.

Developing and optimizing starch products

In addition to physical, acid hydrolysis and enzymatic treatment of starches, chemical derivatization is becoming ever-more significant. Rheological properties, retrogradation and gel formation can be customized depending on the molecular make-up of the branched and linear macromolecules and oligomers. Starch esters can be used in a broad range of technical applications. Neutral, cationic, anionic or hydrophobic

substituents with DS values of 0.01 to around 1.5 are introduced with the reagents available. Cationic starches with low DS values between 0.01 and 0.1 are characterized by their adsorption power to paper fibers. For DS values ranging from 0.3 to 1.5, flocculation properties are generated with an increasing degree of substitution. In the FNR/BMELV paper association, development objectives are being pursued in close cooperation with PTS, Fraunhofer IAP and companies in the starch and paper industries, that not only improve the quality of various end products, but also take economic and ecological factors in the production process into consideration. Producing starch products with the power of forming transparent, flexible and tear-resistant layers for water-soluble and water-stable films is the aim of further projects.

Joint project LIGNOS “Biopolymer production using new biotech processes”

As part of a joint project, Fraunhofer IAP, the University of Potsdam and aevotis GmbH are developing sustainable biotech processes for separating and processing biopolymers into materials and special products made from renewable agricultural and forestry raw materials and from biomass waste products from established production processes in food production, the chemical industry and fuel production. A holistic creation of value that sensibly includes residual and side streams and eliminates the current disadvantages of residuals from biotech and chemical processes is the aim of using available biomass. In the medium and long term, innovative concepts in biochemical process technology are to be achieved so that a considerable amount of the polymers needed and the products made from these can be produced sustainably and without the need of petroleum.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Celluloseprodukte

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

Verfahrensentwicklung

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

Cellulosematerialien und Verfahrensentwicklung

Viskoseverfahren

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

Carbamatverfahren

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

Lyocell-Verfahren

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

Verformung und Fälen unter starker Scherung

- Adsorbentien
- Fibride
- Trenn- und Trägermaterialien

Thermoplastische Verformung und Verbundmaterialien

- Biokomposite
- cellulosefaserverstärkte Thermoplaste (www.neueverbundwerkstoffe.de)
- Compoundierung von Kompositmaterialien
- Nanokomposite mit Polysaccharidbasierter Matrix
- Polysaccharidblends und Hybridmaterialien

Cellulosische Verstärkungsfasern

- Cellulose regeneratfasern
- Mercerisierung von Naturfasern
- Naturfasern (Flachs, Hanf, Jute)

Stärkeprodukte

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

Verfahrensentwicklung

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

Rohstoffuntersuchung, Materialcharakterisierung und -prüfung

- Bestimmung der Emission flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) nach VDA 277
- Charakterisierung der Morphologie und der übermolekularen Struktur von Polymeren
- Charakterisierung von nativen und modifizierten Biopolymeren wie Cellulose, Stärke, Heteropolysacchariden, Chitosan, Lignin
- Charakterisierung von Polymerlösungen (Molmassenverteilung, Rheologie)

- Charakterisierung von Poren und inneren Oberflächen
- chemische Analyse organischer und anorganischer Substanzen und Substanzgemische
- chemisch-physikalische Charakterisierung von Polymeren
- einsatzorientierte Prüfung
- Materialprüfung von Fasern, Folien und Formkörpern
- Stofftransport- und Trenneigenschaften von Membranen und Trägermaterialien
- Substitutionsgrade und -muster von Polysacchariden (u. a. NMR)
- Zusammenhänge zwischen Herstellungsbedingungen, Strukturen und Eigenschaften

Kontakt Contact

Forschungsbereichsleiterin
Division director
Biopolymere
Biopolymers



Dr. Waltraud Vorwerg

Telefon +49 331 568-1609
Fax +49 331 568-2609
waltraud.vorwerg@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 Vorwerg

Telefon +49 331 568-1609
Fax +49 331 568-2609
waltraud.vorwerg@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

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

Process development

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

Cellulose materials and process development

Viscose technology

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

Carbamate technology

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

Lyocell technology

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

Shaping and precipitation in a strong shear field

- adsorbents
- fibrils
- separating agents and carrier materials

Thermoplastic molding and composite materials

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

Cellulose reinforcing fibers

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

Starch products

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

Process development

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

Feedstock analysis, material characterization and testing

- application-oriented testing
- characterization of native and modified biopolymers like cellulose, starch, heteropolysaccharides, chitosan, lignin
- characterization of polymer solutions (molecular mass distribution, rheology)
- characterization of pores and inner surfaces
- characterization of the morphology and the supramolecular structure of polymers

- chemical analysis of organic and inorganic substances and mixtures
- 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
- mass transport and separation properties of membranes and carrier materials
- material testing of fibers, films and molded parts
- relationships between production conditions, structures and properties



1 Sugar beet.

2 Comparison of the amount of residual materials of enzymatic degradation after different pretreatments of basic raw material.

3 Comparison of polyurethane hard foams, produced by using a polyol of hydrolyzate (dark) and a standard polyol of sorbitol (light).

Vom Rübenschnitzel zum Polyurethan-Hartschaum

Ziel der durchgeführten Arbeiten war es, eine die stoffliche Verwertung von Reststoffen der Zuckerproduktion unter Verwendung einfacher und kostengünstiger chemischer, thermomechanischer und enzymatischer Abbaufahren zu finden. Es sollte ein Material erhalten werden, das als Komponente zur Herstellung von Polyurethanschäumen (PUR) genutzt werden kann.

Die Rübenschnitzel (SBP – sugar beet pulp), bestehend vorwiegend aus Pektin, Cellulose und Hemicellulose, wurden auf verschiedenen Wegen (Säurehydrolyse, enzymatische Hydrolyse) bis zu monomeren Zuckern abgebaut. Dabei traten je nach Abbaumethode auch Cellulose, Oligomere und Abbauprodukte der Monomere im System auf.

Aus den Monomeren wurden Polyole synthetisiert, die anstelle von Sorbitol für die Polyurethanherstellung eingesetzt wurden. Es zeigte sich, dass auf diesem Wege eine Polyurethan-Hartschaumproduktion möglich war. Die erhaltenen Produkte unterscheiden sich in ihren Eigenschaften nur unwesentlich von den mit Sorbitol produzierten Schäumen. Lediglich die Farbe der neuen Produkte tendierte, bedingt durch farbintensive Monomerabbauprodukte, besonders bei der Säurehydrolyse, von Gelb bis Dunkelbraun. Die hellsten Produkte wurden mit Polyolen hergestellt, die aus Monomeren, erhalten durch enzymatischen Abbau gewonnen wurden. Der enzymatische Abbau der SBP erwies sich als die Methode, welche durch Einsatz unterschiedlicher Enzyme und Enzymgemische die höchsten Erträge an Zuckermonomeren erbrachte. Hier traten auch die wenigsten niedermolekularen Nebenprodukte auf. Parameter wie Temperatur, pH-Wert und Enzymsorte bzw. Enzymkonzentration lassen sich so variieren, dass bestimmte Zucker bevorzugt gebildet werden. Diese Methode lässt eine weitgehende Regulierung des Abbaus zu, was beim säurehydrolytischen Abbau kaum gegeben ist. Somit hat sich der enzymatische Abbau als die günstigste Methode zur Zucker- und Polyolherstellung erwiesen.

Generell ist eine Vorbehandlung oder Aktivierung der Struktur der eingesetzten Rohstoffe sinnvoll, da u. a. etwa 20 Prozent Cellulose in dem System vorliegt, die auch kristalline Bereiche enthält, die auf diesem Wege dem Abbau zugänglich gemacht werden. Es konnte gezeigt werden, dass sich dadurch die Umsetzung zu Monomeren verbessert und weniger Feststoff übrig bleibt (Fig. 2).

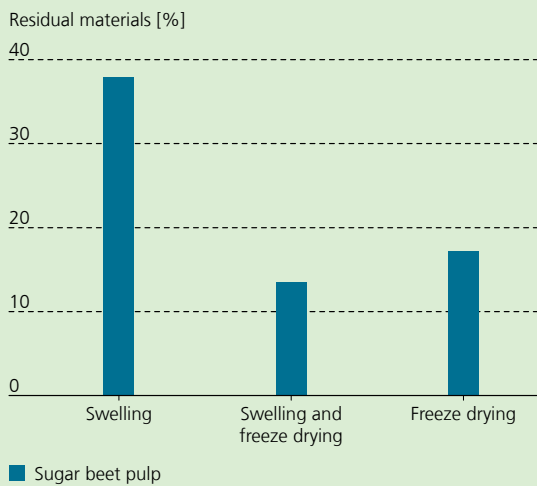
Durch eine feine Mahlung wird schon eine geringere Verbesserung, durch Quellung und Gefriertrocknung ein deutlich besserer Abbau erreicht. Kombiniert mit der Gefriertrocknung ist die Quellung die beste, im Verlauf der Untersuchungen gefundene, mechanische Vorbehandlungsmethode zum fast vollständigen Feststoffabbau.

Das Hauptziel der Untersuchungen war ein Totalabbau der SBP zu Einfachzuckern. Da aber oligomere Zucker durchaus stabilisierende Wirkung bei der Vernetzung in den PUR-Schäumen zeigen, ist auch eine Anpassung der Versuchsbedingungen an eine hohe Oligomer- oder Cellobioseausbeute von Interesse.

Literatur Literature

[1] Abschlussbericht zum FNR-Projekt: Zuckerrübenschnitzel als Rohstoff für Polyurethan-Hartschäume, FKZ 22010401

[2] M. Mai: Untersuchungen zur gezielten Hydrolyse und Derivatisierung von Polysacchariden, Dissertation, TU Dresden, (2010)



2



3

From sugar beet pulp to polyurethane hard foam

The aim of our work was to find a way to obtain a material which can be used in creating polyurethane foams (PUR) by recycling waste material from sugar beet production. This method was to combine chemical, thermo-mechanical and enzymatic mining methods that are easy and inexpensive.

Sugar beet pulp (SBP), predominantly comprised of pectin, cellulose and hemicellulose, was degraded in different ways (acidolysis, enzymatic hydrolysis) into sugar monomers. Depending on the mining method used, cellulose, oligomers and degradation products of sugar monomers also appeared in the system.

Polyols, synthesized from the monomers, were used instead of sorbitol in the production of polyurethane. This revealed that polyurethane hard foam could be produced in this way. The new products differ marginally in their properties to the products made with sorbitol. Only the color of the new products show a tendency to range from yellow to dark brown due to the intensively-colored hydrolysis products of sugar monomers, especially acidolysis. Lightly-colored products were the result of using polyols which were produced from monomers obtained through enzymatic degradation. Enzymatic degradation of SBP proved to be a method which provided the highest yields of sugar monomers by using different enzymes or mixtures of enzymes. Here the smallest amounts of low-molecular byproducts were found. Specific sugars were preferentially produced by varying parameters such as temperature, pH-value, the kind of enzyme and concentration of enzyme. This method allowed degradation to be extensively regulated in contrast to acidolysis. Therefore enzymatic degradation was proven to be the best method in sugar and polyol production.

Generally a pretreatment or activation of the structure of the raw materials is wise since the approximately 20 percent cellulose in this system contains crystalline regions which can be made accessible for degradation in this way. It was found that this resulted in an improvement in the degradation to monomers and residual material was reduced (Fig. 2).

Fine milling resulted in little improvement, however swelling and freeze drying brought about a clearly better degradation. Investigations found that combining swelling and freeze drying was the best mechanical pretreatment method for complete degradation of the solid.

The main aim of the research was a total degradation of SBP to sugar monomers. Since oligomer sugars are shown to have stabilizing effects in crosslinking in the PUR foams, it is of interest to adapt test conditions in order to achieve a high rate of oligomer and cellobiose yield.

Kontakt Contact



Dr. Carola Fanter

Telefon +49 331 568-1515
 Fax +49 331 568-2515
 carola.fanter@iap.fraunhofer.de

Dr. Bert Volkert

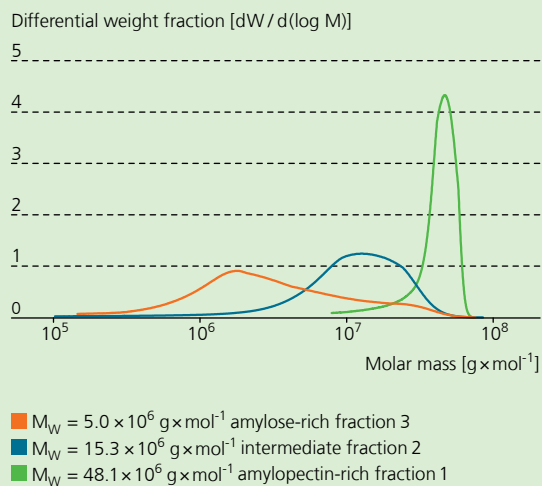
Telefon +49 331 568-1516
 Fax +49 331 568-2616
 bert.volkert@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV
- Fachagentur für Nachhaltige Rohstoffe e.V.

Kooperation Collaboration

- Dow Deutschland, Rheinmünster



1

1 Molar mass distribution of the three molar mass fractions of the cationic starch derivative SL 0.03 characterized by GPC-MALLS.

2 Bar graph showing the mass-specific charge of the cationic starch derivative fractions from the slurry and semi dry process.

3 Scanning electron micrograph of SL 0.10 and of D 0.10.

Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von kationischen Stärkederivaten

Bei der Herstellung von kationischen Stärkeethern für die Anwendung in der Nasspartie einer Papiermaschine werden unterschiedliche Verfahrensprinzipien genutzt. Während im Semitrockenverfahren (D) das Kationisierungsreagenz direkt auf die native Stärke gesprüht wird, findet die Modifizierung im Slurryverfahren (SL) in wässriger Suspension mit einem Quellungsinhibitor statt. Das Veretherungsverfahren bestimmt sowohl die Struktur der kationischen Stärke als auch die physikalisch-chemischen Eigenschaften und die Wirkung in der Papieranwendung. Dies wird am Beispiel der Substituentenverteilung gezeigt.

Zur Untersuchung kationischer Stärkeether aus beiden Verfahren wurden mittels semi-präparativer Gelpermeations-Chromatographie (GPC) eine amylopektinreiche (F1), eine Übergangs- (F2) und eine amylosereiche (F3) Fraktion gewonnen. Da die mittleren Molmassen M_w der Stärkeether mit unterschiedlichem Substitutionsgrad (DS) aus den beiden Verfahren ähnlich waren, wurde auch M_w der Fraktionen aus vergleichbaren GPC-Schnitten nicht durch den DS oder das Kationisierungsverfahren beeinflusst. Für das hochverzweigte Amylopektin in F1 war M_w etwa eine Größenordnung höher, als bei der überwiegend linearen Amylose in F3. Dies zeigen die Molmassenverteilungen der Fraktionen am Beispiel eines Musters aus dem Slurryverfahren (Fig. 1).

Die mit dem DS korrespondierende massenspezifische Ladung der Fraktionen wurde in Fig. 2 dargestellt. Die Heterogenität der Ladungsverteilung nahm mit zunehmendem DS der Muster ab. Bei niedrigem DS bis zu 0,03 war bei beiden Verfahren die amylopektinreiche Fraktion signifikant höher substituiert als die amylosereiche Fraktion. Erkenntnisse der Literatur bestätigen, dass im Slurry zunächst die überwiegend amorphen Regionen des Stärkekorns reagieren. Mit zunehmendem DS verringerten sich die Unterschiede bei der Derivatisierung von Amylopektin und Amylose, sodass die Derivate SL 0,13 und D 0,10 keinen signifikanten Unterschied mehr zwischen dem DS von F1 und F3 aufwiesen.

Der Vergleich der kationischen Stärkeether aus beiden Verfahren mit jeweils gleichem DS führte zu der Schlussfolgerung, dass die Substituentenverteilung der Derivate aus dem Slurryprozess heterogener war, als nach dem Semitrockenverfahren. Bei DS 0,10 war die Fraktion SL-F1 signifikant höher substituiert als SL-F2 und SL-F3, während D-F1 und D-F3 sich nicht unterschieden. Die Ursache hierfür ist in den Verfahrensbedingungen zu finden. Im Slurry wurde mit einem Quellungsinhibitor gearbeitet, sodass die Stärkekornstruktur erhalten blieb und die Zugänglichkeit des Reagenzes zu deren inneren Bereichen vermindert war. Bei der Trockenkationisierung wurden insbesondere bei der Derivatisierung zu hohem DS Teile der Stärkekornstruktur zerstört, wodurch das ganze Stärkekorn für die Veretherung zugänglich war (Fig. 3).

Die unterschiedliche Substituentenverteilung der Derivate spiegelte sich in den Wechselwirkungseigenschaften mit Cellulosefasern und dadurch bedingt in unterschiedlichen Festigkeiten bei der Herstellung von Papier wider [2, 3].

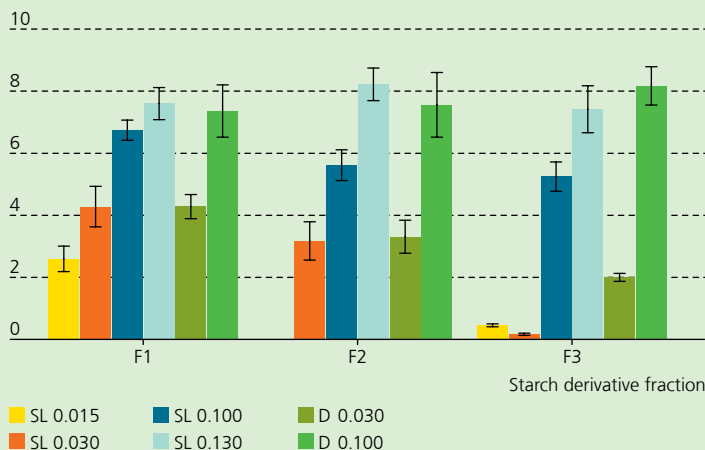
Literatur Literature

[1] S. Radosta, M. Ulbrich, W. Vorwerk: *Determination of the mass-specific distribution of the substituents in cationic starch*, *Starch/Stärke* 62, p.294-301 (2010)

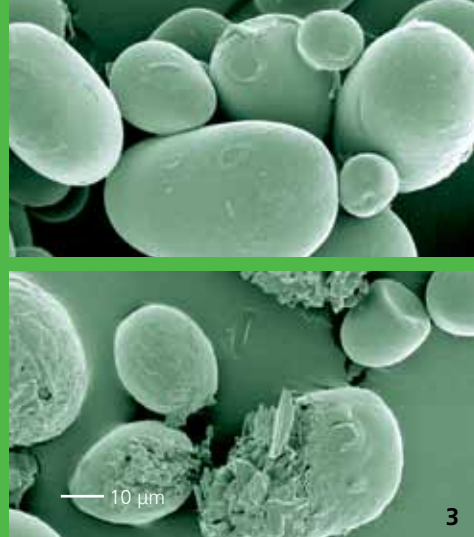
[2] *Einfluss unterschiedlicher verfahrenstechnischer Bedingungen bei der Herstellung kationischer Stärken auf deren Eigenschaften und ihre Auswirkungen auf relevante Prozess- und Qualitätsparameter bei der Herstellung von Papier*, FNR-Forschungsbericht, FKZ 22008304 (2007)

[3] M. Ulbrich: *Untersuchung der Wechselwirkung kationischer Stärkederivate mit einem Cellulosefaserstoff*, Ph. D. Thesis, TU Berlin, D83, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:83-opus-17279>, Berlin (2007)

Mass specific charge [$10^{20}g^{-1}$]



2



3

Structure-property relationships of cationic starch derivatives

Cationic starch ethers used in the wet end of a paper machine can be produced through different processes. In the semidry process (D) the cationic reagent is sprayed directly onto the starch powder. In the slurry process (SL) cationization takes place in the starch water slurry. The process conditions determine the structure of the cationic starch derivatives as well as their physical, chemical and application properties. This will be shown using substituent distribution as an example.

To investigate the cationic starch ethers from both processes, an amylopectin-rich (F1), intermediate (F2) and amylose-rich (F3) fraction were produced using semi-preparative gel permeation chromatography. Since the M_w values of the parent starch derivatives from both processes with different degrees of substitution (DS) were in a similar range, the M_w values of the fractions from comparable semi-preparative GPC cuts were not influenced by the DS or by the cationization process. The highly branched amylopectin in the F1 fraction had an M_w that was one order of magnitude higher than the predominantly linear amylose in the F3 fraction. This was shown by the molar mass distribution curves of a cationic starch derivative from the slurry process (Fig. 1).

The mass specific charge of the fractions corresponding to the DS value was plotted in Fig. 2. The heterogeneity of the charge distribution decreased with increasing DS of the samples. At low DS values of up to 0.03, the amylopectin was significantly more highly substituted than the amylose for samples from the slurry and semidry cationization. Literature findings confirm that cationic slurry modification of potato starch occurred predominantly in the amorphous regions of the starch granule. With increasing DS, the differences in the derivatization of amylopectin and amylose diminished so that the derivatives SL0.13 and D0.10 showed no significant differences in the DS value between the F1 and F3 fractions.

The comparison of the cationic starch ethers of both processes with identical DS led to the conclusion that the substituent distribution of the derivatives from the slurry process was more heterogeneous than for the derivatives of the semidry process. For DS 0.10 the fraction SL-F1 was substituted significantly higher than SL-F2 and SL-F3 while the DS of D-F1 and D-F3 was identical. The reason for this behavior can be found in the process conditions. A swelling inhibitor was used in the slurry process to prevent starch granular swelling and to reduce accessibility to the inner part of the starch granule. In dry cationization, some of the granules were destroyed during the derivatization process, which allowed accessibility to all parts of the granule (Fig. 3).

The different substituent distribution of the derivatives was reflected in varying interaction properties with cellulose fibers and thus in different paper strength [2,3].

Kontakt Contact



Dr. Sylvia Radosta

Telefon +49 331 568-1608

Fax +49 331 568-3116

sylvia.radosta@iap.fraunhofer.de

Dr. Waltraud Vorweg

Telefon +49 331 568-1609

Fax +49 331 568-3116

waltraud.vorweg@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

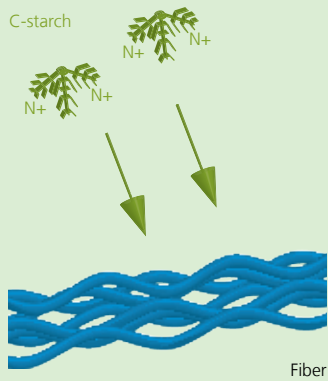
– Fachagentur für Nachwuchsende Rohstoffe e.V.

– Unternehmen der Stärke- und Papierindustrie

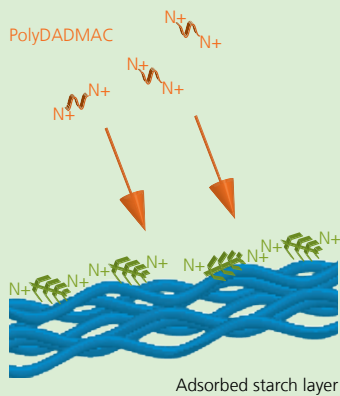
Kooperation Collaboration

– Papiertechnische Stiftung, Heidenau

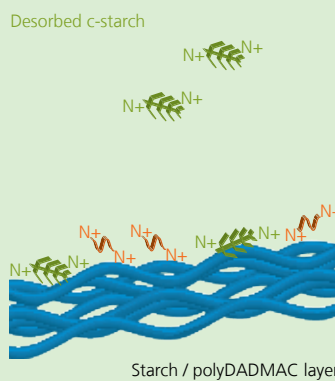
1. Starch adsorption



2. PolyDADMAC adsorption



3. Finished adsorption



1 Competition between cationic starch and polyDADMAC during fiber adsorption.

2 Bursting strength and amount of starch adsorbed as a result of the dosage order.

3 Turbidity measurements of cationic potato and cornstarch (0.02 percent solution) with rising amount of lignosulfonate.

1

Stärke-Additiv-Wechselwirkungen in der Papierherstellung

Kationische Stärkeether werden in der Nasspartie der Papiermaschine der wässrigen Zellstoff-suspension zugesetzt, um die Trockenfestigkeit des Papiers zu verbessern und die Retention von Fasern und Feinstoffen zu erhöhen. Abhängig von der Rohstoff- und Wasserqualität sowie von den Eigenschaften des gewünschten Papierproduktes ist es notwendig, weitere chemische Additive in der Nasspartie einzusetzen. In einem FNR geförderten Projekt wurden die Einflüsse zusätzlicher kationischer Additive auf das Adsorptionsverhalten der Stärkederivate und die resultierenden Papiereigenschaften untersucht. Der Effekt von Stärkeart und Substitutionsgrad (DS) in Kombination mit verschiedenen synthetischen, kationischen Polymeren auf die Adsorption an der Cellulosefaser und das Flockungsverhalten mit anionischen Störstoffen war Gegenstand der Untersuchungen.

Die Bestimmung der Adsorptionsmengen erfolgte indirekt über die Quantifizierung der nicht adsorbierten Polymere in der Fasersuspension mittels GPC-MALLS [1]. Mittels Trübungs- und Partikelanalysenmethoden wurden Symples- und Flockenbildungen untersucht, die aufgrund elektrostatischer Wechselwirkungen zwischen kationischer Stärke und anionischen Störstoffen auftraten.

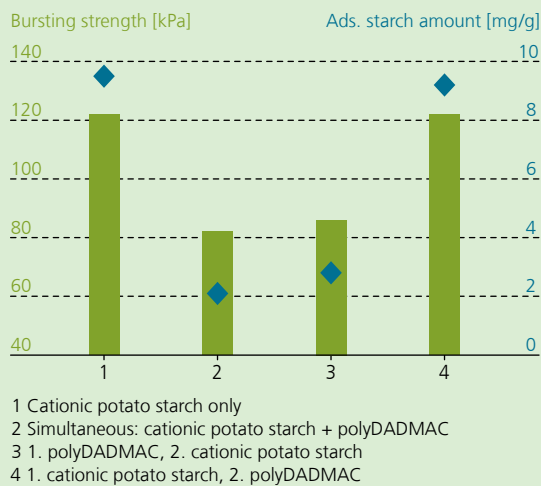
Grundsätzlich verringerte die Anwesenheit eines synthetischen Polymers die Stärkeadsorption deutlich (Fig. 1). Besonders ausgeprägt war dieser Einfluss durch Polymere mit hoher Ladungsdichte wie PolyDADMAC. Die Konkurrenzsituation bei der Oberflächenadsorption konnte vermindert werden, indem PolyDADMAC (mit vergleichsweise kleiner Molmasse ($M_w < 100$ kDa) verwendet wurde. Die Stärkezugabe vor dem synthetischen Polymer konnte dessen negativen Einfluss ebenfalls effektiv minimieren. Die adsorbierte Stärkemenge korrelierte gut mit den Festigkeiten von Laborblättern (Fig. 2). Der Vergleich von kationischer Kartoffelstärke mit unterschiedlichen DS-Werten und verschiedener Stärkearten zeigte, dass die Kartoffelstärke mit einem $DS=0,065$ von der Anwesenheit der synthetischen Polymere am geringsten beeinflusst wurde.

Anionische Störstoffe wie beispielsweise Ligninsulfonat können die Wirkung der kationischen Papierhilfsmittel beeinflussen. Durch Trübungsuntersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Kartoffelstärkederivate eine stärkere Flockenbildung mit Ligninsulfonat bewirkten als die Maisstärkederivate (Fig. 3). Dies ist auf eine höhere Anzahl und größere Dimension der gebildeten Flocken mit den Kartoffelstärkederivaten zurückzuführen. Dieser Unterschied bei der Flockung erzeugte bei der Blattbildung eine stärkere Abnahme des Weißgrades.

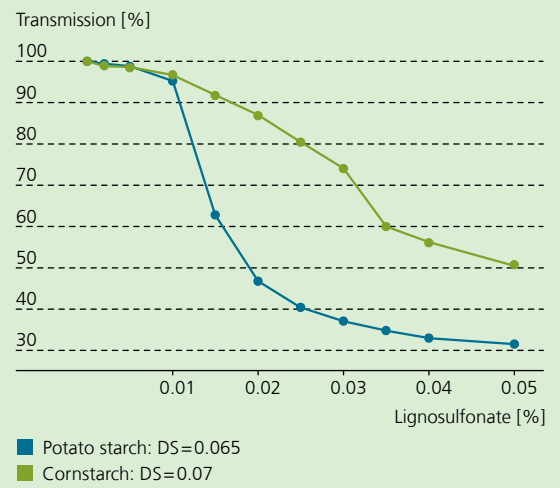
Die verwendeten Methoden bieten die Möglichkeit, spezifische Wechselwirkungen in unterschiedlichen Komponentensystemen zu bewerten. Da jede Papierfabrik andere Stoffsysteme und Papiermaschinen verwendet, ist es nicht möglich, eine universelle Dosierempfehlung aus diesen Untersuchungen herzuleiten. Es besteht jedoch die Möglichkeit, individuelle Faktoren zu untersuchen und somit die Auswahl der Additive zu erleichtern.

Literatur Literature

[1] M. Ulbrich, S. Radosta, W. Vorweg: *Method for quantitative and molecular characterisation of adsorbed starch polysaccharides on a papermaking pulp by SEC-MALLS measurements and correlation with paper strength*, Starch 61, p. 311-320 (2009)



2



3

Starch-additive interactions during paper production

Cationic starch ethers are applied to the aqueous fiber suspension in the wet end of the paper machine in order to increase the dry strength of the paper and to increase the retention of fines and fibers. More chemical additives must be added to the wet end depending on the raw material, the water quality and the desired paper product. The influence of additional cationic additives on the adsorption behavior of cationic starch derivatives and the resulting paper properties were investigated in a project funded by FNR. The aim of the investigation was to establish the effect that the type of starch and the degree of substitution (DS), in combination with different synthetic cationic polymers, has on the adsorption on the cellulose fibers and the flocculation behavior with anionic trash.

The amount absorbed was determined indirectly by quantifying the polymers which were not adsorbed in the fiber suspension using GPC-MALLS [1]. Simplex and floc formation, occurring because of electrostatic interaction between cationic starch and anionic trash, was investigated using turbidity and particle analysis.

In general, the presence of synthetic polymers significantly decreased starch adsorption (Fig. 1). This effect was especially pronounced when polymers with high cationic surface charge, like polyDADMAC, were applied to the fiber suspension. Competition during surface adsorption could be minimized when polyDADMAC was used that had a comparatively low molecular weight ($M_w < 100$ kDa). Adding the starch before the synthetic polymer also decreased its negative effect. The amount of adsorbed starch correlated well with the dry strength of the handsheets that were produced (Fig. 2). A comparison of cationic potato starches with different DS and different types of starch revealed that the potato starch with DS=0.065 was least affected by the presence of the synthetic polymers.

Anionic trash, like lignosulfonate, can affect the value of cationic additives. Turbidity measurements showed that cationic potato starches produced a stronger floc formation with lignosulfonate than cationic cornstarch (Fig. 3). This was because cationic potato starches produced more and larger flocs. This difference was the reason for a greater decrease in whiteness after sheet formation.

The methods used provide the possibility of evaluating specific interactions in different multi-component systems. But because every paper mill has a different material composition and paper machine, it is not possible to make a universal dosage recommendation based on these investigations. However, it is possible to analyze individual factors and thus makes it easier to decide how to apply these additives.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. (FH) Henrik Petersen
 Telefon +49 331 568-1714
 Fax +49 331 568-3000
 henrik.petersen@iap.fraunhofer.de

Dr. Sylvia Radosta
 Telefon +49 331 568-1608
 Fax +49 331 568-3116
 sylvia.radosta@iap.fraunhofer.de

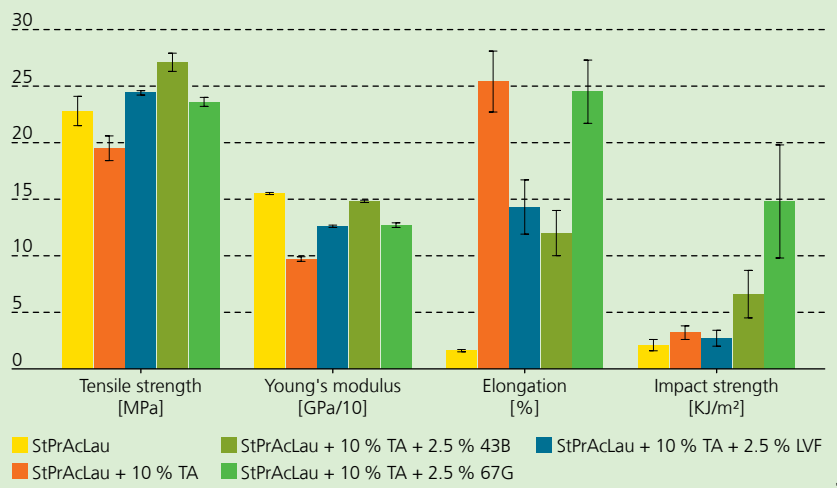
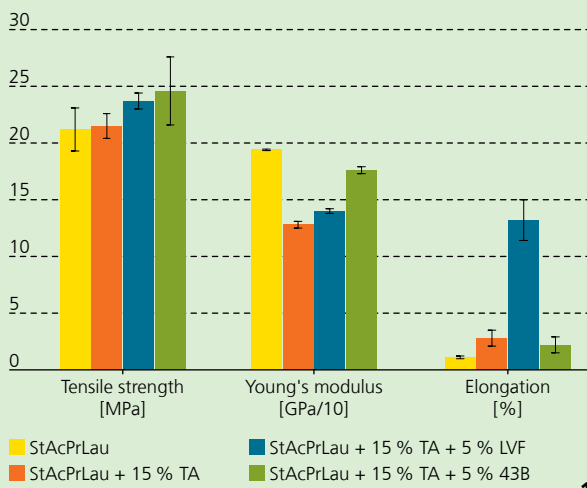
Dr. Waltraud Vorwerg
 Telefon +49 331 568-1609
 Fax +49 331 568-2609
 waltraud.vorwerg@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Fachagentur für Nachwuchsende Rohstoffe e.V.
- Unternehmen der Stärke- und Papierindustrie

Kooperation Collaboration

- Papiertechnische Stiftung, Heidenau



Thermoplastische Stärke-Nanokomposite

Produkte aus plastifizierter nativer Stärke haben eine geringe Feuchtebeständigkeit und neigen zur Versprödung bei geringer Luftfeuchtigkeit. Eine Veresterung der Hydroxylgruppen der Stärke und die damit verbundene Verringerung der Hydrophilie können hier Abhilfe schaffen. Unter den verschiedenen Estergruppen hat das Acetat breite Anwendung bei der Stärkemodifizierung gefunden. Höhere Ester wie Propionat und Butyrat lassen jedoch wegen der längeren Seitenketten eine bessere Verarbeitbarkeit und verbesserte mechanische Eigenschaften erwarten. Darüber hinaus hat die Verstärkung von Polymeren mit nanoskaligen Schichtsilikaten (Nanoclays) als eine Möglichkeit zur Verbesserung der mechanischen, thermo-mechanischen und Barriereigenschaften, in den letzten Jahren große Beachtung gefunden.

Ausgehend von hochamyloser Maisstärke (50 Prozent Amylose) wurden im Fraunhofer IAP Stärkemischester mit Acetat-, Propionat- und Lauratgruppen verschiedener Anteile synthetisiert [2]. Insbesondere acetatreiche Mischester (StAcPrLau) mit Substitutionsgraden (DS) von $DS_{Ac} = 2,27$, $DS_{Prop} = 0,63$ und $DS_{Lau} = 0,1$ und propionatreiche Ester (StPrAcLau) mit $DS_{Ac} = 0,59$, $DS_{Prop} = 2,31$ und $DS_{Lau} = 0,1$ wurden mit dem neuartigen Verfahren hergestellt. Unter Zugabe eines gebräuchlichen Weichmachers (Triacetin, TA) wurden Nanokomposite mit kommerziell verfügbaren Nanoclays (Laviosa S.p.A., Italien) mittels Extrusion und anschließendem Spritzguss hergestellt und die resultierenden mechanischen Eigenschaften untersucht.

Acetatreiche Nanokomposite

Ausgewählte mechanische Eigenschaften von StAcPrLau als Funktion des Weichmachergehalts und des Nanoclay-Typs sind in Fig. 1 dargestellt. Im Gegensatz zu reinem Stärkeacetat zeigt StAcPrLau eine bessere Verarbeitbarkeit und ist sogar ohne Weichmacher thermoplastisch verformbar. Mit 15 Prozent Weichmacher bewegen sich Zugfestigkeit und E-Modul in der Größenordnung typischer Massenpolymere wie PP und PE. Die Bruchdehnung ist jedoch gering und zeigt die Sprödigkeit des Materials. Unerwarteterweise vergrößert das Hinzufügen von fünf Prozent unmodifiziertem Nanoclay nicht nur Zugfestigkeit und E-Modul, sondern verbessert auch die Bruchdehnung auf etwa 15 Prozent.

Propionatreiche Nanokomposite

Nur 10 Gewichtprozent Weichmacher führen zu einer bemerkenswerten Verbesserung in der Bruchdehnung auf 25 Prozent (Fig. 2). Die Schlagzähigkeit bleibt jedoch gering, d. h. bei schlagartiger Beanspruchung und der damit verbundenen hohen Dehnrates kann trotz des Weichmachers nur wenig Bruchenergie absorbiert werden. Das Hinzufügen von wenigen Prozent (2,5 Gewichtprozent) eines bestimmten organisch modifizierten Nanoclays führt hingegen zu einer Verfünfachung der Schlagzähigkeit und einer entsprechenden Reduktion der Sprödigkeit. Die zumindest teilweise Exfolierung und die gute Dispergierung des Nanoclays sind in der transmissions-elektronenmikroskopischen Aufnahme [4] in Fig. 3 deutlich zu sehen. Hochsubstituierte Stärkemischester in geeigneter Formulierung bieten demnach die Möglichkeit, ölbasierte Massenkunststoffe in einer Reihe von Anwendungen zu substituieren.

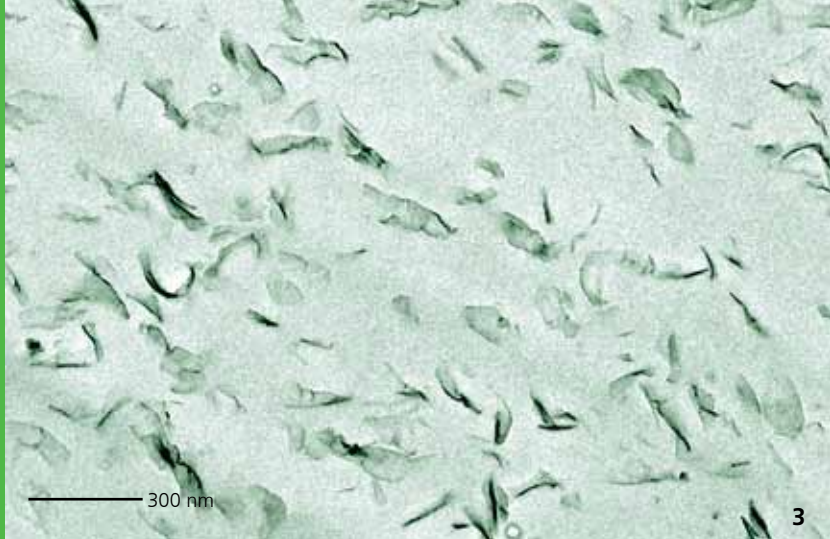
Literatur Literature

- [1] B. Volkert, A. Lehmann, J. Ganster, M. Hassan Nejad, H. Wetzel: *Comparison of different synthesis routes of starch acetates and resulting thermoplastic properties*, Carbohydrate Polymers 79(3), p. 571-577 (2010)
- [2] A. Lehmann, B. Volkert, M. Hassan Nejad, T. Greco, H.-P. Fink: *Synthesis of thermoplastic starch mixed esters catalysed by the in situ generation of imidazolium salts*, Green Chemistry 12, p. 2164-2171 (2010)
- [3] M. Hassan Nejad, J. Ganster, B. Volkert: *Starch esters with improved mechanical properties through melt compounding with nanoclays*, J. Appl. Polymer. Sci. 18(1), p. 503-510 (2010)
- [4] M. Hassan Nejad, J. Ganster, A. Bohn, B. Volkert, A. Lehmann: *Nanocomposites of starch mixed esters and MMT: improved strength, stiffness, and toughness for starch propionate acetate laurate*, Carbohydrate Polymers, in press (2011)

1 Mechanical properties of StAcPrLau nanocomposites.

2 Mechanical properties of StPrAcLau nanocomposites.

3 TEM micrograph of StPrAcLau/Dellite 67G nanocomposite.



Thermoplastic starch nanocomposites

Products made from plasticized native starch suffer from brittleness and lack of moisture resistance. Esterification of hydroxyl groups of starch to increase hydrophobicity is one approach toward improving their water resistance. Among different ester groups, acetate has been widely used to modify starch [1]. Nevertheless, higher esters like propionate and butyrate promise to achieve better processing and mechanical properties compared to starch acetate because of their longer side chains. Nowadays, the reinforcement of polymers with nanoclays has attracted much attention as a means of improving the mechanical, thermo-mechanical and barrier properties.

This project funded by the Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe aims to develop new bio-based polymers from modified polysaccharides. Starch mixed esters with acetate, propionate and laurate groups of varying proportions have been synthesized in the Institute from high amylose (50 mass percent) cornstarch [2]. The degrees of substitution (DS) for the acetate rich ester (StAcPrLau) were $DS_{Ac}=2.27$, $DS_{Prop}=0.63$ and $DS_{Lau}=0.1$ respectively, whereas for the propionate rich one (StPrAcLau), they were $DS_{Ac}=0.59$, $DS_{Prop}=2.31$ and $DS_{Lau}=0.1$. The effect of incorporating a customary plasticizer i.e. glycerol triacetate (triacetin, TA) and commercially available nanoclays (Laviosa S.p.A., Italy) was investigated. Extrusion was performed employing a twin screw extruder (Haake Co., Germany). Injection molded Charpy impact test bars and dog bone-shaped specimens (Haake mini-jet) were tested for unnotched Charpy impact strength, tensile strength, Young's modulus, and elongation at break at 23 °C and 50 percent relative humidity.

Acetate-rich nanocomposites

The mechanical properties of StAcPrLau as a function of plasticizer content and nanoclay type are presented in Fig. 1. In contrast to pure starch acetate [3], StAcPrLau results in better processability even without a plasticizer. As can be seen from Fig. 1 tensile strength and Young's modulus of StAcPrLau with 15 mass percent plasticizer are in the range of some grades of commodity polymers, i. e. PP and PE. But elongation at break is still low, indicating a brittle material. Unexpectedly, adding just five mass percent of unmodified clay not only increases the tensile strength and Young's modulus, but also improves the elongation to approximately 15 percent.

Propionate rich nanocomposites

As can be seen from Fig. 2, the plasticizer has a stronger effect on the elongation of StPrAcLau than in the acetate-rich case. Incorporating 10 mass percent of plasticizer led to a considerable improvement in elongation (25 percent). However, Charpy impact strength is still low, i. e. this plasticized starch mixed ester cannot absorb high amounts of energy in this fast loading regime. Adding a few percent (just 2.5 mass percent) of a certain organo-modified nanoclay led to a five-fold increase in unnotched Charpy impact strength and to a considerable reduction in the brittleness of the material. The, at least, partial exfoliation and fine dispersion of the clay tactoids is shown in the TEM micrograph of Fig. 3 [4]. Starch mixed esters have enough potential to compete with conventional oil-based commodity polymers. Nanoclays further improve the properties, opening up new fields of application.

Kontakt Contact



Dr.-Ing. Mehdi Hassan Nejad

Telefon +49 331 568-1826

Fax +49 331 568-3000

mehdi.hassan.nejad@iap.fraunhofer.de

Dr. Johannes Ganster

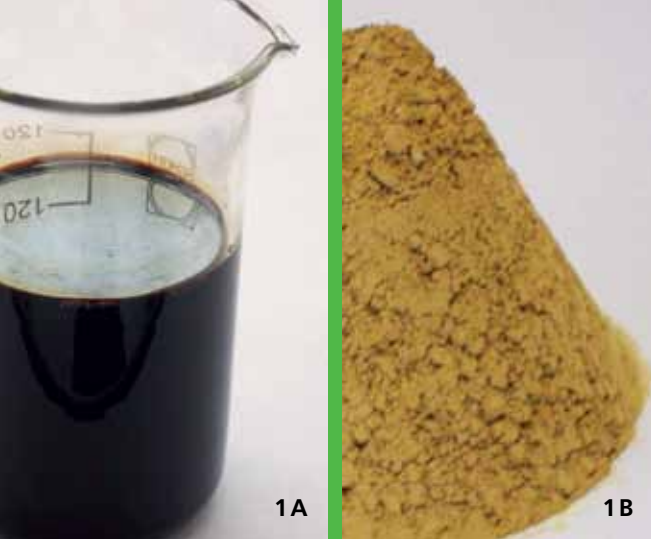
Telefon +49 331 568-1706

Fax +49 331 568-2565

johannes.ganster@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V., im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV, FKZ 22028705



1 Lignin (B), isolated from black liquor (A).

2 Change in mechanical data by using bio-based co-components in lignin-based epoxy resins.

3 Influence of the bio-based co-component on the results of bending tests of uni-directional composites prepared with cellulose fibers.

Lignin als Komponente für »grüne« Epoxidharze

Lignin, ein Nebenprodukt der Zellstoffgewinnung, erfährt als biobasierte Komponente im Bereich Materialentwicklung seit einigen Jahren wachsendes Interesse [1]. Das ist in erster Linie auf technische Weiterentwicklungen in der Ligningewinnung zurückzuführen, die insbesondere schwefelfreie Lignine in Aussicht stellen [2]. Diese könnten den Ligninmarkt wesentlich bereichern, der bisher hauptsächlich schwefelhaltige Lignine aus Sulfit- bzw. Sulfat-Prozessen anbietet.

Bedingt durch die typischen Ligninstrukturen, die sich in hohem Maße durch Verzweigungen ihrer aromatischen Monomerbausteine bis hin zu Vernetzungen auszeichnen, gelten potenzielle Ligninanwendungen im Bereich Duromerentwicklung als bevorzugt. Ungeachtet dessen hat jedoch die thermoplastische Verarbeitung von Lignin kommerziell Eingang in die Produktentwicklung gefunden [3].

Bei den klassischen Formaldehydharzen mit Basiskomponenten wie Phenol, Harnstoff bzw. Melamin stellt insbesondere die partielle Substitution von Phenol durch Lignin aufgrund derzeitiger Phenolpreise eine ökonomisch attraktive Variante dar [4]. Eine zweite Herausforderung ist nach wie vor die Substitution von Formaldehyd durch geeignete Vernetzer. Epoxid-, PU-, UP- sowie Acrylharze gehören zu einer weiteren Gruppe von Harzen, deren Rezepturen ohne Wasser zubereitet werden. Die Anforderungen an Lignin für solche Harztypen sind wesentlich anspruchsvoller.

In einem von der FNR geförderten Projekt wird die Entwicklung ligninhaltiger Epoxidharzrezepturen mit einem möglichst hohen Gehalt an biobasierten Komponenten untersucht. Lignin dient als Vernetzer multifunktionaler Glycidylether, die sich wiederum von biobasierten Substanzen ableiten. Die Verarbeitung solcher Harze mit diversen biobasierten Fasern durch Heißpressen oder Harzinjektionsverfahren stellt vollständig biobasierte Komposite in Aussicht. Das dafür benötigte Lignin ist aus einheimischer Schwarzlauge sicherzustellen (Fig. 1).

In Abhängigkeit der Prozessführung lassen sich Lignine optimaler Molekulargewichte gewinnen. Die Kombination solcher Lignine mit geeigneten Epoxidharzbildnern erlaubt durchaus Ligningehalte im Bereich zwischen 40-50 Gewichtsprozent, wobei die Harzverarbeitung dann wesentlich durch das Fließverhalten geprägt wird. Als ein Lösungsansatz gilt die Kombination von Lignin mit niedermolekularen, biobasierten Co-Komponenten. Neben einer effektiveren Harzverarbeitung resultiert daraus ein beträchtlicher Zugewinn in den mechanischen Kennwerten der Duromere (Fig. 2).

Die Verarbeitung von Cellulose-Regeneratfasern mit Epoxidharzen variierender Anteile an Lignin und Co-Komponenten führt zu unidirektionalen Kompositen mit Biegefestigkeiten im Bereich zwischen 130-210 MPa, die Steifigkeitswerte liegen bei etwa 6700-12 500 MPa (Fig. 3).

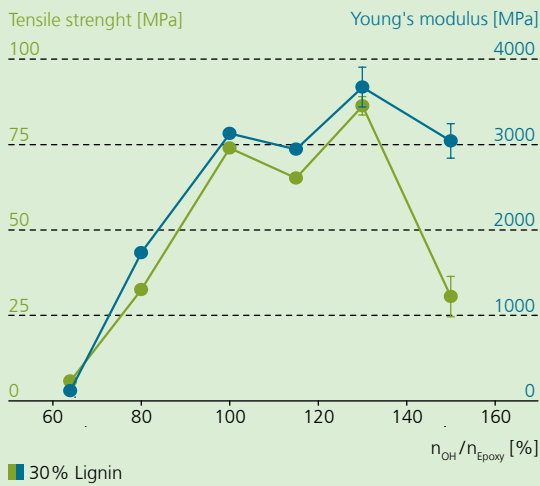
Literatur Literature

[1] FNR: *Stoffliche Nutzung von Lignin*, Gülzower Fachgespräche Bd. 31 (2009)

[2] B. Saake, R. Lehnen: *Lignin*, in Ullmann, Wiley-VCH Verlag, Weinheim (2007)

[3] <http://www.tecnaro.de/deutsch/arboform.htm>

[4] E. Fliedner, W. Heep, H. W. G. v. Herwijnen: *Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Bindemitteln für Holzwerkstoffe*, CIT 82, p. 1161-1168 (2010)



2

n_{OH}/n_{Epoxy} [%]	Fiber [Vol-%]	σ_B [MPa]	E_B [MPa]	ϵ_B [%]
0	52	128±5	6700±230	3.50±0.18
115	56	180±18	10,500±980	3.30±0.22
130	55	208±11	12,500±520	3.20±0.60

3

Lignin as a component for "green" epoxy resins

In recent years, lignin, a by-product of cellulose pulping, has received increased attention as a bio-based component for materials development [1]. This trend is based on technical advancements made in producing sulfur-free lignins [2]. Such lignins enrich the lignin market which presently offers lignins containing sulfur that are produced using sulfite and sulfate processes.

Due to the typical lignin structures, which are characterized by the branching and partial cross-linking of its aromatic monomers, potential applications for such lignins are in the field of thermosets. Despite this, thermoplastic processing of lignin has begun in the area of material design and product development [3].

In the field of conventional formaldehyde resins derived from phenol, urea or melamine, partially substituting phenol with lignin is of economic interest due to the current prices of phenol [4]. A second challenge still remains: to substitute formaldehyde with convenient cross-linking agents. Epoxy, PU, UP and acrylic resins are a further group of resins which are prepared without water. The requirements for lignin in such types of resins are substantially higher.

A project sponsored by the Agricultural Ministry is studying the development of lignin-based epoxy resins with a preferably high content of "green" components. Lignin acts as a cross-linker for multifunctional glycidyl ethers, derivatives of bio-based substances. The manufacturing of such resins with different bio-based fibers by hot pressing or resin-transfer-molding leads to completely bio-based composites. The lignin has to be isolated from the black liquor of domestic wood pulping (Fig. 1).

Under certain process conditions, lignins with optimal average molecular weights can be isolated. By combining such lignins with suitable glycidyl ethers, epoxy resins with a lignin content of between 40-50 percent are possible. However, the processing of the resins is then restricted by their limited flowability. A solution to this problem is offered by combining lignin with low-molecular bio-based components. Besides being able to more effectively process such resins, there are also drastic improvements in the mechanical parameters of the resulting thermosets (Fig. 2).

The processing of regenerated cellulosic fibers with epoxy resins made of variable content of lignin and co-components gives rise to unidirectional composites with bending strengths of between 130-210 MPa. Stiffness ranges between 6700-12,500 MPa (Fig. 3).

Kontakt Contact



Dr. Gunnar Engelmann

Telefon +49 331 568-1210

Fax +49 331 568-3000

gunnar.engelmann@iap.fraunhofer.de

Dr. Johannes Ganster

Telefon +49 331 568-1706

Fax +49 331 568-2565

johannes.ganster@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV
- Fachagentur für Nachwuchsende Rohstoffe e.V., FKZ 22025808

Kooperation Collaboration

- Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal GmbH
- RASCHIG GmbH
- Alfred Pracht Lichttechnik GmbH
- Universität Kassel

FUNKTIONALE POLYMERSYSTEME

FUNCTIONAL POLYMER SYSTEMS

- 52 Solarzellen mit gedruckten Polymerschichten**
Solar cells with inkjet-printed polymer layers
- 54 Aus Lösungen prozessierbare Transistoren auf flexiblen Substraten**
Solution processable transistors on flexible substrates
- 56 Gedruckte Oberflächenfunktionalisierung**
Printed surface functionalization
- 58 Photochemisch induzierte Fluoreszenzmerkmale in Polymersubstraten**
Photochemically induced fluorescence features in polymeric substrates
- 60 Polymerisation in Miniemulsion – Upscaling**
Polymerization in miniemulsion – upscaling
- 62 Lichtemittierende Beschichtungen mit lateraler Strukturierung**
Laterally structured light emitting coatings
- 64 Optisches Multiplexing für die medizinische Diagnostik**
Optical multiplexing for medical diagnostics

*Dr. Andreas Holländer beim Einstellen einer Druckstation in einer Rolle-zu-Rolle-Folienverarbeitungsmaschine. |
Dr. Andreas Holländer adjusting the gravure printing station of a plastic film converting equipment.*



pioneers in polymers



ANWENDUNGEN MIT FUNKTIONSMATERIALIEN

Bauteile der organischen Elektronik

Das Fraunhofer IAP entwickelt kundenspezifische Anwendungen im Bereich der organischen Leuchtdioden (OLED), der organischen Photovoltaik (OPV), der organischen Elektronik und der Sensorik. Die Entwicklung dieser Anwendungen erfordert Materialien mit berechenbaren und reproduzierbaren Eigenschaften. Die Herstellung dieser Bauelemente aus organischen Materialien ist eine komplexe Herausforderung, die Variationen und verschiedene Optimierungen verlangt, um die angestrebten Leistungsparameter zu erreichen.

Materialentwicklung für die organische Elektronik

Die organische Synthesechemie eröffnet ein weites Spektrum an Möglichkeiten, um diesen Prozess mit maßgeschneiderten Lösungen zu unterstützen. Im Falle der OLEDs werden neue phosphoreszente Polymere entwickelt, die in der polymeren Hauptkette strukturoptimierte, Energieniveau angepasste Elektronen-, Loch-, Transport- und phosphoreszente Moleküle enthalten. Durch die Anwendung von geeigneten funktionalisierten Polymeren können diese zusätzlich durch thermische als auch photochemische Initiierung vernetzt werden, um die abgeschiedene dünne Schicht zu stabilisieren und weitere Prozessschritte vorzunehmen. Eine Herausforderung für die Entwicklung von halbleitenden Polymeren für die organischen Feldeffekttransistoren (OFET) ist die Verbesserung der Ladungsträgermobilität, Luftstabilität und die Aufreinigung der Materialien bis zu sehr hohen Reinheitsgraden. Die Anwesenheit von metallischen als auch organischen Verunreinigungen auch in dem Bereich der Nachweisgrenzen, beeinflusst maßgeblich die Eigenschaften und die Stabilität der Materialien in den Bauteilen. Aus diesem Grund werden sowohl die Polymerisationsmethoden als auch die Aufreinigungsprozesse intensiv untersucht. Spezielle Kompetenz ist für die Herstellung konjugierter angepasster Absorberpolymere für den Einsatz in der OPV vorhanden.

Technologieentwicklung für die organische Elektronik

Das Ziel der Arbeiten besteht 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. Bei der Realisierung solcher integrierter 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 der Lebensdauer. 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. Es ist es gelungen, OLED-Elemente mit OFETs anzusteuern. Ein Vorteil der Materialien besteht darin, dass sich diese aus Lösung verarbeiten lassen, sodass z. B. Drucktechniken angewendet werden können.

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 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 far selektive Thermochromie in Duromeren, Thermoplasten, Lacken einschließlich Gießharzsystemen und hochtransparenten Hydrogelen. Neben der Anwendung als visuelle Temperatursensoren werden thermochrome und thermotrope Polymere zunehmend als energieeffiziente Materialien in der Solartechnik eingesetzt. Schwerpunkte hierbei sind der aktive Sonnenschutz in der



Gebäudearchitektur und die Vermeidung von Überhitzungseffekten in Sonnenkollektoren.

Optische Funktionselemente

Flüssigkristalle haben in Form der LCDs die Informationstechnologie revolutioniert. Neben dem Flüssigkristall selbst haben strukturierte Farbfilter und anisotrope Funktionsschichten wie Orientierungsschichten, Polarisatoren, Retarder 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 photovernetzbareren Flüssigkristallmischungen 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 supramolekularer oder lichtinduzierter Ordnungszustände und in Perspektive in zunehmenden Maße auch Drucktechniken entscheidende Bedeutung zu.

Rapid Prototyping durch Laserstrukturierung

Dreidimensionale Strukturen können durch Photovernetzung mit Hilfe verschiedener Technologien eingeschrieben werden. Grundsätzlich eignen sich dafür die lasergestützte Multiphotonenpolymerisation und stereolithografische Techniken. Die dazu notwendige Entwicklung von Materialien konzentriert sich derzeit auf die Synthese von acrylatbasierten Reaktivharzen, die durch orts aufgelöste Stereolithografie für die Herstellung von künstlichen Blutgefäßsystemen verwendet werden. Dabei steht die Biokompatibilität im Mittelpunkt der Untersuchungen. Die Materialkombinationen bieten weiterhin die Möglichkeit, die mechanischen Eigenschaften je nach Vernetzungsgrad von weich elastisch bis starr einzustellen. Weitere Anwendungsfelder dieser Materialien und Technologien werden in der Mikrosystemtechnik gesehen.

Organische und hybride Sensoren und Aktoren

Polymere und Polymerkomposite haben ebenfalls die Anwendungen in der Sensorik und Aktorik vorangebracht. Dies betrifft Materialsysteme, die in Druckänderungs- (piezoelektrischen), Druck-, Wärme- (pyroelektrischen) sowie in Feuchte- und Magnetfeldsensoren zum Einsatz kommen. Bei den piezoelektrischen Materialien werden klassische Ferroelektrika wie Polyvinylidenfluorid und dessen Copolymere, neuartige poröses bzw. zelluläre Raumladungselektrete (sogenannte Ferroelektrete) sowie Polymer-Keramik-Komposite erforscht und den Anwendungen angepasst. Die Schwerpunkte der Arbeiten liegen sowohl auf der Entwicklung von Materialauftragstechniken als auch in der Prozessentwicklung der elektrischen Funktionalisierung und Kontaktierung. Die Entwicklung von Materialien mit großer aktorischer Ausdehnung wird mit dem Ziel verfolgt, neue dielektrische Elastomere mit deutlich höherer Permittivität zu entwickeln, um die erforderliche Schaltspannung von sogenannten dielektrischen Elastomeraktoren (DEA) abzusenken. Die Prozessentwicklung konzentriert sich auf die Herstellung möglichst dünner Folien mit angepassten dehnbaren Elektroden. Die Anwendungen dieser Sensoren und Aktoren sind sehr vielfältig und reichen über taktile Sensorarrays, Ultraschallwandler bis hin zu elektromechanischen Stellgliedern.

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 MATERIAL APPLICATIONS

Components of organic electronics

The Fraunhofer IAP develops customer-specific applications in the field of organic light emitting diodes (OLED), organic photovoltaics (OPV) and sensor technology. The development of these applications requires materials with predictable and reproducible properties. Manufacturing components made from organic materials is a complex challenge that calls for variations and optimization in order to achieve the intended performance parameters.

Developing materials for organic electronics

Organic chemistry offers a wide range of customized solutions to support this process. In the case of OLEDs, new phosphorescent polymers are being developed that contain in the main polymer chain structurally optimized, electron-, hole-, transport- and phosphorescent molecules that are tailored to energy levels. By using suitable functionalized polymers, these can also be cross-linked through thermal and photochemical initiation in order to stabilize deposited thin films and to undergo further process steps. One challenge for the development of semiconducting polymers for organic field-effect transistors (OFET) is to improve charge carrier mobility, air stability and purification of the materials. The presence of metallic and organic impurities, even in the detection limit range, considerably impacts the properties and stability of the materials in the components. This has resulted in intensive investigation into polymerization methods and purification processes. We have special competencies in manufacturing conjugated, tailored absorber polymers for use in OPV applications.

Technology development for organic electronics

Our work is aimed at developing intelligent systems for life science, textiles and architecture by combining OPV, OLED, organic electronics, sensor technology and energy storage technologies. To do this, prototype ideas and technical product concepts are developed. Creating such integrated systems using OPV, OLED, organic electronics, sensor technology and energy storage technologies has resulted in the following problems. Currently, the individual elements are produced with processes that are not yet compatible with large scale production. These components are usually only looked at individually and produced separately. Emphasis is only placed

on increasing efficiency and lifetime. The basic technologies for producing OLEDs are quite well-known. The challenges lie in the geometric structuring of the OLEDs, in increasing efficiency, light emission strength and lifetime. Structuring is achieved through photolithographic steps in the series of layers or through a structured deposition of the materials in combination with structured electrodes. It makes it possible to actuate OLED elements with OFETs. One advantage of these materials is that they are solution-based so that they can be used, for example, in printing processes.

Thermochromic materials

Colors can also be used as security features. In general, the color of a material does not depend on the temperature. However, a few materials, which are termed thermochromic, display continuous or erratic change in color as a result of a change in temperature. This can occur reversibly or irreversibly and opens up new applications in security technology. By controlling temperature, 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 (colorless-red-yellow-green) are possible within a pre-determined temperature range. Current development work focuses on color-selective thermochromism in thermosets, thermoplastics and coatings including casting resin systems and highly-transparent hydrogels. In addition to being used as visual temperature sensors, thermochromic and thermotropic polymers are being used more and more as energy efficient materials in solar technology. Emphasis is on proactive sun protection in buildings and preventing the effects of over-heating in solar collectors.

Optical functional elements

Liquid crystals in liquid crystal displays (LCDs) have revolutionized information technology. This groundbreaking development was the result of not only the liquid crystals themselves, but also structured color filters and anisotropic functional layers such as orientation layers, polarizers, retarders and diffusers. Material development focuses on thermotropic and lyotropic liquid crystal systems on the basis of calamitic and discotic liquid crystals, glass-forming or crosslinkable mesogens, light-

emitting liquid crystals and liquid crystalline polymers. This material basis is enhanced by thermochromic polymer systems and polymer nanocomposites with specific optical properties. The specially functionalized polymers, polymer composites and complex photo-crosslinkable liquid crystal mixtures can be readily processed enabling films to be prepared with different optical functionalities. In addition to developing materials, the development of processing and structuring technologies typical for polymers are becoming more and more important. This includes new film preparation methods, orientation processes, permanent fixing of supramolecular or light-inducing arrangements and, to a growing extent, printing processes.

Rapid prototyping using laser structuring

Three-dimensional structures can be inscribed through photo-crosslinking with the help of various technologies. Generally laser-supported multiphoton polymerization and stereolithography techniques are suitable for this. The material development needed for this is currently focusing on the synthesis of acrylate-based reactive resins which can be used to produce artificial blood vessel systems by means of spatially-resolved stereolithography. Biocompatibility is at the core of our investigation. Combining materials allows mechanical properties to be customized, from soft and elastic to stiff, depending on the degree of crosslinking. Other fields of application for these materials and technologies can be found in microsystems technology.

Organic and hybrid sensors and actuators

Polymers and polymer composites have also advanced applications in sensory and actuator technology. This affects material systems that are used in pressure changing (piezoelectric), pressure, thermal (pyroelectric), moisture and magnetic field sensors. For piezoelectric materials, traditional ferroelectrics such as polyvinylidene fluoride and its copolymers, new porous and cellular space charge electrets (so-called ferroelectrets) and polymer-ceramic composites are being studied and their applications are being customized. Work is focusing on both developing material application techniques and on developing processes for electrical functionalization and contact. Materials with a high degree of actuator expansion are being studied with the aim of developing new dielectric elastomers with

a much higher permittivity in order to lower the switching voltage needed for so-called dielectric elastomer actuators (DEA). Process development is concentrating on producing the thinnest films possible with customized stretchable electrodes. There are many types of applications for these sensors and actuators, ranging from tactile sensor arrays to ultrasound transformers and electromechanical actuators.

Surface functionalization and analysis

Tailoring the surface properties of polymers opens up many new areas of application for polymer materials. Activating (= oxidation) the surface makes it possible to print onto polyethylene films (shopping bags), to adhere polypropylene (smart cards) and to coat polymer surfaces. The chemical make-up of the nanometer-thin surface layer is responsible for these properties. Functional layers on a nano-scale are three-dimensional host structures for proteins in biological and medical diagnostics. They act as diffusion barriers, are an efficient anti-microbial finish or a robust carrier of additional functions on nearly any material. Micrometer thin functional layers switch properties when exposed to light. Microstructured surfaces can carry out many types of optical and mechanical functions. The development of technology in this field is supported by the effective analysis of surfaces and thin films.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Materialien – Synthese und Verarbeitung von

- elektrolumineszierenden Polymeren
- flüssigkristallinen Polymeren
- halbleitenden Polymeren
- holographischen Materialien
- lumineszierenden Quantenpunkten
- photochromen Polymeren
- photolumineszierenden Polymeren
- piezoelektrischen Polymeren
- polymeren Nanokompositen
- thermochromen und elektrochromen Polymeren

Funktionselemente

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

Bauelemente

- Flüssigkristall-Displays
- OFET (Organische Feldeffekttransistoren) und Dioden
- OFET-Ansteuerung von OLED-Pixeln
- OLED (Organische Leuchtdioden)
- OLED-Beleuchtung
- OLED-Passiv-Matrix-Displays
- OPV (Organische Photovoltaik Zellen) und Module
- OLED-Signage-Displays
- piezoelektrische Sensoren
- pyroelektrische Sensoren

Oberflächentechnik

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

Weitere Beispiele

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

APPLICATIONS AND SERVICES

Materials – synthesis and processing of

- electroluminescent polymers
- holographic materials
- liquid crystalline polymers
- luminescent quantum dots
- photochromic polymers
- photoluminescent polymers
- piezoelectric polymers
- polymer nanocomposites
- semiconducting polymers
- thermochromic and electrochromic polymers
- OLED (organic light emitting diodes)
- OLED illumination
- OLED passive matrix displays
- OLED signage displays
- OPV (organic photovoltaic cells) and modules
- piezoelectric sensors
- pyroelectric sensors

Functional elements

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

Components

- liquid crystal displays
- OFET (organic field effect transistors) and diodes
- OFET driving OLED pixels

Surface technology

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

More examples

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

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

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

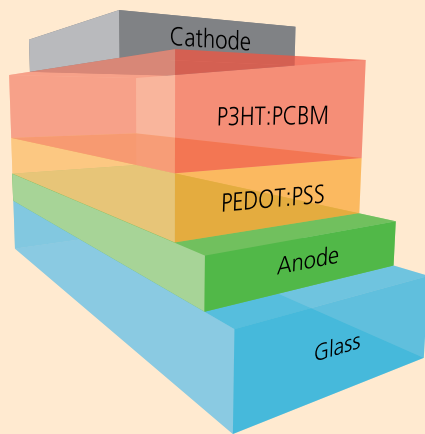
Telefon +49 331 568-1150
Fax +49 331 568-3910
dietmar.janietz@iap.fraunhofer.de

NanoPolyPhotonik

NanoPolyPhotonic

Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben

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



1

1 The structure of an organic solar cell which shows the different functional layers including the electrical contacts (anode and cathode), the functional polymer layers (PEDOT:PSS and P3HT:PCBM) and the transparent substrate (glass).

2 Droplet formation for a P3HT:PCBM inkjet ink based on a combination of chloro- and trichlorobenzene.

3 Current generated from a solar cell under one sun artificial illumination which shows similar performance for devices with inkjet-printed (IP) or spin coated (SC) P3HT:PCBM layers.

Solarzellen mit gedruckten Polymerschichten

Aufgrund des stetig steigenden Energiebedarfs und der begrenzten fossilen Rohstoffe erleben derzeit erneuerbare Energien einen rasanten Aufschwung. Wesentlichen Anteil an den erneuerbaren Energien hat weltweit die Photovoltaik, die Umwandlung von Licht in elektrischen Strom mittels Solarzellen. Derzeit erfolgt dies hauptsächlich durch anorganische silizumbasierte Solarzellen. Solarzellen basierend auf organischen Materialien sind Gegenstand intensiver Forschung in den letzten Jahren.

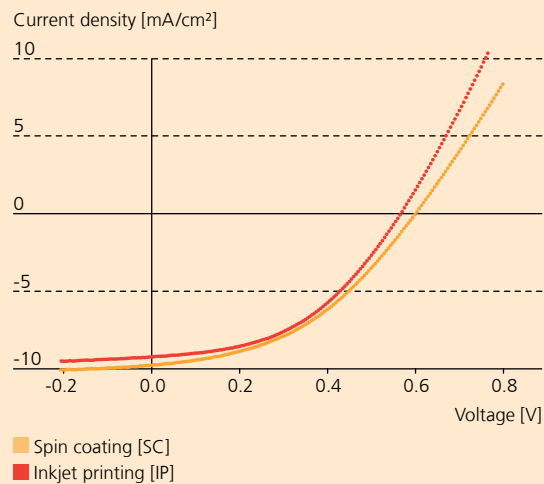
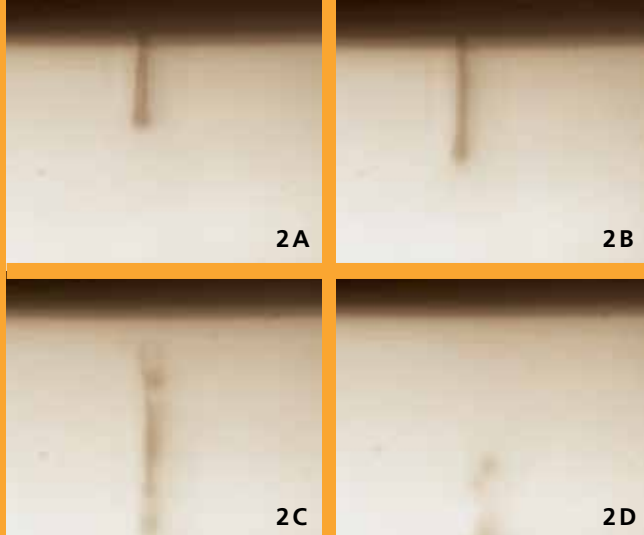
Organische Solarzellen sind aus verschiedenen funktionellen Schichten aufgebaut (Fig. 1). Typischerweise besteht eine organische Solarzelle aus einer Lochinjektionsschicht (PEDOT:PSS) und einer Mischung eines halbleitenden Polymers z. B. Poly(3-hexyl-thiophen) (P3HT) mit einem Akzeptor (PCBM). Transparente Elektrodenmaterialien (ITO) und Metallschichten (Aluminium) bilden die elektrischen Kontakte. Für derartige Funktionsschichten werden bisher in der Regel Spin-Coating-Verfahren genutzt. Inkjet-Druck wird derzeit als neues Verfahren insbesondere für das Auftragen der P3HT:PCBM- und PEDOT:PSS-Schichten entwickelt. Dieses Verfahren ist gut skalierbar und lässt eine optimale Ausbeute der eingesetzten Materialien zu.

Bei der Prozessierung dieser Schichten mittels Inkjet-Druckprozessen ist besonderer Entwicklungsaufwand auf das Lösungsmittelsystem gerichtet, da dieses direkt die Stabilität der Tinte im Druckkopf beeinflusst [1-3]. Mit dem Ziel, ein optimales Tropfenbild während des Druckprozesses zu erhalten sowie der Eintrocknung der Tinte im Druckkopf vorzubeugen, wurden am Fraunhofer IAP Systeme bestehend aus Lösungsmitteln mit geringem und mit hohem Siedepunkt entwickelt. Beispielhaft zeigt Fig. 2 die Tropfenbilder beim Verdrucken von P3HT:PCBM mit einem Lösungsmittelgemisch aus Chlorbenzen und Trichlorbenzen, welches als geeignet für das eingesetzte P3HT klassifiziert wurde [3].

Im Rahmen des EPIO-Projektes wurden Solarzellen vergleichend mit herkömmlichen Spin-Coating-Verfahren und den neu entwickelten Inkjet-Druckverfahren aufgebaut. So zeigen Solarzellen, bei denen die aktive P3HT:PCBM-Schicht entweder mit Spin-Coating oder mit Inkjet-Druck aufgebaut wurde, vergleichbare Effizienzen. Solarzellen mit sowohl Inkjet-gedruckten aktiven P3HT:PCBM- als auch passiven PEDOT:PSS-Schichten haben leicht geringere Effizienzen. Exemplarisch ist der bei einer Bestrahlung »mit einer Sonne« erzeugte Strom verschieden prozessierter Solarzellen in Fig. 3 gezeigt. Zukünftige Arbeiten sind auf die Inkjet-Prozessierung der weiteren Funktionsschichten wie Anode und Kathode gerichtet, mit der Zielstellung, komplette Solarzellen mittels Inkjet-Druckprozessen aufzubauen.

Literatur Literature

- [1] C.N.Hoth, S.A.Choulis, P.Schilinsky, C.J.Brabeck: *High photovoltaic performance of inkjet printed polymer: fullerene blends*, Adv. Mater. 19, p. 3973-3978 (2007)
- [2] T.Aernouts, T.Aleksandrov, C. Girotto, J. Genoe, J. Poortmans: *Polymer based organic solar cells using ink-jet printed active layers*, Appl. Phys. Lett. 92, p. 033306-1-3 (2008)
- [3] A. Lange, M. Wegener, C. Boeffel, B. Fischer, A. Wedel, D. Neher: *A new approach to the solvent system for inkjet-printed P3HT:PCBM solar cells and its use in devices with printed passive and active layers*, Sol. Energ. Mat. Sol. 94, p. 1816-1821 (2010)



3

Solar cells with inkjet-printed polymer layers

Due to increasing energy demands around the world, new technologies are necessary that efficiently produce electricity from renewable resources. One major type of renewable energy comes from the sun where solar cells can be used to convert photons to electrons. Solar cells are typically classified as inorganic or organic, whereby the former is based on silicon and the latter consists of polymers or small molecules. Until recently, the polymer layers of solar cells were produced on a small scale by spin coating (SC). For future applications where films with large areas or user defined patterns are required, different methods such as printing or coating are necessary. Among the various printing techniques, inkjet printing (IP) is especially useful because active films can be printed with a unique pattern using little active material. Here inkjet printing was used to deposit the polymer layers of organic solar cells.

As shown in Fig. 1, an organic solar cell consists of various functional layers including the anode and cathode, which act as electrical contacts, and two polymers layers (PEDOT:PSS and P3HT:PCBM). The P3HT:PCBM layer absorbs light and generates free charges in the solar cell while the PEDOT:PSS layer is used to transport positive charges to the anode. Solar cells with printed layers have been demonstrated in the literature. Special attention has been placed on the solvent system which impacts the stability of the ink in the print head and the homogeneity of the printed film [1-3]. Print head nozzle clogging is prevented when the solvents are properly selected and polymer solubility is maximized. Moreover, a solvent system with low and high boiling point components improves film homogeneity. Droplet formation from an inkjet print head is shown in Fig. 2 for a P3HT:PCBM inkjet ink consisting of chloro- and trichlorobenzene. It was found that ink stability in the print head increases after adding trichlorobenzene and that this solvent readily dissolves P3HT [3].

As part of our EPIO project, solar cell layers were produced using traditional methods such as spin coating and with inkjet printing. The measured efficiency was found to be similar for solar cells with printed P3HT:PCBM layers and slightly lower for solar cells with printed PEDOT:PSS and P3HT:PCBM layers. A plot of the current generated in various solar cells under illumination is shown in Fig. 3. In conclusion, inkjet printing is a viable method for deposition of both polymer layers of a solar cell. Future work will focus on using this method to generate other layers of organic devices such as the electrodes.

Kontakt Contact



M. Sc. Alexander Lange

Telefon +49 331 568-1913
 Fax +49 331 568-2519
 alexander.lange@iap.fraunhofer.de

Dr. Armin Wedel

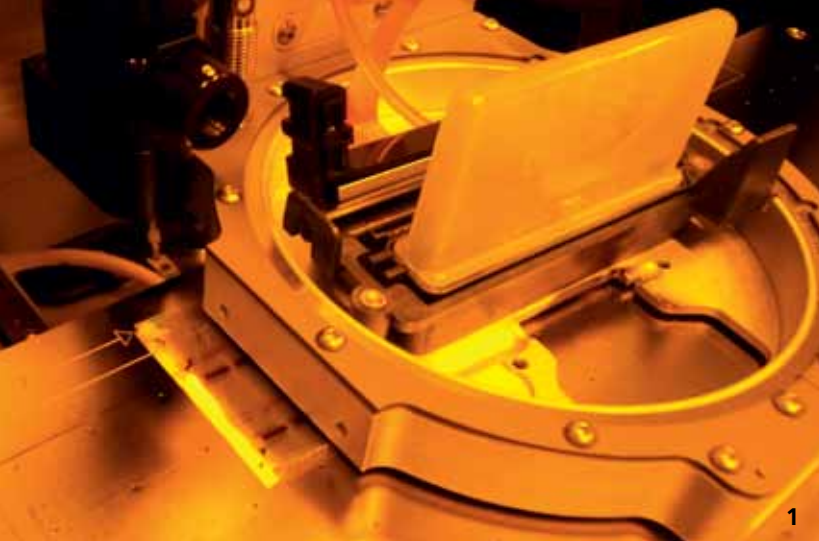
Telefon +49 331 568-1910
 Fax +49 331 568-2519
 armin.wedel@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF,
 EPIO Projekt 13N10317

Kooperation Collaboration

– Prof. Dr. D. Neher, Dr. F. Jaiser,
 Universität Potsdam



1 Inkjet printer by FUJIFILM Dimatix, Inc.

2 Output characteristic of an OFET.

3 OFETs on flexible PET foil.

Aus Lösungen prozessierbare Transistoren auf flexiblen Substraten

Die Verwendung von organischen Materialien in Feldeffekttransistoren bietet im Vergleich zum derzeitigen Standardmaterial Silizium den Vorteil einer zukünftigen kostengünstigen Prozesstechnologie. Die positiven Aspekte in der Herstellung werden voraussichtlich in den geringen Materialkosten sowie in der preiswerten Niedrigtemperaturfertigung auf flexiblen Substraten liegen. Die zurzeit im Labor erreichten Ladungsträgerbeweglichkeiten in organischen Feldeffekttransistoren (OFETs) liegen im Bereich von amorphem Silizium und wären somit für viele Anwendungen ausreichend. Dennoch gibt es insbesondere bezüglich der Prozessierung, der Langzeitstabilität und der Betriebsspannung Entwicklungsbedarf.

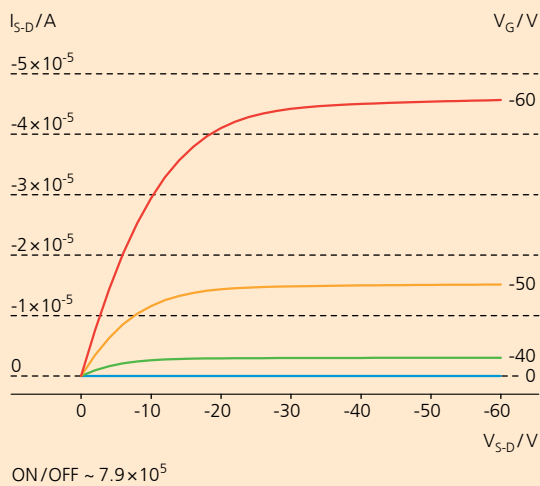
Die chemische Synthese neuartiger organischer Materialien ist ein Arbeitsgebiet der Abteilung »Polymere und Elektronik« am Fraunhofer IAP. Sowohl neue Halbleitermaterialien, welche zu- meist aus thiophen- oder acenartigen Verbindungen bestehen als auch neuartige, vernetzbare polymere Dielektrika werden hier entwickelt. Eine Löslichkeit der Materialien in organischen Lösungsmitteln ist Grundvoraussetzung, da die Prozessierung der organischen Schichten im OFET am Fraunhofer IAP ausschließlich lösungsbasiert erfolgt. Zurzeit werden die organischen Materialien vorwiegend mit Spin-Coating-Verfahren oder mit Hilfe einer Inkjet-Drucktechnik appliziert. Die Source-, Drain- und Gate-Elektroden werden durch thermisches Verdampfen von Metallen im Vakuum hergestellt. Als Substratmaterial werden meist Folien z. B. aus Polyäthylenterephthalat (PET) verwendet.

In dem vom BMBF geförderten Projekt SECUDIS (SECURE Digital Identity Solution) werden neue Sicherheitselemente entwickelt und untersucht, zum Beispiel für zukünftige Personalausweis- dokumente. Dabei werden sowohl polymere als auch anorganische Halbleiterbauelemente miteinander auf flexiblen Substraten kombiniert. In der Abteilung »Polymere und Elektronik« werden hierfür einerseits neue organische Materialien synthetisiert und andererseits OFETs auf flexiblen Substraten aufgebaut. In den elektronischen Bauelementen wird insbesondere die Funktionalität der synthetisierten Materialien analysiert und weiterentwickelt. Bisher konnten am Fraunhofer IAP Materialien hergestellt werden, welche Ladungsträgerbeweglichkeiten bis $0,5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ aufweisen. Vergleichsweise wurden in der Literatur für ähnliche Bauelemente mit einem anderen Halbleitermaterial nur knapp höhere Werte von etwa $1,1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ erzielt [1]. Zusätzlich werden auch sehr gute Verhältnisse zwischen ein- und ausgeschaltetem Zustand von etwa 10^5 erreicht. Die aufgebauten OFETs zeigen ebenfalls eine sehr gute Leistungsstabilität bei Lagerung an Luft [2]. Um die Arbeitsspannung der Transistoren zu reduzieren, wurden bereits vernetzbare Dielektrika hergestellt, welche bei Schichtdicken um 100 nm eine hinreichende elektrische Stabilität aufweisen.

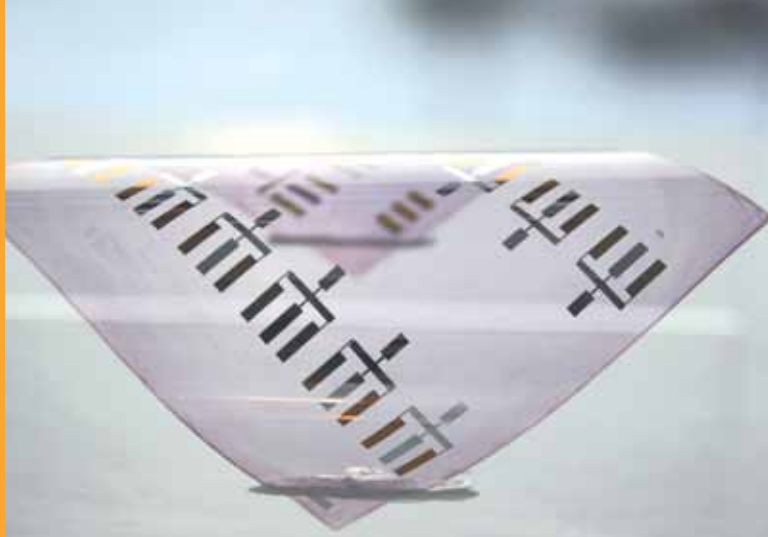
Literatur Literature

[1] R. Hamilton, J. Smith, S. Ogier, M. Heeney, J. E. Anthony, I. McCulloch, J. Veres, D. D. C. Bradley, T. D. Anthopoulos: *High-Performance Polymer-Small Molecule Blend Organic Transistors*, Adv. Mater. 21, p. 1166-1171 (2009)

[2] S. Janietz, K. Schulze, P. Lewer, T. Egorov-Brening: *Novel copoly-thiophenes with 3,6-dioxaheptyl side chains: From synthesis up to printing formulations for air-stable OTFTs*, Proceedings LOPE-C 2010, ISBN 978-3-00-02995-1, p. 58-61 (2010)



2



3

Solution processable transistors on flexible substrates

The advantage of using organic materials in field-effect transistors rather than silicon, the current standard material, is that they represent a cost-efficient process technology of the future. Two positive aspects are anticipated to be the potential low material costs and the ability to process at low-temperature on flexible substrates. Currently, the charge carrier mobilities of organic field-effect transistors (OFETs) that have been achieved in the lab are comparable to amorphous silicon and therefore they are adequate for various types of applications. Nevertheless there is room for development in terms of processing, stability and operation voltage.

One of the focuses of the research department "Polymers and Electronics" at the Fraunhofer IAP is the synthesis of novel organic materials. New semiconductor materials based on thiophene or acen groups, as well as cross-linkable polymer dielectric materials are being developed. The materials' solubility in organic solvents is essential because the processing of the organic layers in the devices is solely solution-based. At the moment the organic materials are mainly applied using spin coating or inkjet printing. Source, drain and gate electrodes are produced using thermal evaporated metals in vacuum. Foils, for example based on polyethylene terephthalate (PET), are mainly used as substrates.

New security elements used in personal identity documents of the future, for example, are being developed and investigated as part of the BMBF (Federal Ministry of Research and Education) financed project SECUDIS (SECURE Digital Identity Solution). Polymer and inorganic semiconductor devices are combined on flexible substrates. The research department "Polymers and Electronics" is currently working on synthesizing new organic materials on the one hand, while at the same time preparing OFETs on flexible substrates. In particular, the functionality of the synthesized materials were analyzed and developed in the electronic components. Up to now, organic materials with a charge carrier mobility of up to $0.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ have been synthesized at the Fraunhofer IAP. In comparison, only slightly higher mobilities of approx. $1.1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ can be found in literature [1] for a similar setup using a different semiconductor material. Additionally the devices at Fraunhofer IAP achieve a very good on/off ratio in the range of 10^5 . The performance of the OFETs remains nearly stable throughout air storage over several months [2]. Cross-linkable dielectric materials have been synthesized to reduce the operation voltage of OFETs. Layers of these dielectrics with a thickness of approximately 100nm have been found to be electrically stable enough to be used as a dielectric.

Kontakt Contact



Dr. Kerstin Schulze

Telefon +49 331 568-1914
 Fax +49 331 568-3910
 kerstin.schulze@iap.fraunhofer.de

Priv.-Doz. Dr. habil. Silvia Janietz

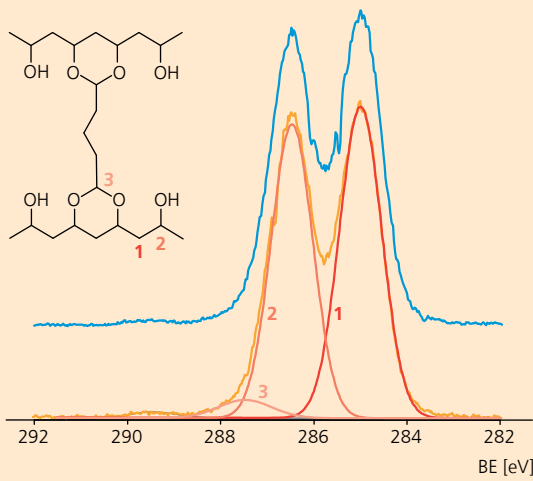
Telefon +49 331 568-1208
 Fax +49 331 568-3910
 silvia.janietz@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Förderprojekt SECUDIS

Kooperation Collaboration

– Fraunhofer IZM, Berlin
 – Fraunhofer EMFT, München
 – Bundesdruckerei GmbH, Berlin
 – Bayer MaterialScience AG, Leverkusen
 – NXP Semiconductors Germany GmbH, Hamburg



1 Carbon C1s photoelectron spectra of the GDA cross-linked PVA coating before (top) and after washing with boiling water (bottom).

2 Polypropylene film with a stable hydrophilic coating prepared with cross-linked poly(vinylalcohol).

1

Gedruckte Oberflächenfunktionalisierung

Oberflächenfunktionalisierung

Die Oberflächeneigenschaften von Polymeren müssen oft den Erfordernissen einer Anwendung angepasst werden. Elektrische Entladungen (Corona, Niederdruckplasma) werden dafür im industriellen Maßstab eingesetzt. Der Prozess wird Aktivierung genannt und basiert auf einer Oxidation der Oberfläche. Die größere Oberflächenenergie führt zu besserer Benetzbarkeit und Adhäsion. Das bei der Aktivierung gebildete Gemisch vieler verschiedener Funktionalgruppen ist für einige Anwendungen nicht geeignet. In solchen Fällen wird die aktivierte Oberfläche in einem zweiten Schritt mit weiteren Reagenzien aus flüssiger Phase oder mit einem Gas umgesetzt. Im Ergebnis entsteht eine Oberfläche mit einer definierten Konzentration einer bestimmten Funktionalgruppe.

Gedruckte Chemie

Alle Technologien, die für derartige Anwendungen eingesetzt werden, nutzen Batch-Prozesse, die eine aufwändige Handhabung der Substrate erfordern. Andererseits sind Ähnlichkeiten mit Druckprozessen nicht zu übersehen: eine Flüssigkeit wird auf ein ebenes Substrat aufgetragen und ändert dessen Oberflächeneigenschaften.

Polymerfolien können in Rolle-zu-Rolle-Prozessen (R2R) sehr effizient gehandhabt werden.

Polyolefinfolien z. B. werden bei Bahngeschwindigkeiten von 600 m/min und mehr aktiviert.

Eine Technologie zur Funktionalisierung von Polymeroberflächen mit definierten chemischen Strukturen ist derzeit nicht als R2R-Verfahren verfügbar.

Am Fraunhofer IAP begannen wir, den Einsatz von Drucktechnologien für die Oberflächenfunktionalisierung auf Folienverarbeitungsmaschinen zu entwickeln. Mit unseren Anlagen können Folien mit Corona- und Niederdruckplasmaentladungen sowie mit einer VUV-Excimerlampe aktiviert werden. Zum Auftragen der Reaktionslösung werden gegenwärtig Tiefdruckwalzen eingesetzt. Damit kann die Reaktionslösung in unterschiedlicher Dicke homogen verteilt oder auch strukturiert aufgetragen werden.

Zur Demonstration der Technologie beschichteten wir Polypropylen PP mit Polyvinylalkohol PVA, der zur Stabilisierung der Schicht mit Glutaraldehyd vernetzt wurde (Fig. 1). Die Reaktionslösung wurde zunächst mit einem homogen gravierten Zylinder beschichtet, wobei Schichtdicken von weniger als 1 µm erreicht wurden. Durch die Vernetzung ist die hydrophile PVA-Schicht auch in siedendem Wasser stabil (Fig. 2).

Anwendungen

Die hier demonstrierte Technologie findet dort Anwendung, wo eine Funktionalisierung gefragt ist, die über die einfache Aktivierung hinausgeht. Das funktionalisierte Material kann direkt von der Rolle eingesetzt werden oder es wird am Ende geschnitten, um Anwendungen, die auf einem etablierten Format basieren, gerecht zu werden. Die Bahngeschwindigkeit ist bei der Funktionalisierung zwar recht klein, verglichen mit Aktivierungsprozessen. Gegenüber Batch-Prozessen kann jedoch die Produktivität erheblich verbessert werden. Damit wird ein deutlich niedrigeres Kostenniveau erreicht.

Printed surface functionalization

Polymer surface functionalization

The surface properties of polymers often need to be adjusted to the needs of an application. Electrical discharges such as coronas and low-pressure plasmas are well established in industry. The process called activation is based on an oxidation of the surface. Higher surface energy produces better wetting and better adhesion. The high reaction rates in the surface activation result in a rather broad variety of different functional groups. To produce a defined surface structure, activation is combined with a second reaction step. Some of the functional groups from the activation are used to carry out chemical reactions with liquid or gaseous agents. These reactions form well defined products with a specific concentration of a particular functional group.

Printed chemistry

Most of the technologies used to carry out these reactions are based on batch processes and require a rather extensive substrate handling. However, there are also similarities with printing processes: a liquid is coated on a flat solid substrate in order to alter the surface properties. Polymer films can be handled very efficiently in roll-to-roll (R2R) processes. For example, the activation of polyolefin films runs at web speeds of 600 m/min and more on an industrial scale. A functionalization technology which can produce a more defined surface chemistry has not been available for R2R processing so far.

At the Fraunhofer IAP we started using R2R printing technology for the second step in a surface functionalization process. Film converting equipment is used to produce the functionalization. Our equipment activates the films using a corona discharge, an excimer VUV lamp or low-pressure plasmas. Then the film is coated with an agent. Currently we use gravure printing cylinders (rotogravure technology) which produce coatings with different thicknesses homogeneously distributed over the surface or in patterns.

To demonstrate the technology, we coated a polypropylene film with poly vinyl alcohol PVA and crosslinked the coating using glutardialdehyde GDA (Fig. 1). The reaction mixture was coated using a homogeneously engraved cylinder. A coating thickness of under 1 μm was achieved. Due to the cross-linking, the PVA coating is stable even in boiling water (Fig. 2).

Applications

This technology can be used wherever defined chemistry beyond a simple activation is required on a flat surface. It can be used directly as a web or cut at the end of the processing to suit applications with an established format. The productivity is rather low compared to normal film converting due to the fact that time is required for the reactions to occur. However, productivity increases considerably compared to batch processing. If the volume of the production is high enough, the cost per unit is much lower than when produced in a batch process.

Kontakt Contact

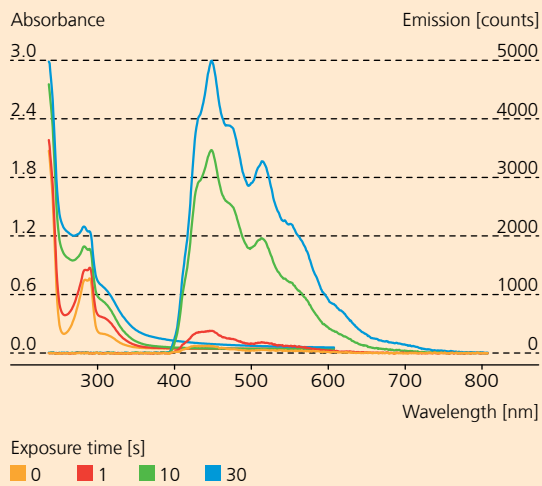


Dr. Andreas Holländer

Telefon +49 331 568-1404

Fax +49 331 568-2504

andreas.hollaender@iap.fraunhofer.de



1

1 Absorbance and emission before and after exposure (193 nm ArF excimer laser, excitation 365 nm).

2 Fluorescent feature in a COC-slide created by contact mask exposure (D2 lamp, chromium mask, smallest structure app. 4 μm , 200x)

3 Micro-dish with retrieval grid (excitation 365 nm, cells fixed and dyed with DAPI, 4x [3]).

Photochemisch induzierte Fluoreszenzmerkmale in Polymersubstraten

Im Rahmen des InnoNet-Projektes FOTOS bestand die Aufgabe, fluoreszierende Merkmale auf Polymer-Slides für biomikroskopische Anwendungen in Zusammenarbeit mit der ibidi GmbH zu entwickeln [1]. Aufgrund der geringen Eigenfluoreszenz und der guten optischen Eigenschaften werden als Substrate vorzugsweise Cyclo-Olefin-Copolymere (COC) verwendet. Als Erfolg versprechender Weg erwies sich die Erzeugung von fluoreszierenden Mustern durch geeignete VUV-Bestrahlung.

Dadurch werden Fluorophore erzeugt, die bei Anregung mit Licht geeigneter Wellenlänge im sichtbaren Bereich des Spektrums emittieren. Wird die UV-Bestrahlung strukturiert vorgenommen, z. B. durch eine Maske, so fluoreszieren nur die Bereiche, die bestrahlt wurden (Fig. 2). In den unbestrahlten Bereichen wird keine wesentliche Erhöhung der Grundemission bewirkt. Auf diese Weise können zum Beispiel in Folien oder Polymersubstraten Muster erzeugt werden, die bei Anregung sichtbar werden. Sie sind langzeitstabil und stabil gegenüber Umwelteinflüssen. Weiterhin zeichnen sie sich dadurch aus, dass die Kantenschärfe nicht durch Diffusion oder ähnliche Prozesse verloren geht. Außerdem lassen sich die so erzeugten Merkmale nicht spurenfrei entfernen.

Die VUV-induzierte Erzeugung der Fluorophore kann im Absorptionsspektrum der Folie durch eine Zunahme der Extinktion im UV-Bereich sowie der Emissionsintensität verfolgt werden (Fig. 1). Die bewirkten Veränderungen beeinträchtigen jedoch die optische Durchlässigkeit im sichtbaren Bereich nicht wesentlich. Die Merkmale zeichnen sich dadurch aus, dass sie direkt in Materialien erzeugt werden, die ohnehin verwendet werden. Es sind keine zusätzlichen Beschichtungen, Bedruckungen oder anderes Aufbringen von Fluoreszenzfarbstoffen nötig. Dadurch vereinfacht und verbilligt sich die Herstellung von fluoreszierenden Merkmalen gegenüber anderen Verfahren beträchtlich. Darüber hinaus handelt es sich um einen voll-optischen Prozess, der keinerlei nasschemische Entwicklungsprozesse erfordert.

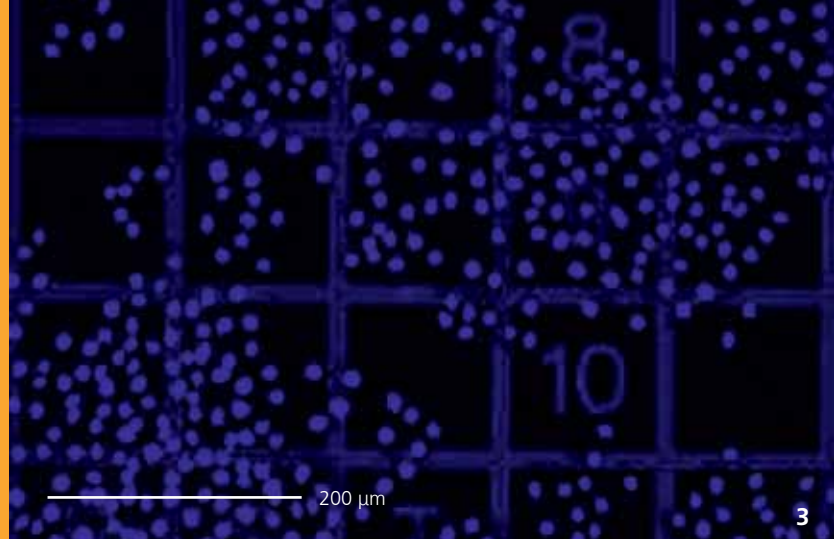
Die beschriebene Methode konnte erfolgreich dazu genutzt werden, Substrate für die Fluoreszenz-Mikroskopie mit einem Wiederfindungsgitter zu versehen (Fig. 3). Typischerweise werden die Wiederfindungsgitter als Gitterraster ausgeführt, das auch mit Zahlen oder Buchstaben versehen werden kann. Diese Wiederfindungsgitter erleichtern das Wiederfinden bestimmter Probenareale durch deren exakte Charakterisierung und Zuordnung anhand des Gitterrasters. Die so erzeugten Wiederfindungsgitter beeinflussen biologische Prozesse nicht und sind darüber hinaus ausreichend stabil. Sie eignen sich aufgrund ihrer Absorptions- und Emissions-eigenschaften sehr gut für typische Anregungsbedingungen bei der Fluoreszenzmikroskopie und sind in allen typischen Fluoreszenzkanälen sichtbar. Das Verfahren wurde zusammen mit der ibidi GmbH zum Patent angemeldet [2].

Literatur Literature

[1] R. Zantl, J.-V. Kahl:
EP 1 880 764 A1

[2] T. Fischer, J.-V. Kahl, J. Stumpe:
EP 09 01 1507

[3] ibidi GmbH:
FOTOS Projekttreffen (2009)



Photochemically induced fluorescence features in polymeric substrates

A new method was developed as part of the InnoNet project FOTOS and in collaboration with ibidi GmbH for preparing fluorescent features on polymer slides which can be used in biomicroscopy applications [1]. Cyclic olefin copolymers (COC) were used as substrates because of their very low initial fluorescence and good optical properties. Suitable VUV-irradiation was developed as the most promising way to create fluorescent patterns.

This irradiation creates fluorophores which emit within the visible range when excited with the appropriate light. If VUV-irradiation is carried out pattern-wise, for example by using a mask, only the irradiated areas will have a significant emittance (Fig. 2). There is no increase in the initial emission within the non-irradiated regions. In this way, patterns can be created on COC foils or polymer substrates which become visible when irradiated. They have long-term stability and resistant to ambient and environmental conditions. Moreover, they are characterized by having stable edge definition and no diffusion process is detectable. Additionally, these features cannot be removed without leaving a trace.

The VUV-induced creation of the fluorophores can be monitored using UV/VIS spectroscopy on the foil by the increase of the UV absorption and by the intensity of the emission (Fig. 1). The induced changes do not significantly affect the optical transmission of the polymer slides in the visible region. The features stand out as they are created in materials which are already used as substrates. No additional coating, printing or other modification with fluorescent dyes is necessary. This means, the manufacturing of the features can be simplified considerably compared to other procedures. Moreover, a fully optical method was found requiring no wet chemical development processing.

The solution described above was used successfully to create retrieval grids on substrates for fluorescence microscopy (Fig. 3). The retrieval grids are typically created as line grids with added numbers or characters. They aim to recover certain positions within the sample through the coordinates of the retrieval grid. The retrieval grids created in the described way have no significant influence on biological processes and are sufficiently stable. Based on their absorption and emission characteristics they are suitable for the typical excitation conditions of fluorescence microscopy and visible in all commonly used fluorescence channels. We applied for a patent for this procedure together with ibidi GmbH [2].

Kontakt Contact



Priv.-Doz. Dr. habil. Joachim Stumpe

Telefon +49 331 568-1259

Fax +49 331 568-3259

joachim.stumpe@iap.fraunhofer.de

Dr. Thomas Fischer

Telefon +49 331 568-1263

Fax +49 331 568-3259

thomas.fischer@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– InnoNet Projekt FOTOS, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, FKZ 16IN0399

Kooperation Collaboration

– ibidi GmbH, München



1



2

Polymerisation in Miniemulsion – Upscaling

Thermotrope Materialien für den Sonnenschutz passen ihre Transmission für Solarstrahlung den wechselnden äußeren Bedingungen an und können damit einen Beitrag zur verbesserten Energieeffizienz von Gebäuden leisten. Beim Überschreiten einer bestimmten Temperatur schalten sie von einem klaren in einen lichtstreuenden Zustand und reflektieren einen Teil der auftretenden Sonnenstrahlung. Damit werden während des Sommers die Aufwendungen für die Klimatisierung des Gebäudes verringert. Wohingegen die Sonne im Winter weiterhin zur Beheizung und Belichtung des Gebäudes beitragen kann.

Mit einem industriellen Partner wurde ein System entwickelt, bei dem die thermotrope Komponente als Kern/Schale-Partikel einem flüssigen Laminierharz zugesetzt und dann zu Verbundgläsern weiterverarbeitet wird. Für die Herstellung der Kern/Schale-Partikel wurde die Miniemulsionspolymerisation eingesetzt [1]. Eckpunkte der Synthese im Labor waren

1. die Vordispersierung der Ölphase in der wässrigen Phase mit einem Rotor/Stator-Mischer (Ultra-Turrax®),
2. die Dispersierung mit Ultraschall,
3. die Ausführung der Polymerisation im 500mL-Kolben und
4. die Isolierung der Partikel durch Trocknung (Mini-Sprüh Trockner B-290, BÜCHI GmbH.)

Im Ergebnis wurden pro Ansatz ca. 150 g der Kern/Schale-Partikel erhalten.

Um eine Bemusterung mit großflächigen Verbundgläsern und erste Referenzbauobjekte zu ermöglichen, stand die Aufgabe, die Technologie der Miniemulsionspolymerisation vom Labormaßstab in den kg-Maßstab zu vergrößern. Im Detail waren folgende Veränderungen in den einzelnen Prozessschritten notwendig:

- Zur Vordispersierung kommt ein konventionelles Rührwerk statt des Ultra-Turrax® zum Einsatz.
- Der Ultraschall zur Dispersierung wird durch einen Hochdruckhomogenisator ersetzt.
- Der Reaktor für die Polymerisation wird auf 6L vergrößert.
- Die Trocknung wird in einem Sprüh Trockner Mobile Minor™ (Fa. GEA Niro, Fig. 1) erfolgen.

Erwartet werden 2-3 kg Material als Ausbeute pro Ansatz.

Erste Versuche zur Maßstabsvergrößerung wurden ausgeführt und verliefen erfolgversprechend. Insbesondere konnten optimierte Dispersierbedingungen mit dem verwendeten Hochdruckhomogenisator APV 1000 (Fa. SPX, Fig. 2) erarbeitet werden, die Partikel im benötigten Größenbereich von 400 nm bis 1 µm ermöglichen (Fig. 3). Dabei bestand die Herausforderung darin, eine übermäßige Erwärmung der reaktiven Öl-in-Wasser-Dispersion und damit einen vorzeitigen Start der Miniemulsionspolymerisation zu vermeiden. Im nächsten Arbeitsschritt wird zur Zeit die Temperaturführung im 6L-Reaktor untersucht. Erfahrungen zur Sprüh Trocknung liegen bereits vor, so dass nach diesen Untersuchungen ein Prozess zur Verfügung stehen wird, der die Herstellung von 8-10kg Partikel pro Woche ermöglicht und damit die Lücke zwischen Labor und Produktion verringert. Neben der Synthese von thermotropen Kern/Schale-Partikeln steht der Prozess auch anderen an der Nutzung der Miniemulsionspolymerisation Interessierten zur Verfügung.

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 93, p. 1510-1517 (2009)

1 Mobile Minor™ spray dryer.

2 High pressure homogenizer APV 1000.

3 REM micrograph of thermotropic core/shell particles.



Polymerization in miniemulsion – upscaling

Thermotropic sun protection materials adapt their solar transmittance to changes in outside temperatures. Thus, they can contribute to improving the energy efficiency of buildings. If a specific temperature is exceeded, thermotropic materials switch from clear to a light scattering state and the incident solar radiation is partly reflected. This significantly reduces the need for air conditioning in summer, while the incoming solar radiation can contribute to the heating and lighting of the building during winter.

A thermotropic system was developed in close cooperation with an industrial partner which consists of thermotropic core/shell particles homogeneously dispersed in a liquid casting resin. This thermotropic system is processed into laminated glass. Miniemulsion polymerization was used to synthesize the core/shell particles [1]. Key points of the synthesis on a lab scale include:

1. a predispersion of oil in the aqueous phase with a rotor stator mixer (Ultra-Turrax®),
2. ultrasonic miniemulsification,
3. polymerization of the miniemulsion in a 500 mL flask, and
4. the isolation of the particles through spray drying (Mini Spray Dryer B-290, BÜCHI GmbH).

Every batch produces around 150 g of thermotropic powder.

Then the task was to scale up the technology from a lab to a kg scale so that large-area samples could be produced and the first reference buildings could be constructed. The following detailed changes to the processing steps were necessary:

- The predispersion was to be carried out using conventional stirrers.
- The ultrasonic homogenization was to be replaced by high pressure homogenization.
- The reaction volume for the polymerization was to be increased to 6 L.
- The core/shell particles were to be isolated using spray drying with a Mobile Minor™ (GEA Niro A/S, Fig. 1).

Per batch 2-3 kg of the material are expected.

Initial upscaling experiments were carried out with promising results. In particular, a high pressure homogenizer APV 1000 (SPX Corp., Fig. 2) produced optimized conditions for the miniemulsification and made particles ranging in size from 400 nm to 1 µm (Fig. 3) possible. During the process, preventing the reactive oil-in-water dispersion from overheating, thereby starting the miniemulsion polymerization process early, posed a challenge. Currently, the temperature control in the 6 L reaction vessel is being studied. Upon completion of these tests, a process will be available enabling 8-10 kg particles per week to be synthesized, narrowing the gap between lab-scale and industrial scale synthesis. In addition to synthesizing thermotropic core/shell particles, this process is also of interest for various applications using miniemulsion polymerization.

Kontakt Contact



Dr. Ralf Ruhmann

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

Dr. Olaf Mühling

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

Dr. Arno Seeboth

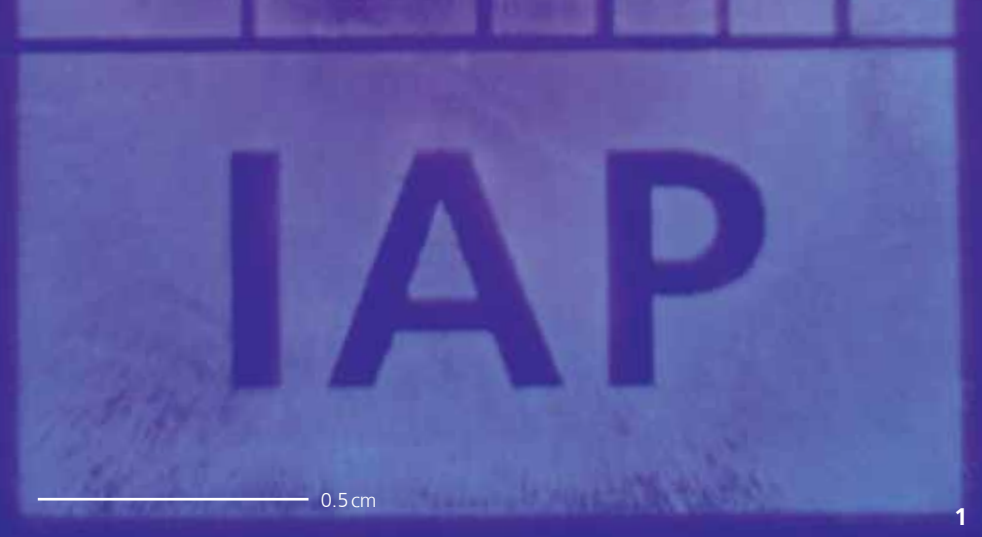
Telefon +49 30 6392-4258
Fax +49 30 6392-2065
arno.seeboth@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, FKZ 032982OH

Kooperation Collaboration

– Tilse Formglas GmbH
– Brandenburgische Technische Universität Cottbus



1 Laterally structured film with blue fluorescence.

2 Normalized fluorescence spectra of new fluorophores with blue, green and red emission.

3 Red light emitting textured coating.

Lichtemittierende Beschichtungen mit lateraler Strukturierung

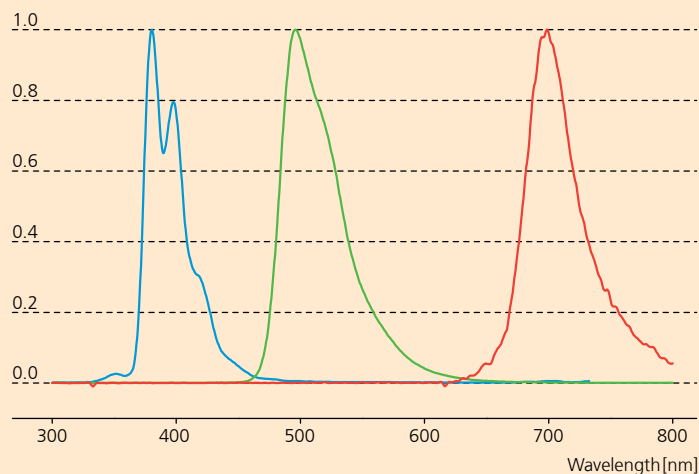
Verschiedenste Anwendungen erfordern Farbstoffe, die bei Anregung mit UV-Licht (Schwarzlicht) Licht im sichtbaren Spektralbereich emittieren. Gemeinsam mit einem Industriepartner wurden am Fraunhofer IAP neue Fluoreszenzfarbstoffe entwickelt. Charakteristisches Merkmal ist die Anbindung vernetzbarer funktioneller Gruppen am Chromophorgerüst. Sinn dieser Gruppen ist es, dünne Filme der Farbstoffe mit einer co-vernetzbaren Matrix durch *in-situ*-Fotopolymerisation zu stabilisieren. Dadurch soll ein Auswaschen des Farbstoffs und ein Ausbleichen verhindert werden.

Die Fluoreszenzeigenschaften der neuen Chromophore wurden in verdünnter Lösung und im Festkörper untersucht. Die Verbindungen zeigen, in Abhängigkeit vom Chromophor, Photolumineszenz im blauen, grünen sowie roten Bereich. Damit kann der gesamte sichtbare Spektralbereich mit geeigneten Luminophor-Gerüsten abgedeckt werden (Fig. 2). Die Modifizierung der Chromophorgrundkörper mit einfachen, beispielsweise Alkoxy-substituenten, führt zu keiner signifikanten Verschiebung des Emissionsmaximums im Vergleich zur entsprechenden unsubstituierten Verbindung. Handelt es sich dagegen um Substituenten, die zusätzlich in π -Konjugation mit dem Chromophor treten, so wird durch diese die Lage des Fluoreszenzmaximums zusätzlich beeinflusst.

Das Absorptionsmaximum der blau emittierenden Luminophore liegt im UV-Bereich. Hier ist eine Anregung zur Lichtemission mit Schwarzlicht problemlos möglich. Im Fall der grün bis rot emittierenden Chromophore ist die Intensität der Lichtemission abhängig von der Wellenlänge des Anregungslichts und am größten bei Anregung im Absorptionsmaximum. Während bei Grünemittern auch bei Anregung mit UV-Licht noch Fluoreszenz akzeptabler Intensität beobachtet wird, ist dies im Fall einfacher organischer Rotemitter nicht der Fall. Hier wurden neue Rotemitter mit Absorptionsmaximum bei 340 nm entwickelt. Damit ist eine Anregung zu roter Emission mit UV-Licht problemlos möglich.

Die Luminophore wurden hinsichtlich ihrer Löslichkeit in co-vernetzbaren Komponenten als Matrix untersucht. Die Verbindungen zeigen eine Löslichkeit von bis zu fünf Prozent. Bei diesen Konzentrationen erfolgt keine Auslöschung der Fluoreszenz.

Weiterhin erfolgten Arbeiten zur Entwicklung einer Technologie für lumineszierende fotovernetzte Filme mit lateraler Strukturierung. Hier wurden drei Verfahren der lithographischen Zweilag- bzw. Einlagenstrukturierung evaluiert und hinsichtlich der Prozessierungsparameter optimiert. Variiert wurde hierbei insbesondere auch die co-vernetzbare/polymere Matrix. Nach Optimierung konnten technologisch relevante Prozessierungsparameter realisiert werden. Die Technologieentwicklung erfolgte zunächst für Glas- und Siliciumsubstrate. Die Parameter konnten erfolgreich auf Aluminiumsubstrate übertragen werden. Realisiert wurden lateral strukturierte Beschichtungen mit blauer (Fig. 1), grüner und roter (Fig. 3) Photolumineszenz. Die Anregung zur Fluoreszenz ist problemlos mit Schwarzlicht möglich.



2



3

Laterally structured light emitting coatings

Certain applications require dyes which emit light in the visible spectral range when irradiated with UV light (black light). At Fraunhofer IAP new fluorescent dyes have been developed in collaboration with an industrial partner. One characteristic feature is a crosslinkable functional group attached to the chromophoric core. These groups are meant to stabilize thin films of the dyes in mixtures with a co-crosslinkable matrix through *in situ* photopolymerization. This is meant to prevent elutriation of the dye and bleaching.

The fluorescence properties of the new chromophores were investigated in a diluted solution and in a solid state. The compounds show photoluminescence in the blue, green and red region depending on the chromophoric core. Thus, the complete spectral region can be covered with suitable luminophore scaffolds (Fig. 2). The modification of the chromophoric core with simple substituents such as alkoxy groups does not lead to a significant shift in the emission maximum compared with the corresponding unsubstituted compound. However, if substituents are introduced which facilitate an additional π conjugation with the chromophore, a further fine-tuning of the fluorescence maximum is possible.

The absorption maximum of the blue emitting luminophores peaks in the UV range allowing light to easily be emitted on irradiation with black light. In the case of the green to red emitting chromophores the intensity of the light emission depends on the wavelength of excitation light and is most enhanced when irradiated at the absorption maximum. Whereas an acceptable intensity of fluorescence can be observed for green emitters, even after irradiation with UV light, this is not the case for simple organic red emitters. Therefore, new red emitters were developed with an absorption maximum at 340 nm. Here, red emission by excitation with UV light is easily possible.

The luminophores were investigated with respect to solubility in co-crosslinkable components as a matrix. The compounds are soluble up to five percent. No quenching of fluorescence is observed at these concentrations.

Furthermore, research was carried out to develop a technology for luminescent photo-crosslinked films with lateral structuring. Three techniques of lithographic two-layer and one-layer structuring were evaluated and the processing parameters were optimized. In particular, the co-crosslinkable/polymeric matrix was adjusted. After optimization, processing parameters with technological relevance could be achieved. The technology development was initially performed for glass and silicon substrates. The parameters could be successfully applied to aluminum substrates. Laterally textured coatings with blue (Fig. 1), green and red (Fig. 3) photoluminescence were achieved. Fluorescence excitation using black light is easily possible.

Kontakt Contact



Priv.-Doz. Dr. Dietmar Janietz

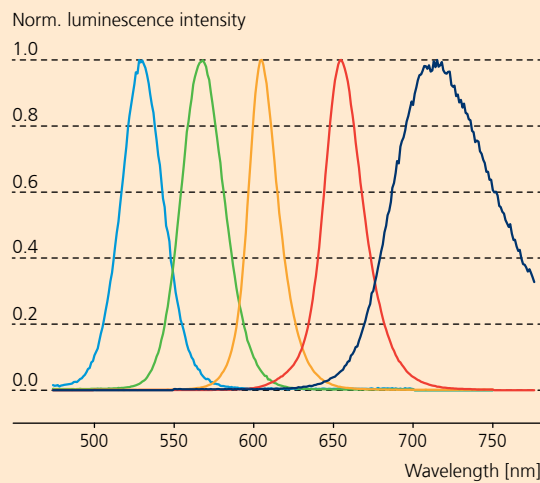
Telefon +49 331 568-1150
 Fax +49 331 568-3910
 dietmar.janietz@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Bundesministerium für
 Bildung und Forschung,
 FKZ 03WKBI18

Kooperation Collaboration

– SYNTHON Chemical GmbH & Co. KG,
 Wolfen



1

1 Luminescence spectra of different quantum dot nanocrystals.

2 NANOGNOSTICS – European research project for Alzheimer diagnostics.

3 Schematic picture of a holographically-structured polymer laser.

Optisches Multiplexing für die medizinische Diagnostik

Ein Schwerpunkt der noch recht jungen Arbeitsgruppe NanoPolyPhotonik liegt auf dem EU-Forschungsprojekt »NANOGNOSTICS – Quantum Dot-Based Highly Sensitive Immunoassays for Multiplexed Diagnostics of Alzheimer’s Disease«, in dem das Fraunhofer IAP die Rolle des Koordinators innehat. Im Kern geht es dabei um die Entwicklung schneller, äußerst sensitiver optischer Nachweismethoden für die medizinische Diagnostik. Die Methoden als solche sind nicht speziell oder ausschließlich auf die Erkennung von Alzheimer ausgerichtet. Dennoch bietet diese Krankheit ein gutes Beispiel für die Notwendigkeit eines Multiplexing-Ansatzes, d. h. einer Messmethode, bei der mehrere Merkmale gleichzeitig untersucht werden können.

Trotz des offensichtlichen Bedarfs gibt es bis heute keine schnelle und zuverlässige Nachweismethode für die Alzheimer-Krankheit in der Frühphase, beispielsweise in Form eines Bluttests. Das liegt daran, dass kein spezifischer Biomarker bekannt ist, dessen Vorhandensein im Blut auf Alzheimer schließen ließe. Es gibt jedoch Studien, die darauf hindeuten, dass die Kombination mehrerer Biomarker eine Diagnose ermöglichen könnte. Auch wenn bei Alzheimer-Patienten die Abweichung vom Normalwert jedes einzelnen Markerproteins innerhalb der üblichen Schwankungsbreite lag, so zeigte eine spezifische Kombination von erhöhten und erniedrigten Werten in einem Satz von etwa fünf Proteinen signifikante Abweichungen vom Muster gesunder Patienten. Ziel ist also, die Entwicklung einer Nachweismethode, die durch Analyse mehrerer Parameter sozusagen einen »Fingerabdruck« der Alzheimer-Krankheit erkennt.

Aus optischer Sicht sind in diesem Zusammenhang Halbleiterquantenpunkte als Fluoreszenzmarker prädestiniert, da diese sehr schmale Emissionsspektren (»reine Farben«) haben, die man gut über Filter trennen kann (Fig. 1). Konventionelle Farbstoffe zeigen deutlich breitere, stärker überlappende Spektren. Im vorgestellten Ansatz wird das Multiplexing kombiniert mit Energietransfer (Förster Resonance Energy Transfer, FRET), der nach optischer Anregung von Lanthanoidkomplexen mit langlebigen Anregungszuständen auf die Quantenpunkte erfolgt. Bei zeitaufgelöster Detektion erhält man daraus eine extrem empfindliche, nahezu hintergrundfreie Nachweismethode [1].

Zu dem Thema »optisches Multiplexing« zählt auch das zweite Standbein der Gruppe, die Entwicklung polymerbasierter Laser. Auch wenn rote, grüne und teils blaue Laserpointer inzwischen weit verbreitet sind, so gibt es dazwischen doch ganze Wellenlängenbereiche für die keine konventionellen Festkörperlaser verfügbar sind. In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe »Polymerphotochemie« wurden dafür auf Basis farbstoffdotierter holographisch strukturierter Polymere sehr kleine, günstige und vor allem spektral durchstimmbare Laser entwickelt. Mit Hilfe eines einzelnen UV-Pumplasers kann damit jede gewünschte Anregungswellenlänge erzeugt werden, wobei sich die Laser zudem auch in miniaturisierte Analysesysteme sehr gut integrieren lassen.

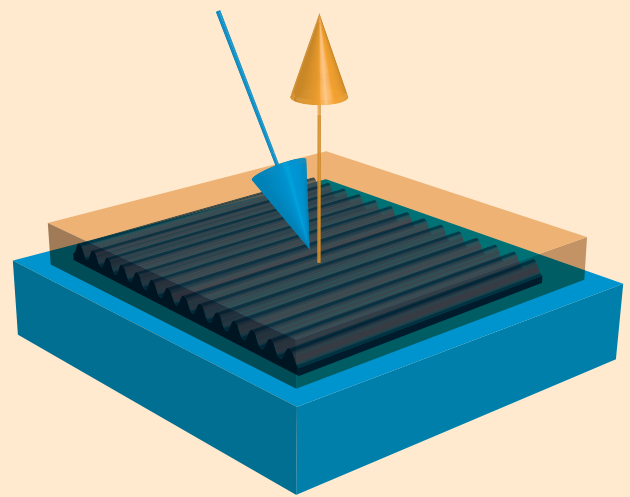
Literatur Literature

[1] D. Geißler, L. J. Charbonnière, R. F. Ziesel, N. G. Butlin, H.-G. Löhmansröben, N. Hildebrandt: *Quantum Dot Biosensors for Ultra-Sensitive Multiplexed Diagnostics*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 49, p. 1396-1401 (2010)

[2] www.nanognostics.eu



2



3

Optical multiplexing for medical diagnostics

The main research activities of the NanoPolyPhotonics group are centered on the EU project "NANOGNOSTICS – Quantum Dot-Based Highly Sensitive Immunoassays for Multiplexed Diagnostics of Alzheimer's Disease". Fraunhofer IAP is the coordinator of this project. Our goal is to develop fast and sensitive optical detection methods for medical diagnostics. These methods as such are not necessarily restricted to detecting Alzheimer's disease (AD), however, this disease is a good example of the need for multiplexed detection, i. e. the need for combining the results of several parameters.

Despite of the obvious demand for a reliable method for early diagnosis of AD, there is currently no blood test or similar method available that can do this. This is because scientists currently know of no biomarker that specifically indicates AD. There are clinical studies, however, suggesting that the combination of several markers could enable AD to be diagnosed. In these studies, even when the concentration of any single marker protein in the blood of AD patients was well within that of the normal fluctuation range of healthy people, the combination of specific variations in a set of five or more biomarkers (some with reduced, some with enhanced concentration) did show a statistically significant deviation. We are therefore looking for a multiplexed detection method that is essentially able to identify the "fingerprint" of Alzheimer's disease.

From an optical point of view, semiconductor quantum dots (QDs) are fluorescence markers that are highly suited for this purpose, as their emission spectra are very narrow compared to standard organic dyes. The narrow emission peaks ("pure colors") can be separated easily into different detection channels using optical filters. In our current work, multiplexing is combined with Förster resonance energy transfer (FRET) from lanthanide complexes. With lanthanide complexes as energy donors, the FRET sensitized QD emission has a lifetime of several hundred microseconds. This enables highly sensitive, virtually background-free detection in time-gated measurements [1].

When it comes to optical multiplexing it is also worth mentioning the group's second research area: the development of polymer based lasers. Today, red, green and sometimes also blue lasers are very common, for example in laser pointers. But between these laser lines there are still large spectral gaps with no conventional solid state laser sources available. In cooperation with the group "Polymer photochemistry" we have been able to develop inexpensive, miniaturized and, above all, spectrally tuneable lasers based on holographically-structured polymers doped with organic dyes. With these lasers, a single UV pump source is sufficient to generate a laser emission in nearly any desired color. Due to their small size and low production cost, these lasers are highly suited for integration into miniaturized analytical systems.

Kontakt Contact



Dr. Stefan Stufler

Telefon +49 331 58187-546
 Fax +49 331 568-2620
 stefan.stufler@iap.fraunhofer.de

Dr. Elmar Schmäzlin

Telefon +49 331 58187-540
 Fax +49 331 568-2620
 elmar.schmaelzlin@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
- Edinburgh Instruments
- Université Paris Sud 11

SYNTHESE- UND POLYMERTECHNIK

SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY

- 74 Lösungsmittelfreie Herstellung von Mikropartikeln**
Solvent-free microparticle formation process
- 76 Verbesserung des Eigenschaftsprofils von Polylactid**
Optimizing the property profile of polylactide



pioneers in polymers



SYNTHESE UND POLYMERTECHNIK

Nachhaltigkeit bei der Synthese von Polymeren

Mit der Ende des Jahres veröffentlichten Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 legt die Bundesregierung die Grundlagen für die Entwicklung einer nachhaltigen biobasierten Wirtschaft bis zum Jahr 2030. Sie zielt einerseits darauf ab, eine weltweite ausreichende und gesunde Ernährung zu sichern. Andererseits soll eine nachhaltige Agrarwirtschaft etabliert werden, um eine Versorgung mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen zu gewährleisten oder die Nutzung von Biomasse als Energieträger auszubauen.

Die größten Herausforderungen hinsichtlich der industriellen Verwertung von Biomasse als Alternative zum Erdöl bestehen für den Bereich der chemischen Industrie, und damit auch für die Kunststofftechnik, weil sich die stoffliche Basis aus der Petrochemie als Bausteine in den Finalprodukten direkt wieder findet. Im Bereich der Energieerzeugung für Strom, Wärme und Transportwesen geht es dagegen »nur« darum, alternative Ressourcen oder Technologien zu nutzen, um die Verbrennung der wertvollen Kohlenstoffbasis – dem Erdöl – zu reduzieren.

So stehen im Bereich der Strom- oder Wärmegewinnung mit den unendlichen Alternativen Sonne, Wind, Wasser und Erdwärme Ressourcen zur Verfügung, die ja bereits heute einen Teilbeitrag am Energiemix darstellen, und für den Bereich Verkehrswesen befinden sich alternative Antriebstechnologien zumindest in der Phase der Erprobung oder sind schon eingeführt.

Obwohl heute prinzipiell 70-90 Prozent der etablierten technischen Polymere und Kunststoffe alternativ auch auf Basis nachwachsender Rohstoffe darstellbar wären, bewegen sich industrielle Umsetzungen entsprechender FuE-Ergebnisse indes nach wie vor in sehr beschränktem Rahmen. Aktuelle Prognosen bis 2020 beschreiben zwar ein erhebliches Wachstum des Marktvolumens an Bio- und biobasierten Polymeren, im Vergleich zum erwarteten Gesamtverbrauch an Kunststoff nehmen sich diese Zahlen allerdings dann nicht weniger bescheiden aus.

Neben Biopolymeren wie Cellulose, Hemicellulose, Stärke, Lignin, Chitin, oder Proteinen, die die Natur in nahezu unendlicher Fülle produziert und die unmodifiziert oder derivatisiert in unterschiedlichen Applikationen teilweise erhebliche Marktanteile besitzen, bilden niedermolekulare Rohstoffe wie natürliche Pflanzenöle, tierische Fette oder Zucker gleichermaßen die alternative Rohstoffbasis für die Synthese einer Vielzahl von chemischen Grundstoffen. 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 zugunsten biobasierter Materialien ist mittelfristig ganz entscheidend davon abhängig, ob sich bei gleicher Performance ein Kostenvorteil erreichen lässt, oder bei vergleichbaren Kosten ein zusätzlicher Nutzen generierbar ist. Eine oft vereinfachte Betrachtung, in der »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 und Verarbeitung von Poly-L-Lactid (PLA) fortgeschritten. Mit den PLA-Produkten von NatureWorks (USA) stehen thermoplastisch verformbare und biologisch abbaubare Kunststoffe insbesondere für den Verpackungsbereich zur Verfügung. Über die drei Stufen Biokonversion stärke- oder zuckerhaltiger Agrarrohstoffe zu L-Milchsäure, Synthese von Dilactid und Ringöffnungspolymerisation kann der Kunststoff PLA synthetisiert werden. Mit der beginnenden Industrialisierung einer effizienten biotechnologischen Herstellung von D-Milchsäure werden gegenwärtig entscheidende Voraussetzungen geschaffen, um die Materialeigenschaften von PLA deutlich verbessern und daneben variabler gestalten zu können.

Im Zusammenhang mit Initiativen im Land Brandenburg, eine PLA-Produktion zu etablieren, die durch die 2010 erfolgte Errichtung einer Demonstrationsanlage durch Uhde Inventa-Fischer eine Teilumsetzung erfuhr, werden eigene FuE-Arbeiten schwerpunktmäßig auf diese Zielrichtung



fokussiert. Mit den geplanten investiven Erweiterungen zur Verbesserung der anlagentechnischen Möglichkeiten, die bereits 2010 teilweise realisiert werden konnten, sind wir in der Lage, den gesamten Prozess – von den beiden Enantiomeren der Milchsäure bis hin zu den jeweiligen reinen PLA-Produkten – im Miniplant-Maßstab abzubilden. Ziel unserer Arbeiten 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 vorzugsweise über Synthese maßgeschneiderter sc-PLA- und sb-PLA-Typen

Aminoharze – klassische Harze mit Potenzial für innovative Entwicklungen

FuE-Arbeiten zur Synthese, Modifizierung, Verarbeitung und Anwendung von Aminoharzen gehören seit vielen Jahren zu den Schwerpunkten des Forschungsbereiches. Die Themenfelder umfassen u. a. schmelzbare Melaminharze, treibmittelfreie Melaminharzschäume, sowie formaldehydfreie Aminoharze. Schmelzbare Melaminharze ermöglichen eine mit den Thermoplasten vergleichbare Verarbeitung. So sind Melaminharzfasern aber auch Melaminharz-Verbundsysteme herstellbar, die sich durch besonders hohe Festigkeiten auszeichnen. Durch gezielten Einsatz von Nanopartikeln ist es gelungen, einen hydrophoben treibmittelfreien Schaum herzustellen. Dieser Melaminharzschäum eignet sich insbesondere als Dämmmaterial im Baubereich. Neben den wärmedämmenden Eigenschaften ist die reduzierte Brandlast bei Einsatz von Melaminharzen ohne zusätzliche Flammenschutzmittel besonders hervorzuheben. Die Kombination des Eigenschaftsprofils der neuen thermoplastisch verarbeitbaren Melaminharze und treibmittelfreien Melaminharzschäume hat besonderes Potenzial im Bereich der leichten Holzwerkstoffe. Dazu zählen Dämmplatten und leichte Holzwerkstoffe mit erhöhter Feuchtigkeitsbeständigkeit, guter mechanischer Stabilität und verbesserten Brandschutzeigenschaften für den Fahrzeugbau, Innenausbau und Messebau sowie für Möbel.

Trotz bekanntermaßen exzellenter Eigenschaften wird der Einsatz von Aminoharzen wegen möglicher Formaldehyd-emissionen verstärkt diskutiert und reglementiert. Insbesondere

verschärfte Regelungen in Japan und den USA haben auch in Europa die Verminderung der Formaldehydabgabe zu einem aktuellen Thema gemacht. Im Rahmen eines Forschungsprojektes werden in unserem Bereich Entwicklungsarbeiten zur Synthese formaldehydfreier Melaminharze für den Einsatz als Klebstoff in Holzwerkstoffen und als Imprägnierharz für Dekorpapiere durchgeführt.

Partikelanwendungen

Die im Forschungsbereich verfügbaren Kompetenzen im Bereich der Partikeltechnologie – Mikroverkapselung von Wirkstoffen und Additiven sowie Synthese und Design funktionaler Latexpartikel – konnte auch im Jahr 2010 vielfältig genutzt werden. Dabei zeigte sich einmal mehr das nach wie vor hohe Potenzial von Kapseln und Partikeln im μm - und nm -Bereich in den verschiedensten Anwendungen. In den Bereichen diagnostische Anwendungen von Partikeln, Partikel für die generative Fertigung, Mikroverkapselung von Flammenschutzmitteln und Parfümölen sowie Phasenwechselmaterialien mit verbessertem Eigenschaftsprofil wurden laufende Projekte fortgesetzt. Weitere Projekte beinhalteten die Mikroverkapselung von Härtern für Dichtstoffe bzw. die Entwicklung eines neuartigen Bindemittels für Vliesmaterialien. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur aktuellen Thematik »Selbstheilung von Oberflächen bzw. Oberflächen mit reduziertem Reibungskoeffizienten« wurden ebenfalls gestartet.

Die im Jahr 2009 in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IAO zur Verbesserung des Technologietransfers von Verkapselungsverfahren und Kapselapplikationen in die Wirtschaft gegründete Technologieplattform Mikroverkapselung konnte etabliert und durch die Gewinnung neuer Teilnehmer verstärkt werden. Teilnehmende Unternehmen erhalten im Rahmen der Plattform einen kompakten Einblick in neueste Entwicklungen auf diesem Gebiet. Ergänzend hierzu fand im Oktober 2010 bereits der dritte Workshop unter der Überschrift »Business Model Innovation – Neue Einsatzmöglichkeiten der Mikroverkapselung« statt. Zu dieser erfolgreichen Veranstaltung durften wir ca. 70 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Industrie und Wissenschaft im Fraunhofer IAP begrüßen.

SYNTHESIS AND POLYMER TECHNOLOGY

Sustainable polymer synthesis

The National Bio-economy Research Strategy 2030, published by the federal government at the end of the year, forms the basis for the development of a sustainable bio-based economy by the year 2030. One of its goals is to ensure sufficient, healthy food worldwide. It also aims to establish a sustainable agricultural economy in order to guarantee the supply of high-quality products made from renewable resources and to extend the use of biomass as an energy source.

With respect to the industrial utilization of biomass instead of petroleum feedstocks, the chemical industry and consequently the plastics technology are confronted with the major challenges. Efficient processes and technologies have to be developed for the conversion of biomass into building blocks suitable for polymer synthesis. Producing energy for electricity, heat and transportation is "only" about using alternative resources or technologies in order to reduce the burning of a valuable carbon-based material – petroleum. In the area of electricity and heat generation there is an infinite number of alternatives available, including solar, wind, water and geothermal energy. Today they already make up a portion of the energy mix. In the area of transportation, alternative forms of drive technologies are in the testing phase or have already been introduced.

Even though today, in principle, 70 to 90 percent of the established technical polymers and plastics could also be produced using renewable raw materials, scaling up these R&D findings to an industrial level can still only be done to a limited extent. Current forecasts for 2020 predict a considerable increase in market volume for bio and bio-based polymers, however compared to the expected total consumption of plastics, these figures still remain modest.

Biopolymers such as celluloses, hemicelluloses, starches, lignin, chitin or proteins are produced naturally in nearly endless quantities and to some extent already have a considerable share in the market in various applications in an unmodified or derivatized form. Low molecular weight raw materials such as natural plants oils, animal fats or sugars also form the basis for an alternative raw material for synthesizing numerous basic chemical substances. Appropriate basic materials for producing

bio-based plastics are made possible by bio-converting agricultural raw materials or by combining biotechnological processes with catalytic processes.

In the medium term, whether or not bio-based materials improve their position on the plastics market is decisively dependent upon whether they are able to achieve the same performance for less money, or whether an additional benefit can be generated for the same money. An often simplified view that "bio-based" means CO₂ neutrality is certainly not a permanent driving force.

Today, using biotech raw materials for synthesizing plastics in industrial applications is furthest along when it comes to producing and processing Poly-L-Lactide (PLA). PLA products from NatureWorks (USA) are thermoplastically moldable and biodegradable plastics that are used particularly in packaging. The PLA plastics are synthesized in three steps: bioconversion of agricultural materials containing starch or sugar into L lactic acid, dilactide synthesis and ring opening polymerization. With the start of efficient biotechnological production of D-lactic acid on an industrial scale, conditions are being established that will distinctly improve the material properties of PLA while making more variable configuration possible.

Initiatives by the state of Brandenburg to establish PLA production were partially realized in 2010 through the construction of a demo-plant by Uhde Inventa-Fischer, are reflected in the focus of our own R&D work. The scheduled increase in investment to improve the potential of our plant, partially carried out in 2010, allows us to map the entire process on a mini-plant scale – from the two lactic acid enantiomers to the pure PLA products. The goal of our work is to speed up the development of PLA materials with improved performance characteristics for various applications in order to achieve fast commercial viability. Particular focus is being placed on investigating ways of controlling the polymer structure, preferably through synthesis of tailored sc PLA and sb PLA types.

Amino resins – traditional resins with innovative potential

R&D activities for synthesis, modification, processing and application of amino resins has been a focus of this research department for many years. Topics being investigated include meltable melamine resins, foaming agent-free melamine resin foams and formaldehyde-free amino resins. Meltable melamine resins make processing possible that is comparable with thermoplastics. This enables us to produce very strong melamine resin fibers and melamine resin composites. Through targeted use of nanoparticles we have been able to produce a hydrophobic, foam that is free of a foaming agent. This melamine resin foam is particularly suitable as an insulating material in the construction industry. In addition to its insulating properties, when melamine resins are used there is a reduced fire load without the need for an additional flame retardant. There is great potential for light wood-based materials when the properties of melamine resins that are thermoplastically processable and melamine resin foams that are foaming agent-free are combined. This includes insulation panels and light wood-based materials with increased moisture resistance, good mechanical stability and improved fire resistant properties for the automotive industry, interior design, trade fair construction and furniture.

Despite the excellent well-known properties of amino resins, their use is strongly debated and regulated due to possible formaldehyde emissions. Particularly strong regulations in Japan and the US have made the reduction of formaldehyde emissions a current topic in Europe as well. As part of a research project, we are working on synthesizing melamine resins free of formaldehyde for use as an adhesive in wood-based materials and as an impregnating resin for decorative paper.

Particle applications

The competencies available in the field of particle technology research – micro-encapsulation of active ingredients and additives, as well as synthesis and design of functional latex particles – could also be utilized in many ways in 2010. Once more it was shown that there is still a lot of potential for capsules and particles on a μm and nm scale in many different applications. Ongoing projects were continued for diagnostic applications for particles, particles for generative manufacturing technologies, micro-encapsulation of flame retardants and perfume oils and phase transition materials with improved properties. Other projects dealt with micro-encapsulation of hardening agents for sealing compounds and the development of a new form of bonding agent for non-woven materials. Research and development on the current topic of “self-healing surfaces or surfaces with reduced friction coefficients” also began.

The micro-encapsulation technology platform, founded in 2009 together with the Fraunhofer IAO to improve technology transfer of encapsulation methods and capsule applications in industry, was established and strengthened through new members. As part of the platform, participating companies receive a brief insight into the latest developments in this field. In addition to this, the third workshop took place in October 2010 entitled “Business Model Innovation – Neue Einsatzmöglichkeiten der Mikroverkapselung”. We were able to welcome around 70 participants from industry and science to the successful event held at the Fraunhofer IAP.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Synthese von Polymeren

Produktentwicklung

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

Prozessentwicklung

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

Partikelanwendungen

Partikelsynthese

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

Charakterisierung

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

APPLICATIONS AND SERVICES

Polymer synthesis

Product development

- amino resins
- C-chain polymers
- synthetic and bio-based polyesters, polyamides, polyurethanes

Process development

- manufacturing of compounds in *in situ* processes
- optimization of technical polymer synthesis processes
- polycondensation in solution and melts
- polymer synthesis and polymer modification through reactive extrusion
- radical polymerization in solution, in bulk and in heterophase systems
- synthesis of polymers through polyaddition

Particle applications

Particle synthesis

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

Characterization

- degradation and dissolution studies for carrier systems
- determination of surface charge density of colloidal dispersions
- electro-kinetic characterization of colloidal dispersions (streaming potential, electrophoretic mobility, zeta potential)

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

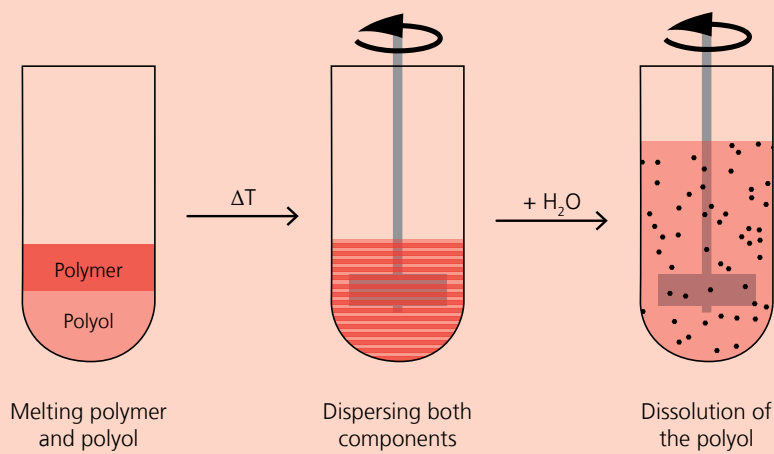
Polymer synthesis

Dr. Antje Lieske

Telefon +49 331 568-1329

Fax +49 331 568-3000

antje.lieske@iap.fraunhofer.de



- 1 Principle of the solvent-free particle forming process.
- 2 The volume particle size distribution of polylactide particles depends on the concentration of maltose.
- 3 Scanning electron micrograph of the generated polylactide particles.

1

Lösungsmittelfreie Herstellung von Mikropartikeln

Bioresorbierbare Polymere wie Polylactid (PLA) und Polycaprolacton (PCL) gewinnen zunehmend im medizinisch-pharmazeutischen Bereich an Bedeutung. Bekannt ist die Verkapselung von Wirkstoffen zur Erzielung einer Retardwirkung der Medikamente oder die Verwendung der Polymere in Vliesen zur Wundabdeckung. Außerdem finden auch bioresorbierbare Implantate aus Polylactid Anwendung. Neben den mittels Spritzguss hergestellten Standardimplantaten sind hier verstärkt für den jeweiligen Einsatz maßgeschneiderte Implantate gefragt. Für die Herstellung dieser Implantate werden generative Fertigungsverfahren wie das selektive Laserschmelzen (Selective Laser Melting, SLM) eingesetzt. Auf Grund des schichtweisen Aufbaus der Implantatgeometrien mit Primärschichtdicken im μm -Bereich werden an die zum Einsatz kommenden Polymerpartikel hohe Anforderungen bezüglich Partikelform und -größe gestellt.

Derartige Partikel konnten bereits erfolgreich mit Hilfe der Lösungsmittelverdampfung hergestellt werden [1]. Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, dass die Verwendung von chlorierten Kohlenwasserstoffen, die gesundheitlich bedenklich sind, erforderlich ist. Daher wurde die Realisierbarkeit eines lösungsmittelfreien Schmelzverfahrens untersucht.

Zur Herstellung der Partikel wird das Polymer zusammen mit einem wasserlöslichen Polyol (z. B. Polyethylenglykol, PEG) aufgeschmolzen und die Komponenten dispergiert. Im Laborversuch wurde dies mit Hilfe eines Balkenrührers realisiert. Nachdem die Polymer/Polyol-Mischung abgekühlt ist, wird das Polyol mit Wasser herausgelöst und die Polymerpartikel durch Filtration gewonnen (Fig. 1).

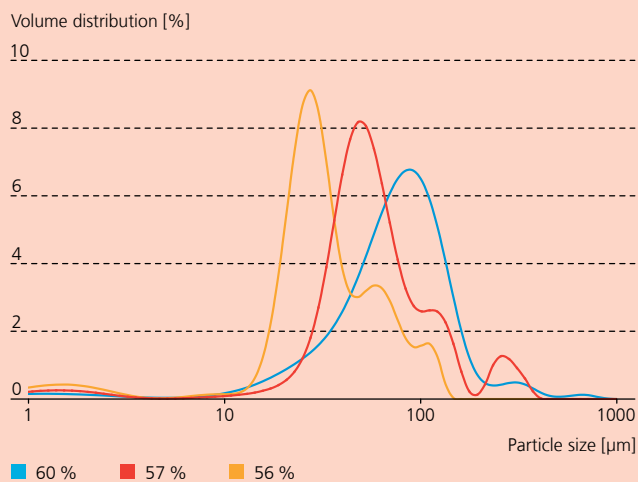
Für das System Polycaprolacton/Polyethylenglykol konnten erfolgreich Partikel hergestellt werden. Es wurden verschiedene Einflussgrößen, wie die Rührtemperatur, die Rührdauer und der PEG-Anteil, untersucht. Ein Abbau des Polycaprolactons wurde nicht festgestellt.

Zur Generierung von Mikropartikeln aus Polylactid war die Verwendung von PEG als Hilfsstoff nicht möglich, da beide Komponenten in der Schmelze miteinander reagieren und ein Copolymer bilden. Daher wurde auf Maltose als wasserlöslichen Hilfsstoff zurückgegriffen. Durch die Variation der Rührdauer und des Maltoseanteils am Gesamtgemisch konnte die Größe der resultierenden Partikel gut eingestellt werden (Fig. 2). Wie in der REM-Aufnahme (Fig. 3) zu erkennen ist, weisen die hergestellten Partikel eine sphärische Form mit einer gleichmäßigen Oberfläche auf. Bei der Untersuchung der Molmasse der PLA-Partikel wurde ein deutlicher Abbau auf Grund der großen thermischen Empfindlichkeit des Polylactids festgestellt. Der Grad des Abbaus nimmt jedoch ab, wenn die Dauer der thermischen Belastung reduziert wird. Daher ist bei der Übertragung des Verfahrens auf einen größeren Maßstab im Knetter oder Extruder mit einem deutlich geringeren Abbau zu rechnen.

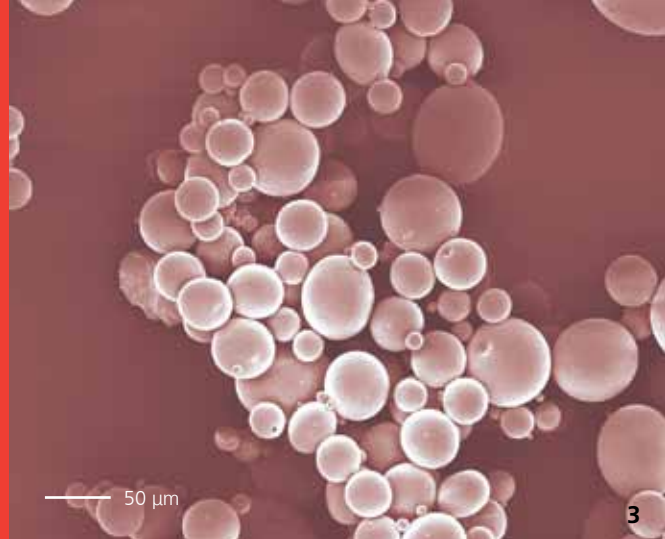
Die prinzipielle Realisierbarkeit des Verfahrens im Knetter wurde anhand des Systems PCL/PEG bereits nachgewiesen.

Literatur Literature

- [1] M. Jobmann: *Polylactidpartikel für selektives Laserschmelzen*, Jahresbericht 2008, p. 66-67 (2008)



2



3

Solvent-free microparticle formation process

Bioresorbable polymers (e. g. polylactide, PLA and polycaprolactone, PCL) are becoming increasingly important for medical-pharmaceutical applications. The encapsulation of active ingredients to achieve a delayed release of drugs and the use of these polymers in fleece for wound dressings are already known. Moreover, bioresorbable implants made of polylactide are already in use. Customized implants are increasingly being used in addition to standard injection-molded implants. Generative manufacturing methods like the selective laser melting process (SLM) are used to produce such implants. High demands are placed on the shape and the particle size distribution of the polymer particles used. This is necessary because of the layer-by-layer design of tailor-made implants and a primary layer thickness that is in the µm-range.

Such particles could already be generated by a solvent evaporation process [1]. The disadvantage of this method is the use of harmful chlorinated hydrocarbons. Therefore we investigated the practicability of a solvent-free melting method.

In this process, the polymer material is melted together with a water-soluble polyol (e. g. polyethylene glycol, PEG) and both components are dispersed. In the laboratory trial this was performed using a paddle agitator. After the polymer/polyol mixture is cooled down, the polyol is dissolved in water and the polymer particles are separated by filtration (Fig. 1).

We were able to successfully produce particles for the polycaprolactone/polyethylene glycol system. Several influencing variables like stirring temperature, stirring time and the amount of PEG were studied. No degradation of polycaprolactone was found.

The generation of polylactide microparticles was not possible using polyethylene glycol as an additive because both components react in the melted state and form a copolymer. For this reason maltose was used as a water-soluble additive. The size of the resulting particles could be adjusted easily by changing the stirring time and the amount of maltose in the mixture (Fig. 2). As can be seen in the SEM micrograph, the particles produced are spherical in shape and have a smooth surface. An investigation of the molecular weight of the PLA particles revealed considerable degradation because of the thermal sensitivity of polylactide. However, the degree of degradation decreases when the duration of thermal exposure is reduced. Thus, the degradation is expected to be much lower if the process is scaled-up and executed in a kneading machine or extruder.

The procedure's feasibility using a kneading machine has already been proven for the PCL/PEG system.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Jesse

Telefon +49 331 568-1216

Fax +49 331 568-3000

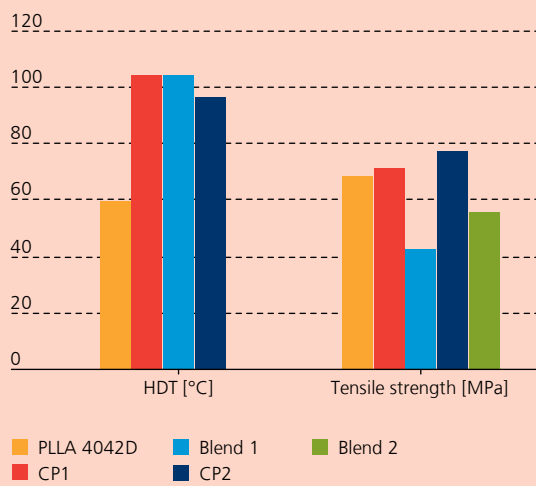
kathrin.jesse@iap.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Monika Jobmann

Telefon +49 331 568-1213

Fax +49 331 568-2513

monika.jobmann@iap.fraunhofer.de



1 Mechanical properties of PLLA, selected block copolymers and the corresponding blends.

2 Selected property profile of PLLA, selected block copolymers and the corresponding blends, after tempering for 30 min at 115 °C.

Verbesserung des Eigenschaftsprofils von Polylactid

Polylactid (PLA) verfügt über eine Reihe interessanter Materialeigenschaften, die diesem biobasierten Polymer insbesondere Marktpotenziale im Verpackungsbereich sichern. Allerdings verlangt die Eroberung breiterer Applikationsfelder die Verbesserung von mechanischen und thermischen Eigenschaften. Im Rahmen von diesbezüglichen FuE-Arbeiten wurden u. a. Untersuchungen zur Kombination von Poly-L-Lactid (PLLA) mit anderen thermoplastischen Werkstoffen in Form von nicht-statistischen Copolymeren durchgeführt. Dies gelingt über die Ringöffnungspolymerisation von Lactid, wobei der Thermoplast in Form eines Makroinitiators eingesetzt wird.

Nachdem erste Untersuchungen bereits über den Anstieg der Glasübergangstemperatur Hinweise auf verbesserte Eigenschaften derartiger Copolymere gegenüber den entsprechenden Blends lieferten, wurden nun verschiedene Copolymere dargestellt und die mechanischen Eigenschaften im Vergleich zu den entsprechenden Blends und zu reinem PLLA untersucht. Sowohl die Blends, als auch die Copolymere weisen eine signifikant bessere Wärmeformbeständigkeit auf, als reines PLLA. Die Blockcopolymere haben allerdings ein bedeutend besseres mechanisches Eigenschaftsprofil als die Blends.

Exemplarisch werden Blockcopolymere aus PLLA und Polystyrol vorgestellt. Gemäß Fig. 1 bewirkt bereits der Einbau von 10 Prozent Polystyrol überraschend starke Eigenschaftsverbesserungen (CP2). Bei einer Steigerung des Polystyrolanteils auf 35 Prozent (CP1) steigt die Wärmeformbeständigkeit nochmals geringfügig an (Fig. 2). Die mechanischen Eigenschaften verschlechtern sich dagegen in geringem Ausmaß im Vergleich zu CP2, sind jedoch immer noch gleichwertig zu denen von reinem PLLA. Fig. 2 veranschaulicht zusammengefasst die Vorzüge der Copolymere gegenüber reinem PLLA und gegenüber den entsprechenden Blends.

Zusätzlich zur Variation des Masseanteils von Polystyrol wurde auch die Molmasse des Polystyrolblocks bei gleichbleibendem Masseanteil variiert. Es konnte gezeigt werden, dass eine Molmasse von etwa 30 000 g/Mol wie im vorgestellten Beispiel die besten Ergebnisse liefert. Eine Verkürzung der Polystyrolblocklänge führt vermutlich aufgrund der insgesamt geringeren Molmasse zu einem schlechteren Eigenschaftsprofil, während höhere Polystyrolmolmassen die Copolymerisationsrate stark abnehmen lassen und damit überwiegend Blends anstelle von Copolymeren gebildet werden.

Neben Diblockcopolymeren wurden auch Triblockcopolymere dargestellt, welche über mittels RAFT synthetisierte bifunktionelle Makroinitiatoren zugänglich sind. Erwartungsgemäß wurde hierdurch keine weitere Optimierung der Eigenschaften im Vergleich zu Diblockcopolymeren festgestellt.

Derzeitig werden nicht-statistische Copolymerisationen des PLLA mit weiteren interessanten Thermoplasten vorangetrieben.

	M_n (PS)	M_n (PLLA)* (GPC)	M_n (Copolymer)	δ_{max} [MPa]	ϵ_{bruch} [%]	E-modulus [MPa]
CP1 PS-PLLA 35/65	30,000	47,000	77,000	71.0	4.9	2,800
Blend 1 PS/PLLA 32/68	30,000	56,000	-	43.0	1.9	2,620
CP2 PS-PLLA 11/89	30,000	67,000	97,000	76.5	8.0	3,000
Blend 2 PS/PLLA 10/90	30,000	92,000	-	56.0	4.0	2,253
PLLA (4042 D)		92,000		69.0	7.0	2,870

* The molar mass of the blends is a direct determined value using a polystyrene standard. The molar mass of the PLA-blocks of the copolymers is only a calculated value of the difference of the molar masses of the copolymer and the used macro initiator.

2

Optimizing the property profile of polylactide

PLA possesses a couple of interesting material properties which assure marketability of this bio-based polymer, particularly in the packaging sector. However, its mechanical and thermal properties need to be enhanced in order to capture additional fields of application. Investigations into combining poly-L-lactide (PLLA) with other thermoplastic materials to develop non-statistic copolymers were carried out as part of related R&D activities. Synthesis is performed through the ring opening polymerisation (ROP) of L,L-dilactide, in which the thermoplastic material is applied as a macroinitiator.

Since pre-examination of the glass transition temperatures in samples had already provided indication of improved thermal properties, a series of copolymers was synthesized. The properties of these copolymers were analyzed and compared to those of pure PLLA and of corresponding blends. Both the blends and the block copolymers show significantly increased heat deflection temperatures (HDT) compared to pure PLLA. The block copolymers, however, clearly possess better mechanical property profiles than the blends.

Block copolymers of PLLA and polystyrene are presented by way of example. As seen in Fig. 1, the introduction of as little as 10 percent of polystyrene results in a surprisingly stark improvement in the properties (CP2). By increasing the amount of polystyrene to 35 percent (CP1), there is a further, slight increase in HDT (Fig. 2). In contrast, there is a fractional adverse effect on the mechanical properties in comparison with CP2, but they are still equivalent to those of pure PLLA. Fig. 2 summarizes the advantages of the copolymers compared to pure PLLA and to the corresponding blends.

In addition to varying the mass percent of polystyrene, the molar mass of the polystyrene block was varied keeping the mass percentage constant. It was revealed that a molar mass of about 30,000g/mol, like in the presented example, affords the best results. A shorter polystyrene block leads to an inferior mechanical property profile, most likely due to an overall lower molar mass of the block copolymer. At higher polystyrene molar masses, the rate of copolymerization is severely reduced and blends are predominantly formed.

Not only diblock copolymers, but also triblock copolymers were synthesized, which are accessible via RAFT-synthesized bifunctional macroinitiators. As expected, a further enhancement of properties in comparison to the diblock copolymers was not observed.

Nonstatistical copolymerization of PLLA with other interesting thermoplastic materials are under intensive investigation at present.

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 e.V., FNR

Kooperation Collaboration

– Uhde Inventa Fischer GmbH, Berlin
 – German Bioplastics Guben GmbH,
 Guben

WASSERBASIERENDE POLYMERSYSTEME WATER-BASED POLYMER SYSTEMS

- 86** **Schaltbare Polymergele für biomedizinische Anwendungen**
Responsive polymer gels for biomedical applications
- 88** **Neue Agenzien mit NMR-Label für die Polymeranalyse**
New NMR-labeled agents for polymer analysis
- 90** **Nanotechnologie in Medizin, Pharmazie und Kosmetik**
Nanotechnology in medicine, pharmacy and cosmetics
- 92** **Chargenverfolgung mittels BarCodeDNA**
Product tracking using BarCodeDNA



pioneers in polymers



POLYMERE UND WASSER – EINE AUSSERGEWÖHNLICHE VERBINDUNG

So wie Polymere eine besondere Materialklasse mit enormen Möglichkeiten darstellen, ist Wasser ein besonderes Medium. Wasser begegnet uns fast überall. Nicht nur für das Leben, auch für viele Produkte und technische Prozesse ist Wasser wegen seiner speziellen Eigenschaften als Löse- und Dispergiermittel unverzichtbar. Wässrige Systeme sind für die Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Polymeren unter ökologischen und sicherheitstechnischen wie ökonomischen Gesichtspunkten gleichermaßen attraktiv. Denn Wasser vereinigt viele günstige Eigenschaften miteinander wie Ungiftigkeit, Unbrennbarkeit, etabliertes Recycling, große Ressourcen und niedriger Preis. Weit über die Bereiche hinaus, zu denen es zu Wasser als Medium ohnehin keine Alternativen gibt, ersetzen deshalb wasserbasierende Polymersysteme mehr und mehr Systeme, die organische Lösemittel enthalten. Weitere typische Einsatzfelder sind Medizin, Gesundheit, Kosmetik, Ernährung, Bio- und Lebensmitteltechnologie, in denen wasserbasierende Polymersysteme zusätzlich zu ihrem speziellen Eigenschaftsprofil auch große toxikologische Vorteile aufweisen.

Profile von wasserbasierenden Polymersystemen

Wasser ist ein Lösemittel mit vielen Facetten und Möglichkeiten. Entsprechend umfassen wasserbasierende Systeme das gesamte Spektrum von Polymeren, die wasserlöslich sind und in wässriger Lösung angewandt werden, über solche, die aus Wasser appliziert werden, deren Endverbleib aber nicht-wässrig ist, bis zu an sich wasserunlöslichen Systemen, in denen Wasser als temporäres Hilfs-, Verarbeitungs- oder Dispergiermittel eingesetzt wird. In die erste Gruppe fallen z. B. Viskositätsregler, Tenside, Emulgatoren und Löslichkeitsvermittler, Anti-Redeposition Agents, Entschäumer, Ionenaustauscher oder Wasserenthärter. Die zweite Gruppe beinhaltet u. a. Flockungsmittel, Papierchemikalien, Haarpflegemittel, Lacke, Klebstoffe, Photoresists, oder Betonhilfsmittel. Für die dritte Gruppe stehen viele Polymerkolloide und Latices, sei es für Anstriche, Kautschuke oder Papiere, und diverse Verkapselungsmaterialien.

Das Feld der wasserbasierenden Polymersysteme wird außerdem noch durch die vielen Systeme ergänzt, die in ständigem Kontakt mit Wasser eingesetzt werden, ohne in diesem Medium löslich zu sein. Hier sind primär Polymersysteme

zu nennen, die in Wasser quellen oder von Wasser benetzt werden. In diese Gruppe fallen Hydrogele, Superabsorber, Membranen, viele Beschichtungen, bakterizide Oberflächen und medizinische Materialien.

Unsere Expertise deckt wasserbasierende Polymersysteme in voller Breite ab. Die Arbeitsthemen erstrecken sich von der Stoff- über Verfahrensentwicklung, Analytik und Charakterisierung in wässrigen Systemen bis zu den diversen Anwendungen auch außerhalb von Wasser. Der Schwerpunkt liegt auf der Materialentwicklung und umfasst sowohl molekular gelöste als auch kolloidale Systeme, Hydrogele und Oberflächen. Gegenüber den klassischen Einsatzgebieten gewinnen dabei zunehmend kosmetische wie medizinische Anwendungen an Gewicht.

Besonderheiten

Wasser ist für viele Substanzen ein schlechtes Lösemittel und zugleich oft chemisch nicht inert. Dies gilt es bei der Herstellung, Lagerung und Anwendung wasserbasierender Polymere stets zu beachten. Mit unserer großen Erfahrung sind Polymersynthesen und -umsetzungen in Wasser bzw. verwandten Lösemitteln eine unserer Spezialitäten.

Die molekulare Struktur der meisten wasserbasierenden Polymere, gleich ob synthetischer oder natürlicher Herkunft, ist durch Gruppen gekennzeichnet, die eine hohe Affinität zu Wasser haben, wie geladene und/oder hochpolare Gruppen. Dies führt zu komplexen Wechselwirkungen bereits untereinander und erst recht mit dem Lösemittel Wasser, das physikalische Besonderheiten aufweist. Daher ist das Verhalten wasserbasierender Polymere oft sehr kompliziert und verlangt spezielle Analyse- und Untersuchungsmethoden. Entsprechend entwickeln wir auch die Analytik und Untersuchung wässriger/ wasserbasierender Systeme ständig weiter und können so die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren ganzheitlich und unter sehr unterschiedlichen Gesichtspunkten betreiben.



Polymerisationsmethoden

Radikalische Polymerisationen bilden einen besonderen Schwerpunkt unserer Entwicklungsarbeiten, da sie in Wasser weitgehend ungestört ablaufen. Dazu kommen chemische Modifizierungen von Polymeren, wie sie in besonderem Maß für Polymere auf Basis nachwachsender Rohstoffe anfallen. Die Arbeiten erstrecken sich aber auch auf nicht-wässrige Systeme. Neben der eigentlichen Polymersynthese beinhaltet dies auch die Synthese neuer Monomere, Initiatoren und Kettenregler, ergänzt durch die Synthese von Additiven, beispielsweise neuen UV-Stabilisatoren oder Verträglichkeitsmachern. Als modernen methodischen Ansatz haben wir in den letzten Jahren diverse Techniken der kontrollierten radikalischen Polymerisation implementiert, vor allem unter anwendungstechnischen Gesichtspunkten für wässrige Systeme. Diese Polymerisationsmethoden bieten einen neuen Zugang zu Polymeren mit besser definierten molekularen Parametern und besonderer Architektur. So lassen sich z. B. relativ einfach funktionale Blockcopolymere und Sterne herstellen, die attraktive Möglichkeiten für die Entwicklung neuer Emulgatoren, Dispergiermittel, Verträglichkeitsmacher und nanostrukturierter Systeme eröffnen.

Neue wasserbasierende Polymere

Neue Stoffe und Produkte werden von uns je nach Anforderungsprofil und beabsichtigtem Einsatzgebiet auf Grundlage synthetischer Polymere wie Polyacrylate oder natürlicher Polymere wie Polysaccharide, entwickelt. Dies umfasst sowohl ungeladene (»nicht-ionische«) als auch geladene Polymere, also Polyelektrolyte und Ionomere. Dazu kommen Spezialprodukte wie die Polyampholyte, die gleichzeitig positiv und negativ geladene Gruppen tragen und in ihrem Verhalten oft Proteinen ähneln. Die Anwendungsgebiete von kationischen Polymeren illustrieren sehr gut das Nebeneinander des Einsatzes wasserlöslicher Polymere in traditionellen wie auch in innovativen Produkten und Verfahren. Das breite Spektrum traditioneller Anwendungen reicht von Abwasserreinigung, Flockungsmitteln, Papierherstellung und Textilveredlung bis zu Haarfestigern und Weichspülern. Neue Entwicklungen finden sich in Bereichen wie bakterizide Oberflächen, kontrollierter Transport und Freigabe von Arzneistoffen oder in der Gentherapie.

Polymere Hydrogele

Hydrogele finden vielfältige Anwendungen in Lebensmitteln, Hygieneprodukten, Körperpflege, Kosmetik, Pharmazie und Medizin, aber auch im Bauwesen oder der Landwirtschaft. Bei ihnen ist nicht nur das Quellverhalten der Polymere und eine Kontrolle des Wasserhaushalts von Interesse. Sie können als Barriere-, Puffer-, Schutz-, Verträglichkeits-, Adhäsions-, Absorptions-, Depot- oder Sensorschicht dienen, aber auch für Schäume oder Trennprozesse. Je nach Einsatzzweck unterscheiden sich chemische Struktur und physikalisches Verhalten der Polymere deutlich, ganz in Analogie zu wasserlöslichen Systemen.

»Intelligente« Materialien

Biologische Systeme sind in der Lage, sich an geänderte Umweltbedingungen anzupassen. Es wird zunehmend versucht, Materialien zu entwickeln, deren Eigenschaften sich in Analogie zu einem solchen Verhalten auf bestimmte Signale oder Umgebungsparameter hin »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. So lösen sich viele 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. im biomedizinischen Kontext.

Die folgenden Aufsätze sollen exemplarisch die Vielseitigkeit und -schichtigkeit wasserbasierender Polymersysteme anhand aktueller Arbeiten vorstellen.

POLYMERS AND WATER – AN EXCEPTIONAL BOND

Just as polymers represent a special class of materials with enormous potential, water is a special medium. We find water everywhere. It is indispensable not only for life, but also for many products and technical processes thanks to its special properties as a solvent and dispersing agent. Aqueous systems are attractive for the production, processing and application of polymers because they are equally ecological, safe and economical. Water unites many convenient properties such as being non-toxic, non-flammable, recyclable, abundant and inexpensive. Far beyond application areas where there are no alternatives to water as a medium anyway, aqueous polymer systems are replacing more and more systems that contain organic solvents. Further application fields include medicine, health, cosmetics, nutrition, organic food and food technology in which aqueous polymer systems reveal major toxicological advantages in addition to their special properties.

Profile of aqueous polymer systems

Water is a multi-faceted solvent with great potential. Accordingly, aqueous systems encompass the entire range of polymers – those that are water-soluble and can be used in aqueous solvents, those that are applied from water whose final use is non-aqueous, and water-insoluble systems in which water is used as a temporary additive, processing medium or dispersion agent. The first group includes viscosity modifiers, surfactants, emulsifiers, solubilizers, anti-redeposition agents, defoamers, ion exchangers and water softeners. The second group contains flocculants, paper chemicals, hair care products, paints, adhesives, photoresists or additives for concrete. Many polymer colloids and latices are included in the third group, either for paints, rubber or paper and diverse encapsulation materials.

The field of aqueous polymer systems is also supplemented by many systems that, when applied, are in constant contact with water without dissolving. These are primarily polymer systems that swell in water or are wetted by water. This group includes hydrogels, super-absorbers, membranes, coatings, bactericide surfaces and medical materials.

Our expertise covers the entire range of aqueous polymer systems. Our work spans material and process development, analytics, characterization in aqueous systems and diverse applications outside of water as well. We focus on material development which includes molecularly dissolved systems, colloidal systems, hydrogels and surfaces. Compared to traditional areas of application, cosmetic and medical applications are becoming more and more prevalent.

Special features

Water is a poor solvent for many substances and is often not chemically inert. This must be taken into consideration during production, storage and application of aqueous polymer systems. Because of our abundant experience, polymer syntheses and reactions in water or related solvents is one of our specialties.

The molecular structure of most aqueous polymers, regardless of whether they are natural or synthetic, is marked by groups that have a high affinity to water, such as charged and/or highly polar groups. This leads to complex interactions with each other and especially with the solvent water which possesses special features. This often makes the behavior of aqueous polymers very complicated and demands special analysis and investigation methods. Accordingly, we continuously improve our analytical methods and possibilities to investigate aqueous systems. This enables us to develop new products and methods holistically and under very different aspects.

Polymerization methods

Radical polymerization is a special focus of our development work since it proceeds readily in water. Additionally, we focus on chemical modifications of polymers as is typical for polymers made from renewable raw materials. Our work also includes non-aqueous systems. In addition to the actual polymer synthesis, this also encompasses synthesis of new monomers, initiators and transfer agents, supplemented by the synthesis of additives, for example new UV stabilizers or compatibilizers. In the past few years we have implemented diverse methods of controlled free radical polymerization as modern methodological approach, particularly for aqueous system applications. These polymerization methods offer

access to new polymers with better-defined parameters and special architecture. This allows us to produce, for example, relatively simple, functional block and star-block copolymers which open up attractive possibilities for developing new emulsifiers, dispersing agents, compatibilizers and nanostructured systems.

New aqueous polymers

Depending on the required parameters and intended field of application, we develop new materials and products based on synthetic polymers such as polyacrylates or natural polymers like polysaccharides. This includes both uncharged ("non-ionic") and charged polyelectrolytes and ionomers. This is supplemented by special products such as polyampholytes that carry both positively and negatively charged groups and often behave like proteins. The application fields of cationic polymers excellently illustrate how water-soluble polymers can be used side-by-side in traditional as well as innovative products and processes. The broad spectrum of traditional applications range from sewage treatment, to flocculants, paper manufacturing, textile finishing, hair styling products and softeners. New applications can be found in areas such as bactericide surfaces, controlled transport and release of drugs, and in gene therapy.

Polymer hydrogels

Hydrogels are found in many types of applications in food, hygiene and personal care products, cosmetics, pharmaceutical and medical applications, as well as in construction and agriculture. With hydrogels, it is not only the swelling behavior and controllable water-balance that is of interest. They can also serve as a barrier, buffer, protection, compatibilizer, adhesive, absorber, depot or sensory layer. They are also used in foams and separation processes. The chemical structure and physical behavior of the polymers differ greatly depending on the purpose of the application, just as with water-soluble systems.

"Intelligent" materials

Biological systems are capable of adapting to changes in environmental conditions. Scientists are increasingly attempting to develop materials whose properties can "switch" upon certain signals, are induced by changing environmental parameters. These materials are termed "intelligent". They can be triggered by physical or chemical stimuli including temperature, light, pH values and even complex chemical reactions. Water-soluble polymers offer many opportunities in this area. Many polymers are soluble at low temperature in water, but become insoluble when the temperature rises. Such a miscibility gap can be used for switching: a change in temperature by only a few degrees fundamentally alters the properties of this polymer. We are currently investigating applications for such reversibly switchable polymers, for instance in a biomedical context.

The following essays present the diversity and complexity of aqueous polymer systems based on current work.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Polymere in wässrigen Medien

Ausgewählte Anwendungen

- Absorber
- Beschichtungen
- Hilfsstoffe für Kosmetika und Pharmazeutika
- Hydrogele
- medizinische Materialien
- Oberflächenmodifizierung
- Papierhilfsmittel
- Prozesshilfsmittel für Trennprozesse
- Schwermetall-Immobilisierung
- Solubilisatoren, Emulgatoren und Dispersionsstabilisatoren
- temporäre und leitfähige Schichten
- Tenside
- Trägerstoffe
- Verträglichkeitsmacher
- Viskositätsregler

Neue Synthesen und Verfahren

- Dispersions- und Emulsionspolymerisation in wässrigen und inversen Systemen
- Modifizierung von Precursor-Polymeren
- neue Funktionsmonomere, Initiatoren und Kettenregler
- Polymerisation nach kontrollierten Mechanismen
- Reaktionen in ionischen Flüssigkeiten
- Sol-Gel-Verfahren
- Vinylpolymerisation in Masse und Lösung

Definierte Molekülarchitekturen

- Block- und Pfropfcopolymere
- Ionomere
- Polyelektrolyte mit alternierenden Ladungen
- Polyelektrolyte mit gezielt eingestellter Ladungsdichte, Ladungsstärke, variablem Verhältnis hydrophiler und hydrophober Anteile
- polymere Betaine
- polymere Tenside
- schaltbare Polymere
- Stern- und Kammpolymere

Spezialdispersionen

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

Modellkolloide

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

Hydrogele

- Absorber
- Anti-fouling-Beschichtung
- Feuchteregulierung
- »Intelligente« Freisetzung
- tribologische Schichten

Komplexe chemische Analyse

- von Polymeren, Additiven und Tensiden

APPLICATIONS AND SERVICES

Polymers in aqueous media

Selected applications

- absorbents
- additives for cosmetic and pharmaceutical formulations
- carrier materials
- coatings
- compatibilizers
- (hydro)gels
- immobilization of heavy metals
- materials for cosmetics, medicine and pharmacy
- papermaking aids
- processing aids for separation processes
- solubilizers, emulsifiers and dispersants
- surface modification
- surfactants
- temporary and conducting layers
- viscosity regulation

New syntheses and processes

- dispersion polymerization and emulsion polymerization in aqueous, inverse and non-aqueous systems
- modification of reactive precursor polymers
- new functional monomers, initiators, and chain transfer agents
- polymerization by controlled mechanisms
- reactions in ionic liquids
- sol-gel processes
- vinyl polymerization in bulk and solution

Defined molecular architectures

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

Special dispersion

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

Model colloids

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

Hydrogels

- absorbents
- anti-fouling coatings
- humidity and moisture control
- „smart“ release
- tribological films

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

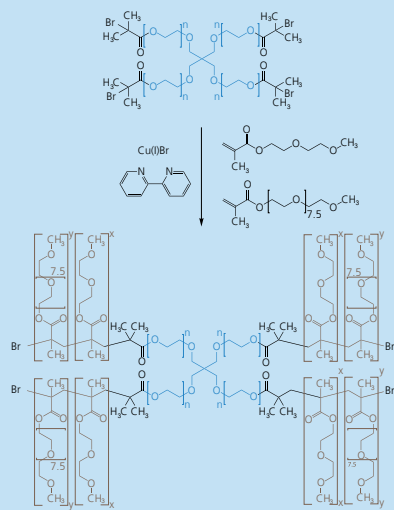
Polymer nanotechnology for life
science

Dr. Erik Wischerhoff

Telefon +49 331 568-1508

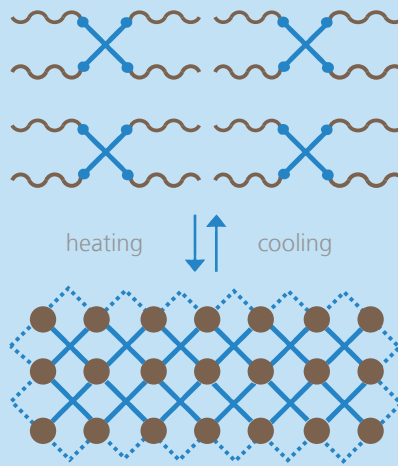
Fax +49 331 568-3000

erik.wischerhoff@iap.fraunhofer.de



1 Synthesis of thermoresponsive block copolymers with star geometry.

2 Mechanism of the gel formation and appearance in liquid (top) and gel-like state (bottom).



Schaltbare Polymergele für biomedizinische Anwendungen

Moderne Techniken der kontrollierten radikalischen Polymerisation bieten viele Vorteile, z. B. Zugang zu Polymeren mit unkonventioneller Molekülgeometrie. Was auf den ersten Blick wie eine Spielerei von Polymerchemikern anmuten mag, eröffnet den Weg zu neuen Materialien mit praxisrelevanten Eigenschaften. Wenn sie aus geeigneten Verbindungen hergestellt werden, ermöglichen z. B. Polymere mit einer sternförmigen Geometrie das Schalten von einem flüssigen in einen gelförmigen Zustand. Solche Eigenschaften sind für biomedizinische Anwendungen mit kontrollierter Freisetzung wie Zellkultur in dreidimensionalen Medien von Interesse. Eine Freisetzung der Zellen erfolgt dann durch Schalten des Gels. Diese schonende Vorgehensweise ermöglicht den Erhalt der extrazellulären Matrix.

Die dafür erforderlichen Polymere werden mit einem symmetrischen tetrafunktionalem Makroinitiator, der aus Poly(ethylenglykol)-Armen zusammengesetzt ist (Fig. 1), über ATRP (atom transfer radical polymerisation) hergestellt. Es entstehen sternförmige Blockcopolymere mit permanent hydrophilen inneren Blöcken und äußeren Blöcken, die aus verschiedenen Oligo(ethylenglykol)-methacrylat-Einheiten aufgebaut sind. Diese verleihen den Polymeren thermoresponsive Eigenschaften. Die äußeren Blöcke weisen in wässrigen Lösungen eine untere kritische Mischungstemperatur auf. Während sie bei niedrigen Temperaturen löslich sind, kollabieren sie oberhalb einer Temperaturschwelle. Sofern geeignete Blocklängen und Monomere gewählt werden, bilden diese sternförmigen Polymere in wässrigen Medien Hydrogele bei physiologischer Temperatur (38 °C), während die Mischung bei Raumtemperatur (25 °C) flüssig ist (Fig. 2).

Die Eigenschaften wässriger Lösungen derartiger Polymere spiegeln sich in der Abhängigkeit ihrer Viskosität von der Temperatur. Fig. 3 zeigt Auftragungen der Viskosität eines sternförmigen Blockcopolymeren in PBS-Lösung als Funktion der Temperatur. Die Viskosität nimmt mit der Temperatur zu und fällt dann bei weiterer Temperaturerhöhung wieder ab. Das Ansteigen bis zum Maximum ist auf den Kollaps der thermoresponsiven Blöcke zurückzuführen, der anschließende Abfall der Viskosität auf eine makroskopische Phasenseparation zwischen Gel und Wasser. Die Polymere sind nicht nur in reinem Wasser und einfachen salzhaltigen Medien verwendbar. Fig. 4 zeigt die Viskosität einer 25 gewichtprozentigen Lösung in Zellkulturmedium, wenn sie wiederholten Heiz- und Kühlzyklen zwischen 25 °C und 38 °C (Maximum der Gelierung) unterworfen wird. Beim ersten Zyklus wurde die Temperatur für 5 Minuten konstant bei 38 °C gehalten. In jedem Zyklus ist die Kurvenform symmetrisch, was auf voll reversible Eigenschaften und die Abwesenheit einer Hysterese deutet. Demnach sind sternförmige thermoresponsive Blockcopolymere vielversprechende Materialien für wiederholte Anwendung in komplexen biologischen Flüssigkeiten, wie hier für Zellkulturmedium im Temperaturbereich zwischen Raum- und Körpertemperatur gezeigt.

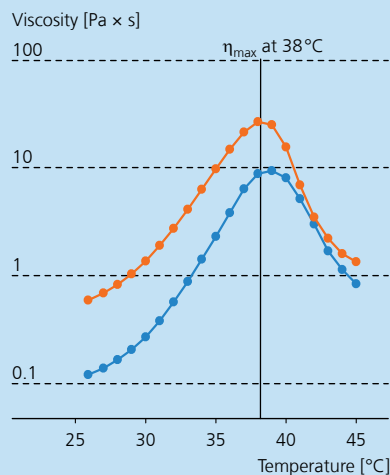
Parallel haben wir auch thermoresponsive Polymere aus bioabbaubaren Komponenten entwickelt. Eine Kombination mit thermogelierbaren Einheiten rückt damit sogar für *in-vivo*-Anwendungen – wie injizierbare Implantate – in den Bereich des Machbaren.

Literatur Literature

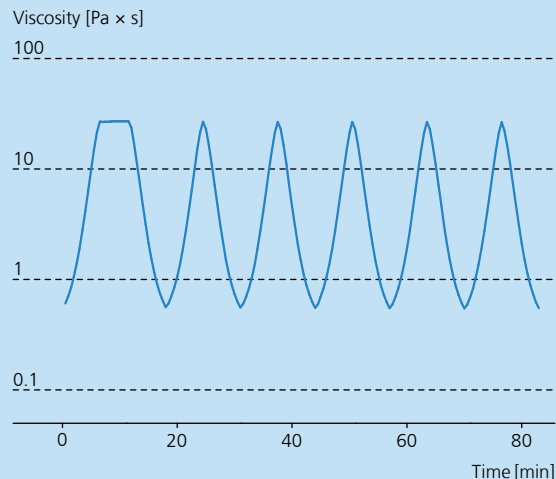
- [1] J.-F. Lutz, N. Fechner, N. Badi, K. Schade, S. Pfeifer: *Thermogelation of PEG-Based Macromolecules of Controlled Architecture*, *Macromolecules* 42, p. 33-36 (2009)
- [2] J.-F. Lutz, N. Badi: *PEG-based thermogels: Applicability in physiological media*, *J. Control. Release* 140, p. 224-229 (2009)
- [3] 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. 8540-8543 (2007)

3 Viscosity of aqueous solutions of the star block copolymers of the star block copolymers depending on the temperature measured at a constant shear rate of 10 s^{-1} . Polymer concentration 16 (blue symbols) or 23 mass percent (orange symbols).

4 Evolution of the viscosity of a 25 mass percent solution of the polymer in cell culture medium for repeated heating/cooling cycles between 25°C and 38°C .



3



4

Responsive polymer gels for biomedical applications

Modern techniques in controlled free radical polymerization offer many advantages, one of them being the access to polymers with unconventional geometries. What at first glance looks like a polymer chemist gimmick, paves the way to new materials with exciting properties. If prepared from appropriate compounds, polymers with, for instance, star-like geometry permit switching from a liquid to a gel-like solid state. This is of interest for biomedical controlled release applications, such as cell culturing in three-dimensional media. For example, a cell culture that grows in a gel can be released in a controlled manner by switching the gel into a liquid state. The responsive nature of the gel enables the gentle release of the cells, keeping their extracellular matrix intact.

The required star-shaped polymers are prepared by atom transfer radical polymerization (ATRP), using a symmetrical tetrafunctional macroinitiator (Fig. 1) made of poly(ethylene glycol) arms. The polymers exhibit a block structure. While the inner blocks are permanently hydrophilic, the outer blocks incorporate a mixture of different oligo(ethylene glycol) methacrylate units. These give the polymers thermo-responsive properties. The outer blocks exhibit a lower critical solution temperature (LCST) in water. While soluble at low temperatures, they collapse above a certain threshold temperature. If appropriate block lengths and monomer compositions are chosen, these star-shaped polymers form hydrogels in aqueous media at physiological temperature (38°C), and the mixture becomes liquid at ambient temperature (25°C) (Fig. 2).

The properties of aqueous solutions of such polymers are reflected in the temperature dependence of their viscosity. Fig. 3 shows the plots of viscosity as a function of temperature for a star-block copolymer in a PBS solution. The viscosity steeply increases with temperature up to a maximum point and then drops off with further increase of temperature. The former corresponds to the collapse of the thermoresponsive segments (i. e., thermogelation), while the latter is due to the macroscopic phase separation between gel and water.

The applicability of such polymers is not restricted to pure water and simple salt-containing media. Fig. 4 shows the evolution of the viscosity of a 25 mass percent solution of the polymer in a cell culture medium during repeated heating/cooling cycles between 25°C and 38°C (maximum of gelation). In the first cycle, the temperature was kept constant at 38°C for 5 min. Symmetric peaks are observed for each cycle, thus indicating fully reversible properties and no hysteresis. Hence, star-shaped thermoresponsive block copolymers are promising for repeated applications between room and body temperature in complex biological fluids like cell culture medium.

Recently, we prepared thermoresponsive polymers of biodegradable building blocks. Combining their features with thermogelation properties will even make *in vivo* applications like injectable implants possible.

Kontakt Contact



Dr. Erik Wischerhoff

Telefon +49 331 568 -1508

Fax +49 331 568 -3000

erik.wischerhoff@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

– Fraunhofer-Gesellschaft and Max-Planck Gesellschaft (Interdisziplinäres Exzellenznetzwerk »Synthetische bioaktive Oberflächen«)

Kooperation Collaboration

– Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT, Potsdam

$$\frac{I(\bullet)}{I(\text{SiMe}_{3,R})} \rightarrow \bar{M}_n$$

$$\frac{I_{\text{SiMe}_{3,Z}}}{I_{\text{SiMe}_{3,R}}} \rightarrow \text{CRP - Funktionalität}$$

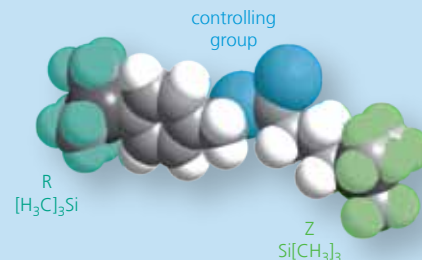
$$\bar{P}_n = \frac{1192.4}{9.00} \cdot \frac{9}{2} = 596$$

1

1 These simple formulas allow the determination of number averaged molar mass and CRP functionality from ¹H-NMR spectra.

2 4-(Trimethylsilyl)benzyl 3'-(trimethylsilyl)propyl trithiocarbonate, here rendered as a ball-and-stick model, is one of the successfully prepared and applied RAFT agents.

3 The end group signals are still easily discernible even for polymers with molar masses as high as 10⁵ g/mol.



2

Neue Agenzien mit NMR-Label für die Polymeranalyse

Neue Materialien erfordern mehr und mehr Polymere definierter molekularer Architektur. Der damit verbundene Aufwand wird durch die maßgeschneiderten Eigenschaften der Produkte mehr als aufgewogen. Ziele sind dabei z. B. enge Molmassenverteilungen, ungewöhnliche Molekulgestalten wie Polymersterne oder -bürsten oder auch Blockcopolymere. Klassisch sind solche Polymere durch die aufwändigen Verfahren der ionischen Polymerisation zugänglich. Wesentlich flexibler sind die in unserer Gruppe angewandten und weiterentwickelten Verfahren der kontrollierten radikalischen Polymerisation (CRP), die die Toleranz der radikalischen mit der strukturellen Kontrolle der ionischen Polymerisation verbinden.

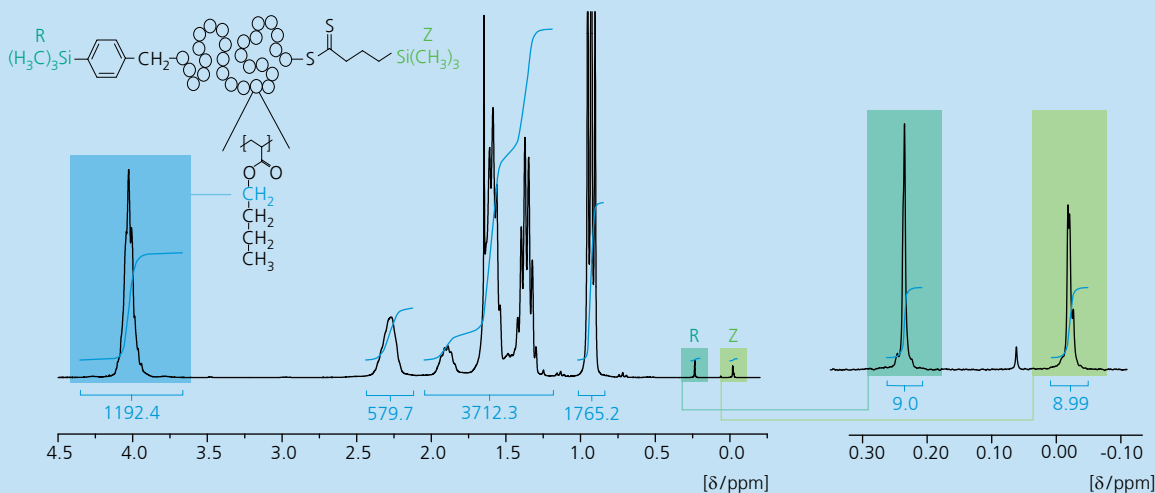
Mit den neuen komplexen Polymeren wachsen aber auch die Anforderungen an die Polymeranalytik. So sind wichtige Parameter wie mittlere Molmasse, Polydispersität oder Endgruppenfunktionalitat nur ungenau oder mit aufwändigen Methoden und teuren Geräten zugänglich. Allerdings bieten die CRP-Methoden auch einen Ausweg: Bei einer CRP-Synthese werden neben Monomer, Initiator und Solvens spezielle Additive zum Ansatz gegeben, die Kettenlänge und Aufbau der entstehenden Moleküle steuern. Im Fall der RAFT-Polymerisation (Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer) sind Thiocarbonyl-Verbindungen, die sämtlich das Strukturelement R-SC(=S)-Z aufweisen, Schlüssel der Methode. In Gegenwart dieser Verbindungen durchgeführt, liefert die Polymerisation der Monomere M Produkte mit der Struktur R-(M)_n-SC(=S)-Z.

Diese Struktur gestattet es, den mittleren Polymerisationsgrad n, und so die Molmasse des erhaltenen Polymers mittels Endgruppenanalyse einfach zu bestimmen. Diese klassische Methode der Polymeranalytik lässt sich u. a. mittels Titration, UV/VIS- oder NMR-Spektroskopie umsetzen. Allerdings scheiterte die Anwendung der NMR, die heute die wichtigste Routinemethode für organische Verbindungen ist, zur Endgruppenanalyse in der Vergangenheit oft an der geringen relativen Intensität der Endgruppensignale. Auch ihre Überlagerung durch andere Signale war problematisch. Eine Gruppierung, die eine möglichst große Zahl identischer Protonen mit einer »unüblichen« chemischen Verschiebung chemisch stabil an das RAFT-Agenz bindet, würde jedoch eine mit Routine-NMR-Geräten durchführbare Analyse ermöglichen.

Die Trimethylsilylgruppe, (CH₃)₃Si-, erfüllt diese Anforderungen – mehr noch: ihre modifizierte Einführung sowohl in den R- als auch den Z-Rest (Fig. 1) gestattet nicht nur die einfache Bestimmung zahlenmittlerer Molmassen von derzeit bis zu ~10⁵ g/mol aus Routine-¹H-NMR-Spektren, sondern auch die Ermittlung des Z/R-Verhältnisses. Dies ist ein gutes Maß für die weitere Verwendbarkeit des Polymers z. B. als Telomer oder in der Synthese von Blockcopolymeren. Ein Zwischenprodukt der Synthese dieser RAFT-Agenzien erwies sich zum selben Zweck auch in der Atom Transfer Radical Polymerization (ATRP) als geeignet. Die entwickelten Agenzien erweitern die Nutzen der CRP somit wesentlich.

Literatur Literature

[1] M. Pach, D. Zehm, M. Lange, I. Dambowsky, J. Weiss, A. Laschewsky: *Universal Polymer Analysis by ¹H-NMR Using Complementary Trimethylsilyl End Groups*, J. Am. Chem. Soc. 132, p. 8757-8765 (2010)



3

New NMR-labeled agents for polymer analysis

New materials increasingly require polymers of a well-defined molecular architecture. The extra efforts needed in synthesizing the polymers pay off by producing properties exactly tailored to meet the customers' needs. The aim is to create polymers with, for example, narrow molecular weight distributions or non-standard molecular shapes such as star, brush or block copolymers. Previously this was achieved through the painstaking procedures of ionic polymerization. Now, such features can be attained conveniently by means of controlled radical polymerization (CRP). CRP techniques, which have been practiced and developed further by our group for years, can be applied to a large pool of monomers with ease and allow for good structural control.

However, the increased structural diversity of the new polymers results in severe analytical problems. Important parameters like molar mass, polydispersity or end group functionality may be difficult to determine and require time-consuming methods and expensive equipment. Still, every problem holds the key to its solution: in addition to monomer, initiator and solvent, CRP syntheses employ inherent additives for controlling the length and structure of the targeted molecules. For instance, thiocarbonyl compounds are the key to one of these methods, so-called reversible addition-fragmentation chain transfer polymerization (RAFT). All of these feature the R-SC(=S)-Z element. In their presence, the polymerization of M monomers yield products of the general structure R-(M)_n-C(=S)Z.

This structure enables us to determine the average degree of polymerization n, and thus the molar mass, by means of end group analysis. This is a traditional polymer analysis technique which can be put into practice, for example, using titration, optical spectroscopy or nuclear magnetic resonance (NMR). In fact, NMR spectroscopy has become the most important routine method in organic chemistry. Up to now, however, analysis using NMR failed due to lack of sensitivity or due to superposition of unrelated signals. Covalent incorporation into the CRP agent of a marker group containing a large number of identical protons with a chemical shift uncommon for organic compounds can provide a convenient solution to the problem.

Our choice, the TMS-group, (CH₃)₃Si-, fulfils these requirements. It allows us to easily determine molar masses up to ~10⁵g/mol or beyond from routine spectra. Additionally, it permits us to determine the Z/R-ratio by labeling both R and Z end groups of the agent. This is important for the preparation of, for example, telomeres or high quality block copolymers. Moreover, an intermediate in the synthesis of these RAFT agents proved successful for the same purpose in another CRP method, namely atom transfer radical polymerization (ATRP). The novel CRP agents designed in our group certainly increase the usefulness of CRP methods [1].

Kontakt Contact



Dr. Michael Päch

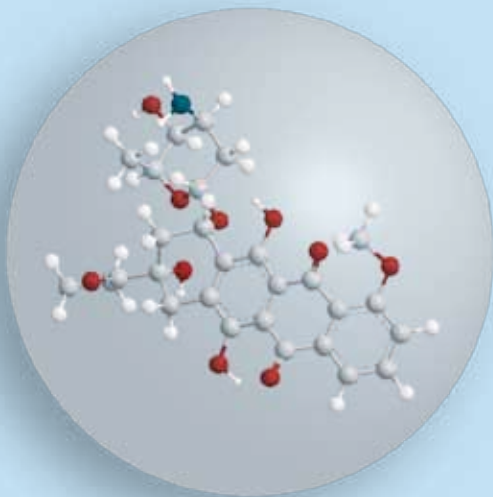
Telefon +49 331 568-1305

Fax +49 331 568-3000

michael.paech@iap.fraunhofer.de

Kooperation Collaboration

– Universität Potsdam, Institut für Chemie, Potsdam



1

1 Drug-loaded lipid nano carrier (LNC).

2 Liposome - used as carrier systems in many cosmetic and medical applications.

3 An example of applied nanotechnology in medicine: An artificial cornea. The surfaces of this implant were selectively modified to adapt to the different environments.

Nanotechnologie in Medizin, Pharmazie und Kosmetik

Die Nanotechnologie umfasst ein Wissenschaftsgebiet mit erfolgversprechenden Aussichten und erfolgreichen Innovationen. Insbesondere in Medizin, Kosmetik und Pharmazie eröffnet sie neue Wege zur Herstellung von Produkten mit verbessertem Eigenschaftsprofil. Typische Beispiele hierfür finden sich in den Bereichen der Haar-, Haut und Augenpflege. Sowohl wässrige Polymer-systeme als auch anorganische Partikel spielen in kosmetischen Applikationen eine wichtige Rolle. Die Palette der Anwendungen ist vielseitig: Sie reicht von der Stabilisierung und vom Schutz von Produkten für eine längere Haltbarkeit über Verträglichkeitsvermittler und Nanocarrier mit aktiven Inhaltsstoffen für Haut und Haar bis hin zu verschönernden und ästhetischen Effekten.

Nanotechnologie in der Antike

Im kosmetischen Bereich werden schon sehr lange Verfahren aus dem Bereich der Nanotechnologie verwendet, die bereits den alten Griechen und Römern bekannt waren. Findet man heute Nanopartikel in modernen Sonnen- und Zahncremes, wurden hingegen in Ägypten vor mehr als viertausend Jahren bereits bleibasierende Nanokristalle (PbS) für Haarfärbemittel verwendet [1]. Der Färbeprozess stellt in diesem Zusammenhang ein bemerkenswertes Beispiel für eine synthetische Biomineralisation dar. Moderne Kosmetika enthalten oftmals Nanopartikel zur Verbesserung ihrer Eigenschaften. Ein erstrebenswerter Vorteil ist zum Beispiel die Transparenz von Nanoemulsionen. Viele Formulierungen enthalten anorganische und organische Nanopartikel wie Nanokristalle, Nanokapseln, Mizellen, Liposome und andere (Fig. 1, 2).

Anwendungen in der Medizin

Auch in modernen Implantaten spielt die Nanotechnologie eine wichtige Rolle. Durch spezielle Techniken und Methoden kann das Implantat an das umgebende Gewebe angepasst werden (Fig. 3). Nanopartikel mit pharmakologisch aktiven Komponenten können chemisch modifiziert werden, sodass ein selektives Anbinden von Wirkstoffen sowie das Freisetzen aktiver Komponenten möglich wird [2-6].

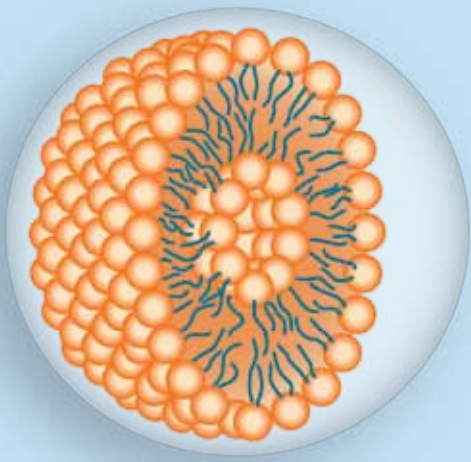
Anwendungen in der Kosmetik

Im Bereich der Kosmetik kann die Nanotechnologie helfen, die Leistungsfähigkeit bereits existierender Materialien und aktiver Inhaltsstoffe zu verbessern. Als Vorteile können hierbei aufgeführt werden [7-9]:

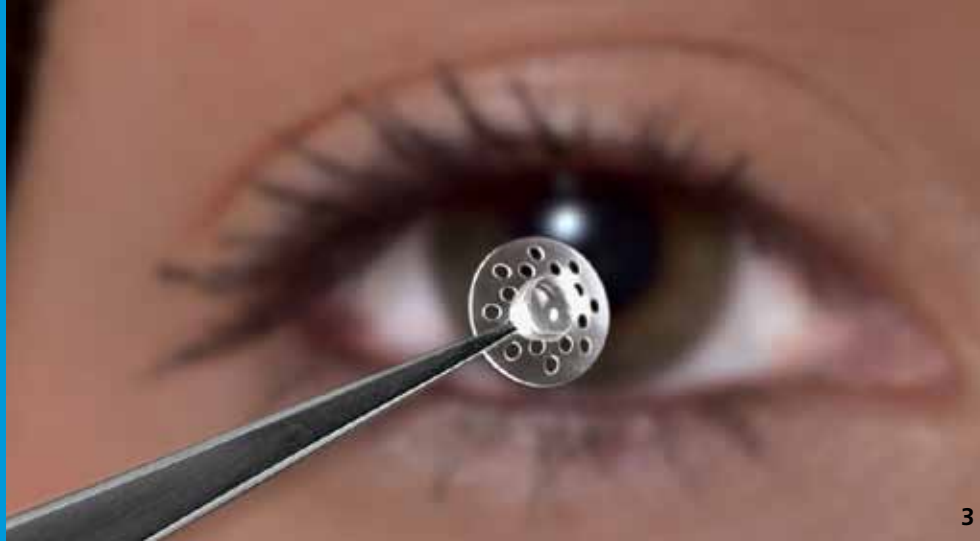
- Entwicklung effizienterer Formulierungen
 - Verbesserung von Transportmechanismen (»je kleiner umso tiefer«) und somit der Aktivität von Körperpflegeprodukten sowie von Transportsystemen im Allgemeinen
 - Reduzierung der aktiven Inhaltsstoffe durch verbesserte Galenik
 - Ästhetische Aspekte wie vollkommene Transparenz
 - Stabilisierung instabiler Komponenten
 - Schutz vor Zerfall
 - kontrollierte Freisetzung und Optimierung der Bioverfügbarkeit der aktiven Inhaltsstoffe
- Dabei können bereits eingeführte Produkte verbessert und neue Produkte durch die Entwicklung neuer Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften hergestellt werden.

Literatur Literature

- [1] P. Walter, E. Welcomme, P. Hallégot, N. J. Zaluzec, C. Deeb, J. Castaing, P. Veyssièrè, R. Brénioux, J.-L. Lévêque, G. Tsoucaris: *Early Use of PbS Nanotechnology for an Ancient Hair Dyeing Formula*, Nano Lett. 6(10), p. 2215-2219 (2006)
- [2] J. Storsberg, B.-R. Paulke, E. Görnitz, A. Laschewsky: *The Multiple Faces of Latices: From Large Industrial Scale Products to Nanoscience for Medical Applications*, 5th International Conference on Latex and Latex-Based Products, 23.-24.1.2008, Madrid (Spain)
- [3] J. Storsberg, B.-R. Paulke, E. Görnitz, A. Laschewsky, K. Kobuch, R. Wuestneck, S. Pietschmann, N. Wuestneck, U. Pison: *Nanoscience for Medical Applications – Diagnostics, Imaging Systems and Implants*, Micromaterials and Nanomaterials 7, p. 64-65 (2007)
- [4] J. Storsberg, S. Sel: *Nanotechnologie in der Ophthalmologie – Stand und Perspektiven für mehr Lebensqualität*, Vortrag DOG-Kongress 2008, Berlin (Germany)
- [5] J. Storsberg: *Intelligente Transportcontainer für Therapeutika – Nanotechnologie in der Ophthalmologie eröffnet Perspektiven für neue Therapeutika, Diagnostika und Implantate*, Ophthalmologische Nachrichten 2008/10, p. 14-15 (2008)



2



3

Nanotechnology in medicine, pharmacy and cosmetics

Nanotechnology is an area with auspicious prospects for turning fundamental research into successful innovations. Its application in medicine, pharmacy and cosmetics can offer a lot of advantages. Nanotechnology creates new tools that make products with improved properties possible. Typical examples can be found in the area of hair, skin and eye care. Waterborne polymer systems and inorganic particles play an important role in cosmetics and their functions include acting as stabilizers, compatibilizers and nano-carriers of active ingredients to skin and hair and offering protection, and, not least, desired decorative and aesthetic effects.

Nanotechnology in the ancient world

In cosmetics, nanotechnology methods are very old. Even if the ancient Greeks and Romans did not know this term, they made use of what we call today nanotechnology. Nowadays, nanoparticles are found in modern sunscreens and toothpastes, but as discovered by a group of researchers, lead-based nanocrystals (PbS) were already used in hair dyeing formulas in Egypt more than four thousand years ago [1]. The dyeing process was found to be a remarkable illustration of synthetic biomineralization. Today's cosmetics also contain nano-sized components. One of the desired advantages for example is the transparency of nanoemulsions. Numerous formulas contain inorganic and organic nanoparticles such as nanocrystals, nanocapsules, micelles, liposomes and much more (Fig. 1, 2).

Application in medicine

Nanotechnology plays an important role in modern implants. The implant can be adapted to mimic the functions of the adopted tissue through special techniques and methods (Fig. 3). Nanoparticles with pharmaceutically active components can be modified in such a way that selective docking of drugs, selective addressing to (target) cells and selective release of active components are possible [2-6].

Application in cosmetics

In the cosmetics industry, nanotechnology may help to improve the performance of already existing materials and active ingredients. Advantages include [7-9]:

- The development of efficient formulas
- Improving delivery mechanisms to the skin (“the smaller the deeper”)
- Reducing the amount of active ingredients through better galenics
- Aesthetic aspects such as complete transparency
- Stabilizing unstable and sensitive components
- Protecting against/inhibiting decay
- Releasing and optimizing the bioavailability of active ingredients

In doing so, already existing products can be improved and new products with tailor-made properties can be developed.

Kontakt Contact



Dr. Joachim Storsberg

Telefon +49 331 568-1321

Fax +49 331 568-2521

joachim.storsberg@iap.fraunhofer.de

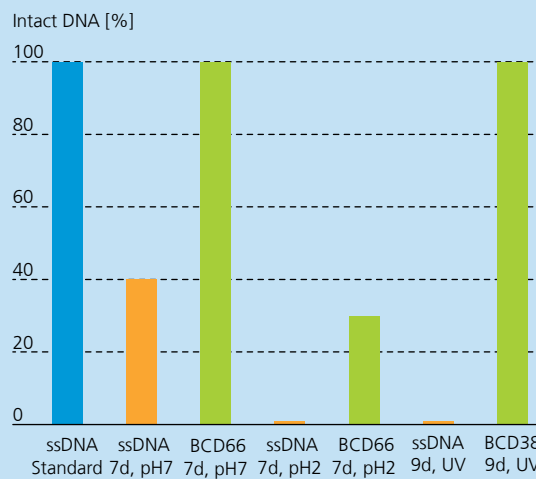
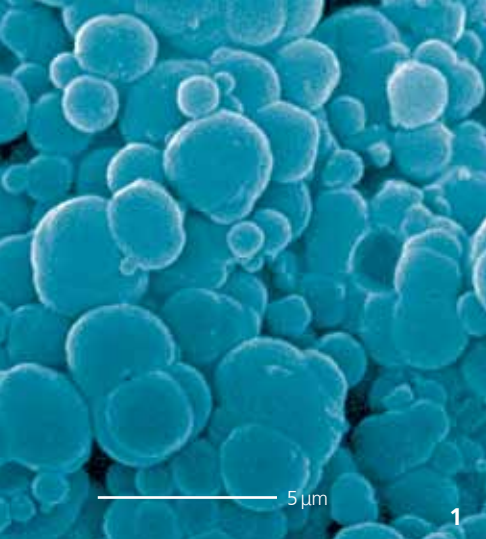
Literatur Literature

[6] J. Storsberg, K. Kobuch, E. Vetter, S. Foja, G. Duncker, S. Sel: *Künstliche Cornea (Keratoprothese) – Polymer-chemische Materialentwicklung und in vitro Untersuchungen*, Fortschritte der Ophthalmochirurgie 2008, p. 159 (2008)

[7] J. Storsberg: *Nanotechnology in Cosmetics – The Key to Better Performance*, SOFW International Journal for Applied Science 9, p. 42-47 (2009)

[8] J. Storsberg: *Nanotechnologie in Kosmetika – Schlüssel zu höherer Leistung und Funktion?*, Vortrag Forum Cosmeticum, 5.-7.5.2010, Interlaken (Switzerland)

[9] J. Storsberg: *Nanotechnology in cosmetics – the key to better performance?*, Vortrag in-cosmetics 2009, München (Germany)



1 Cross-linked polystyrene capsules (BCD 34) with integrated ssDNA (detected by SEM).

2 ssDNA in capsules (BCD 38, BCD 66) remain intact after 7d in pH7/pH2 or 9d under UV irradiation compared to "native" ssDNA.

3 Polymer microcapsules in a printed basecoat of an automotive semi-aniline finish.

Chargenverfolgung mittels BarCodeDNA

In einer globalisierten und arbeitsteiligen Wirtschaft erlangen sichere und möglichst universell einsetzbare Markierungssysteme eine stetig wachsende Bedeutung. Beispielsweise existiert bislang kein zu 100 Prozent sicheres Markierungssystem für Leder, das eine Lieferanten- und Chargenverfolgung ermöglicht. Daher wird seit einiger Zeit intensiv die Eignung von DNA als Datenspeicher und Produktmarker untersucht. Durch das Zuckerphosphatgerüst erreicht DNA die erforderliche Stabilität, die Basenabfolge im DNA-Molekül macht eine durch andere Moleküle kaum erreichbare Codevielfalt möglich. Die Herausforderung einer optimalen Markierung von Leder und dessen Zwischenprodukten besteht darin, dass das Markierungssystem an die teils extremen Bedingungen während des Herstellungsprozesses angepasst sein muss. Während der Gerbung wäre die DNA demnach pH-Werten von 2-4 und aggressiven Chemikalien ausgesetzt, während des Trocknens von Lederhalbfabrikaten werden Temperaturen bis zu 80 °C erreicht. Auch auf ein fertig gestelltes Leder wirken zum Teil für DNA extreme Umweltbedingungen, wie z. B. starke UV-Strahlung, saure pH-Werte und hohe Temperaturen. Diese Umgebungsbedingungen können zu einem Verlust der Basensequenz in der DNA und deren Fragmentierung führen. Somit ist ein effektiver DNA-Schutz unabdingbar.

Die Projektidee besteht im Schutz einer geeigneten DNA-haltigen Matrix durch eine Polymerhülle, gekoppelt mit einem zuverlässigen Ausleseverfahren. Methode der Wahl war die Herstellung einer wasserhaltigen Matrix auf der Basis von Polyacrylamid (Synthese durch inverse Emulsionspolymerisation) bzw. Gelatine. Diese wurde über eine Fällungspolymerisation mit einer Hülle aus vernetztem Polystyrol versehen. Es entstanden Mikrokapseln mit Durchmessern von 1-5 µm, in denen DNA eingeschlossen war (Fig. 1). Durch Optimierung einer Reihe von Parametern sowohl Matrix- (Gele, Netzwerke, Komplexe) und Kapselaufbau als auch die zu verwendende DNA betreffend soll schließlich ein funktionsfähiges Markierungssystem angeboten werden.

Dem Kooperationspartner Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen, FILK in Freiberg wurde eine Vielzahl von systematisch variierten Materialien für DNA-Stabilitätstests zur Verfügung gestellt. Dort konnte ein Extraktionsverfahren zum Aufschluss der DNA aus den Polystyrolkapseln entwickelt werden. Durch eine Kombination aus Kälte und mechanischem Stress können reproduzierbar die jeweils intakten DNA-Anteile aus den Kapseln isoliert werden. Diese werden dann mittels »real-time«-PCR (polymerase chain reaction) vervielfältigt und quantifiziert. Die gezielte Einwirkung von Stressfaktoren (UV, Hitze, saure pH-Werte) auf verkapselte und unverkapselte DNA hat deren unterschiedlich schnellen Abbau zur Folge. Fig. 2 zeigt die deutlich verbesserte Schutzwirkung der Kapseln gegenüber UV-Strahlung und sauren pH-Werten. Innerhalb dieses Projektes konnten des Weiteren wesentliche Erkenntnisse zur Problematik der flächendeckenden Markierung von Leder mit Polymermikrokapseln gewonnen werden (Fig. 3).

Product tracking using BarCodeDNA

Traceability and transparency in production processes are becoming increasingly important in a globalized and work-sharing economy. Therefore safe and widely-applicable marking systems are required. This is especially true in the case of leather and its products, where there is still no suitable long-term tracing system. The possibility of using DNA for data storage and as a marking system has increasingly been investigated in recent years. The framework of sugar phosphates provides the necessary stability, whereas the base sequence in the DNA molecule makes a large variety of coding information possible – something not found in other molecules. The problem with using DNA as a marking system is that it must be able to withstand the, at times, harsh conditions of leather processing. These include pH values of 2 -4, chemicals like H_2O_2 and Na_2S during the tanning process, and temperatures of up to 80°C when the semi-finished products are dried. Furthermore, finished leather can be exposed to strong UV irradiation, acidic pH and high temperatures. This results in the formation of abasic sites, which is accompanied by a loss of information and strand breakage, or the formation of photoproducts and other lesions. Thus an efficient protection of the DNA is necessary.

Our idea was to encapsulate a matrix containing DNA with a polymer shell. This would be accompanied by a reliable read-out procedure. Thus, an aqueous gel of polyacrylamide (synthesized using inverse emulsion polymerization) or gelatin was developed and, using precipitation polymerization, encapsulated with cross-linked polystyrene. Fig. 1 reveals the resulting microcapsules containing DNA, with diameters of 1 -5 µm. Optimization of various parameters of the capsule, the matrix (gels, networks, complexes) and the DNA used should lead to an efficient marking system.

Collaborating with the Research Institute of Leather and Plastic Sheetting (FILK) in Freiberg the Fraunhofer IAP supplied a series of systematically varied microcapsules in order to test the stability of the incorporated DNA. This resulted in the development of an innovative extraction procedure for the encapsulated DNA. By combining low temperatures and mechanical stress, the intact fraction of the DNA could reproducibly be released. This was followed by amplification and quantification with real-time PCR (polymerase chain reaction). The systematic impact of stress factors such as UV irradiation, heat and acidic pH on different microcapsules led to different degradation rates compared to unprotected DNA. Fig. 2 shows remarkably improved protection against UV irradiation and acidic pH. Additionally, important findings were obtained in the area-wide marking of leather with polymer microcapsules (Fig. 3).

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, 228 ZBR

Kooperation Collaboration

– Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen gGmbH (FILK), Freiberg

PILOTANLAGEN- ZENTRUM SCHKOPAU PILOT PLANT CENTER SCHKOPAU

- 102 Veresterung von Polyhexosen
– Maßstabsübertragung**
Esterification of a polyhexose – Scale-up
- 104 Modifizierung von Holz-Polymer-
Verbundwerkstoffen für den Außeneinsatz**
Modification of wood-plastic composites for
outdoor applications

 pioneers in polymers



POLYMERTECHNOLOGIE IM PILOTANLAGENZENTRUM PAZ

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

2010 konnten fünf Jahre Betrieb des Fraunhofer-Pilotanlagenzentrums für Polymersynthese und -verarbeitung gefeiert werden, das erlaubt ein erstes Resümee.

Man kann heute eindeutig feststellen, dass das bei der Planung des Pilotanlagenzentrums verfolgte Konzept aufgegangen ist. Das Fraunhofer PAZ ist heute eine etablierte Forschungseinrichtung, die von der kunststoffherzeugenden und -verarbeitenden Industrie angenommen wird, wie die große Anzahl der bislang bearbeiteten Projekte belegt. Dies ist zum einen auf die Bündelung von Synthese und Verarbeitung und zum anderen auch insbesondere auf die breite technologische Aufstellung der Anlagen zurückzuführen, mit der eine Vielzahl der technisch wichtigen Verfahren im Pilotmaßstab äußerst flexibel abgebildet werden kann.

Die Betriebsmannschaft wurde in den letzten Jahren vor allem im technischen und ingenieurwissenschaftlichen Bereich verstärkt, so dass heute auch Forschungs- und Entwicklungsleistungen angeboten werden können, die so vom Fraunhofer IAP früher noch nicht abgedeckt wurden. Generell lässt sich feststellen, dass sich die Natur der bearbeiteten Projekte von reiner Mustererstellung mehr und mehr in den Bereich Verfahrensentwicklung verschiebt.

Die Finanzierung der Forschungsarbeiten am Pilotanlagenzentrum nach dem Fraunhofer-Modell funktioniert und ist durch einen hohen Industrieanteil gekennzeichnet. Neben dem Ausbau der industriellen Auftragsforschung steht auch die Einwerbung von öffentlich finanzierten Projekten zur Generierung von Vorlauf und zur Erschließung und Vorbereitung neuer Arbeitsgebiete am Fraunhofer PAZ im Fokus.

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.

Auch 2010 stellte die Direktverdampfung von temperatursensitiven Elastomerlösungen wieder ein wichtiges Arbeitsgebiet dar. In Zusammenarbeit mit dem Verfahrensgeber wurde die Aufarbeitung mittels Direktverdampfung anhand von Elastomerlösungen eines internationalen Industriekunden im Tonnenmaßstab getestet. Für die Kampagne wurden die am Pilotanlagenzentrum vorhandenen Hochviskos-Knetreaktoren eingesetzt. Prozessführung und Betriebsfenster des Verfahrens wurden im Hinblick auf die Kundenprodukte ausgetestet und optimiert. Mit der Kampagne waren umfangreiche Engineering, Installations- und Logistikleistungen verbunden.

Ein weiteres Projekt beschäftigte sich im Rahmen einer Machbarkeitsstudie mit der Übertragung einer sehr exothermen radikalischen Fällungs-Copolymerisation von satzweisen auf kontinuierlichen Betrieb. Dazu wurde das Verfahren zunächst in einem kontinuierlichen Miniplant-Aufbau im Labor abgebildet. Ausgehend von einer gegebenen Batch-Rezeptur wurde eine kontinuierliche Verfahrensweise entwickelt, mit der Polymere gemäß einer Kundenspezifikation im kontinuierlichen Verfahren polymerisiert werden konnten. Anschließend wurde das Verfahren aus dem Miniplant- in den Technikumsmaßstab überführt. Besondere Herausforderungen hierbei waren das Anfahren des Prozesses und die Vermeidung von Belagsbildung und Verstopfungen zur Erhöhung der Standzeit.



In einem weiteren Projekt für einen Industriekunden wurden Mustermengen eines aliphatischen Polycarbonats in mehreren katalytischen Batch-Synthesen hergestellt. Weiterhin wurde die Aufarbeitung der aus der Synthese erhaltenen Polymerlösungen optimiert. Dazu wurde zunächst eine neue Verfahrensweise im Labor getestet und dann anschließend in den Technikumsmaßstab übertragen. Die neue Verfahrensweise zeichnet sich im Vergleich zum bisherigen Verfahren durch signifikant höhere Durchsätze und bessere Produktqualitäten aus.

Weitere Technikumskampagnen wurden auf den Gebieten der Modifikation von Stärke und einer Verfahrensentwicklung zur Herstellung eines Enteisungsmittels durchgeführt.

Vorlauftforschung Polymersynthese

Neben den schon genannten Projekten wurde eine Reihe weiterer Laborprojekte bearbeitet.

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.

In einem weiteren öffentlich geförderten Projekt werden nanoverstärkte Polyamide durch Einarbeitung der Nanopartikel während der Polykondensation erzeugt.

Zur Erweiterung der experimentellen Möglichkeiten wurde eine neue Anlage zur koordinativen Polymerisation von Propylen in Masse und Gasphase aufgebaut, für die auch ein neues Labor angemietet wurde.

Weitere Laborprojekte wurden auf den Gebieten biobasierte Polyester und polymeranaloge Umsetzung einer Silliziumverbindung durchgeführt.

Polymerverarbeitung

Als anwendungsnaher Partner der Industrie ist es das Ziel des Fraunhofer PAZ, seine generierten Ergebnisse und Entwicklungen in die Unternehmen zu transferieren, sie im Innovationsprozess zu unterstützen und weitere Innovationen zügig voranzutreiben. Hierfür wurde, zum Teil in Zusammenarbeit mit weiteren engen Partnern des Fraunhofer PAZ, eine Seminarreihe erarbeitet und durchgeführt. In diesem Jahr wurde das Verarbeitungsverfahren Spritzguss fokussiert.

Insgesamt standen dabei die Themen Energieeffizienz, Produktanpassung und -optimierung sowie innovative Entwicklungen für eine zukunftsorientierte Verarbeitung wie Wood Plastic Composites (WPC) im Spritzgießprozess im Mittelpunkt.

Die jeweils eintägigen Seminare, welche aus einem theoretischen und einem praktischen Arbeitsteil aufgebaut waren, wurden von den Unternehmen sehr gut angenommen. Infolge des großen Interesses für jeweils spezifische Themen und Fragestellungen wird die Seminarreihe im kommenden Jahr auf andere Themengebiete erweitert.

Vernetzung in der Forschungslandschaft

2010 wurde der Fraunhofer-Innovationscluster Polymertechnologie erfolgreich abgeschlossen. Auch nach Abschluss des Innovationsclusters laufen einzelne Projekte auf den Arbeitsgebieten »Synthesekautschuk«, »Polymer-/Nanopartikelblends« und »Biopolymere« weiter. Neue Projekte sind in Vorbereitung.

POLYMER TECHNOLOGY AT THE POLYMER PILOT PLANT CENTER PAZ

The Fraunhofer Pilot Plant Center PAZ for Polymer Synthesis and Processing in Schkopau is a joint initiative of the Fraunhofer Institutes IAP and IWM. It focuses on the scaling-up of polymer synthesis and processing methods. Both the technical capabilities and the bundling of competencies in both fields are the Pilot Plant Center's unique selling points on the R&D market. At the Fraunhofer PAZ, new products and innovative technologies are developed along the entire value added chain – from monomers, synthesis and processing of polymers, through to testing customized components. Here, polymer synthesis and processing are closely interwoven.

The development of the Fraunhofer PAZ

2010 marked the fifth anniversary of the Fraunhofer Pilot Plant Center for Polymer Synthesis and Processing. Five years in operation gives us a opportunity to take a brief look back. Today we can clearly see that the concept that was followed during the planning phase of the Pilot Plant Center was a success. Today, the Fraunhofer PAZ is an established research institution that is accepted by the polymer producing and processing industries as witnessed by the large number of the projects it has worked on so far. This is due to the bundling of synthesis and processing as well as the broad range of the plants' technological capabilities. Here a number of the technically important processes can be mapped very flexibly on a pilot plant scale.

The operating team has been strengthened in the past few years in the technical and engineering science fields so that today R&D services can be offered that Fraunhofer IAP was formerly unable to perform. Generally it can be said that the nature of the projects we work on are moving more and more from purely sample synthesis to the field of process development.

The research work at the Pilot Plant Center is financed according to the Fraunhofer model and characterized by a high proportion of money stemming from industry. At the Fraunhofer PAZ, in addition to contract research for industry, we also aim

for acquiring publically funded projects for developing and preparing for new fields of activity.

Polymer synthesis plant

The main fields of activity of the polymer synthesis plant include providing sample quantities up to ton scale for further product and application development – in particular transferring new polymer syntheses from lab to pilot plant scale. It also focuses on the development and optimization of individual processes stages and even the development of new processes.

Once again direct evaporation of temperature-sensitive elastomer solutions was an important field of activity in 2010. In conjunction with the process provider, the reprocessing of elastomer solutions from an international industrial client using direct evaporation was tested on a ton scale. The high viscosity kneader reactors located at the Pilot Plant Center were used for this campaign. Process control and operating window for the process were tested and optimized with regard to the client's products. Extensive engineering, installation and logistic services were combined in this campaign.

A further project dealt with transferring very exothermic free radical precipitation copolymerization from batch operation to a continuously running process as part of a feasibility study. The process was initially mapped in a continuous miniplant set-up in the lab. On the basis of an existing batch recipe, a continuous process was developed with which polymers according to customer's specification could be prepared. Finally, the process was transferred from laboratory to pilot plant scale. Particular challenges which we faced included process start-up and avoiding deposit formation and blockage in order to increase holding time.

In another project for an industrial client, sample quantities of an aliphatic polycarbonate were produced in many catalytic batch-synthesis. Furthermore we optimized the reprocessing of the polymer solutions obtained from the synthesis. To do this a new processing method was tested in the lab and then transferred to pilot plant scale. The new

method is characterized by a significantly higher throughput and better product qualities compared to the former method.

Further pilot plant campaigns were carried out in the areas of starch modification and the development of a process for producing a de-icing agent.

Preliminary research in polymer synthesis

In addition to the projects already mentioned, a series of other lab projects were carried out.

As part of Fraunhofer's Polymer Technology Innovation Cluster, issues surrounding introducing fillers during the evaporation of polymer solutions in the kneading reactor were looked at in a joint project entitled "New rubber composites for energy efficient tires" funded by the Development Bank of Saxony-Anhalt. Introducing fillers during direct evaporation saves on both energy and materials. Furthermore it is expected that the filler can connect better to the synthetic rubber through a reaction in a liquid environment.

In another publicly-funded project, nano-reinforced polyamides were created by introducing the nanoparticles during polycondensation.

To expand experimental capabilities, a new plant for coordinative polymerization of propylene in mass and in gas phase was established and a new lab was rented for this purpose.

Further lab projects were carried out in the areas of bio-based polyesters and polymer-like reactions of a silicon compound.

Polymer processing

As a partner for application research, the goal of the Fraunhofer PAZ is to transfer its findings and developments to companies in order to support them in their innovation process and rapidly advance other innovations. To do this, a seminar series was created and carried out in part with the

collaboration of other close partners of the Fraunhofer PAZ. This year, the injection molding processing method was the focus. Topics included energy efficiency, product adaptation and optimization and innovative developments for future-oriented processing such as wood plastic composites in the injection molding process. The one-day seminars, consisting of a theoretical and practical part, were well received by the companies. As a result of the large interest in specific topics and issues, the seminar series will be expanded to include other topics in the coming year.

Networking in the research landscape

Fraunhofer's Polymer Technology Innovation Cluster was successfully completed in 2010. Even after the conclusion of the innovation cluster, individual projects continue in the fields of "synthetic rubber", "polymer/nanoparticle blends" and "biopolymers", and new projects are underway.

ANWENDUNGEN UND DIENSTLEISTUNGEN

Leistungsangebot

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

Pilotanlage – Synthese

Ausrüstung

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

Designparameter der Synthesereaktoren

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

Pilotanlage – Verarbeitung

Technische Parameter der Verarbeitungsmodule

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

Ausrüstung

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

APPLICATIONS AND SERVICES

Services provided

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

Pilot plant – synthesis

Equipment

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

Design parameters of synthesis reactors

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

Pilot plant – processing

Technical parameters of the processing modules

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

Equipment

- co-rotating twin-screw extruders ZE 40
- injection molding compounder KM 1300–14,000 IMC (clamping force 1300 tonnes)
- 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@iwmm.fraunhofer.de



- 1 *Reactor setup for the esterification reaction.*
- 2 *Constructed stainless steel stirrer before coating process.*
- 3 *Construction draft of the filter vessel with exploded view.*

Veresterung von Polyhexosen – Maßstabsübertragung

Im Forschungsbereich Biopolymere wurde im Labormaßstab eine Rezeptur entwickelt, mit der eine stufenweise Umsetzung eines Polysaccharides zu einem thermoplastisch verarbeitbaren Polymer möglich ist. Aufgabe am Fraunhofer PAZ war es, diese Rezeptur in den Technikumsmaßstab zu übertragen.

Bei der Reaktion handelt es sich um die stufenweise Veresterung einer modifizierten Stärke mit unterschiedlich langen Carbonsäuren. Im Anschluss ist eine Reinigung des Stärkederivats durch Waschen notwendig, um störende Stoffe zu entfernen. Herausforderungen im Rahmen der Maßstabsübertragung sind zum einen eine möglichst ideale Vermischung aller Reaktionspartner, zum anderen ist für die Produktqualität die genaue Einhaltung der Temperaturführung einschließlich des Abführens der starken Reaktionsexothermie entscheidend. Dies ist speziell in den späten Stufen der Umsetzung aufgrund des starken Viskositätsanstiegs nur schwer zu gewährleisten. Mit zunehmender Umsetzung geht die zu Beginn wässrig suspendierte Stärke in ein gut lösliches und damit (hoch)viskoses Stärkederivat über.

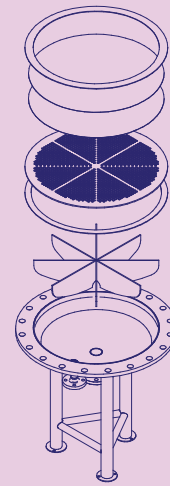
In die Reaktionsmasse können Reaktionspartner nur mit hohem Rühraufwand eingebracht werden. Weiter ist Wärmeleitung innerhalb des hochviskosen Mediums sowie der Wärmeübergang von der Reaktionsmasse zur Reaktorwand um Größenordnungen schlechter als beim niedrig viskosen System. Während die Wärmeabfuhr im Labormaßstab aufgrund der hohen spezifischen Kühlfläche ($AV \sim 125 \text{ m}^2/\text{m}^3$) begünstigt wird, musste im Technikum ($AV \sim 10 \text{ m}^2/\text{m}^3$) die Rezeptur im Hinblick auf eine möglichst gleichmäßige Freisetzung der Reaktionswärme modifiziert werden, dies ist auch unter dem Aspekt einer weiteren Maßstabsübertragung in den kommerziellen Maßstab von Interesse.

Aufgrund der eingesetzten Reaktanden wurde im Technikum ein emaillierter 50L-Stahlreaktor (Fig. 1) eingesetzt. Der Reaktor kann mittels Druckwasser bis 130°C temperiert sowie bei Drücken von bis zu 16 bar betrieben werden. Für die Versuche wurden sowohl der Rührer (Fig. 2) als auch das Getriebe des Reaktors neu ausgelegt und ausgeführt, um die nötige Rührleistung eintragen zu können. Der Rührer wurde im Fraunhofer PAZ selbst gefertigt. Aufgrund der relativ komplexen Geometrie war eine Emaillierung mit vertretbarem Aufwand nicht möglich, der notwendige Korrosionsschutz wurde durch eine fluorpolymerbasierte Beschichtung realisiert. Für die Waschung des Stärkederivates wurde ein Waschfilter (Fig. 3) aufgebaut, indem die heiße Reaktionsmasse in kaltes Ethanol eingedüst wird. Zur Entfernung der Nebenprodukte ist mehrfaches Waschen des Produkts erforderlich.

Die Versuche haben gezeigt, dass zur Maßstabsvergrößerung sowohl konstruktive Änderungen, als auch Rezepturanpassungen notwendig waren und eine stetige Verbesserung des Zielproduktes erreicht werden konnte. Ein Schwerpunkt für geplante weitere Arbeiten wird die Entwicklung einer geeigneten Reinigungstechnologie sein.



2



3

Esterification of a polyhexose – Scale-up

In the biopolymers research division, a recipe for the step-wise conversion of a polysaccharide to a thermoplastic polymer has been developed on a lab-scale. Our task in the Pilot Plant Center was to scale-up this recipe to pilot scale.

The synthesis is a stepwise esterification of a modified starch with carboxylic acids of differing length. Subsequent cleaning of the starch derivate through washing is necessary in order to remove unwanted byproducts.

Challenges with respect to scaling up this process include sufficient mixing of all reactants on the one hand, and precise temperature control and removal of the large reaction exotherm, both essential for good product quality, on the other. This is not an easy task particularly in the later stages of the process due to the pronounced increase in viscosity. Starting as low-viscosity dispersion in water, with increasing conversion, the starch becomes a well-dissolved, and therefore highly viscous, starch derivate.

In this reaction mass, reaction partners can only be added with high-intensity stirring. Furthermore, heat transfer within this highly viscous medium, as well as heat transfer from the reaction mass to the reactor wall, is significantly worse compared to low viscous systems.

While on a lab-scale, heat removal is encouraged by a high specific heat transfer surface ($A/V \sim 125 \text{ m}^2/\text{m}^3$), on a pilot scale ($A/V \sim 10 \text{ m}^2/\text{m}^3$) it was necessary to modify the recipe so that reaction heat could be released as evenly as possible. This is also especially important when it comes to further scale-up to a commercial scale.

A glass-lined 50L steel reactor (Fig. 1) was used on the pilot scale as a result of the reactants used. The reactor could be temperature controlled up to 130°C by a pressurized water heating/cooling system and could be used up to a pressure of 16 bars.

For the experiments, both stirrer (Fig. 2) and stirrer gear-box were redesigned in order to be able to provide the needed stirring-power. The stirrer was also manufactured at the Fraunhofer PAZ. Due to the relatively complex geometry, glass-lining was not possible due the amount of cost and effort involved; hence, the necessary corrosion protection was achieved using a fluoropolymer-based coating. A filter vessel was constructed for washing the starch derivate (Fig. 3) in which the hot reaction mass was injected into cold ethanol. Several washing steps were required to remove unwanted byproducts.

The experiments showed that both constructive changes as well as recipe modifications were needed for scale-up and that constant product quality improvements can be achieved. A focus of further planned work will be to develop suitable cleaning technology for the product.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. Marcus Vater

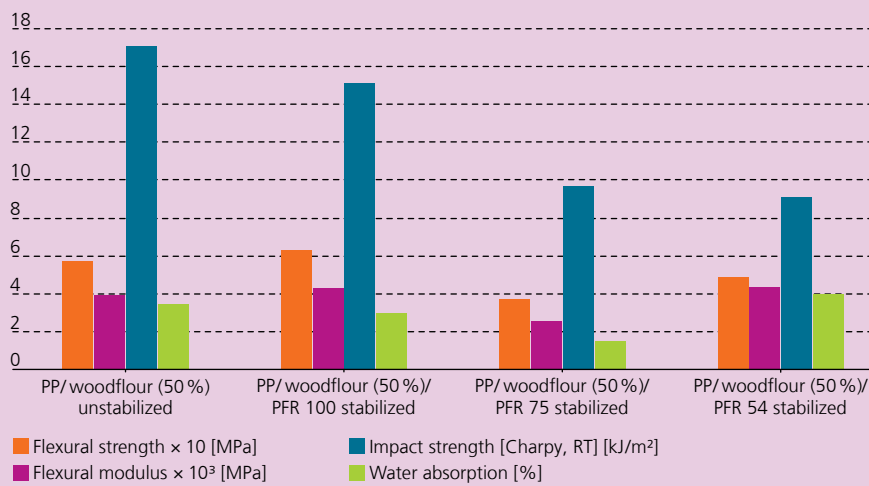
Telefon +49 3461 2598-230

Fax +49 3461 2598-105

marcus.vater@iap.fraunhofer.de

Kooperation Collaboration

– Dr. B. Volkert, Dr. A. Lehmann,
Fraunhofer IAP



1 Comparison of various resins for stabilizing moisture in WPCs.

2 Treated wood flour.

1

Modifizierung von Holz-Polymer-Verbundwerkstoffen für den Außeneinsatz

In den letzten Jahren hat sich die Materialgruppe der Holz-Polymer-Verbundwerkstoffe (WPC) mit Holzanteilen im Bereich von 50-90 Prozent einen festen Platz im Bereich hochwertiger Produkte gesichert. Zum Beispiel in Form von extrudierten Profilen werden hochgefüllte Kunststoffe mit thermoplastischer Matrix zu Bodendielen verarbeitet. Für Spritzgussbauteile sind Holzanteile von 50-60 Prozent vorteilhaft. Im Außeneinsatz sind WPC unterschiedlichsten Witterungsbedingungen ausgesetzt. Gegenstand der Arbeiten war die Modifizierung von WPC hinsichtlich Feuchtebeständigkeit für Anwendungen im Spritzgussbereich.

Der Einsatz verschiedener Phenol-Formaldehyd-Harze (PFH) als Stabilisatoren in WPC-Rezepturen mit 50 Prozent Holzmehlanteil wurde an Materialsystemen aus Polypropylen/Holzmehl/Haftvermittler/Harz untersucht. Folgende Harztypen wurden in Anteilen von jeweils fünf Prozent verwendet:

- 1 Festharz (PFH 100)
- 2 Flüssigharz mit 75 Prozent Feststoffanteil (PFH 75)
- 3 Flüssigharz mit 54 Prozent Feststoffanteil (PFH 54)

Die Harze wurden mit Holz und Haftvermittler vorgemischt, getrocknet und auf einem Doppelschneckenextruder mit dem Polymer kompondiert. An spritzgegossenen Norm-Prüfkörpern der Materialien wurden mechanische Kennwerte sowie die Wasseraufnahme im Kochwassertest (5h/95 °C) ermittelt.

Die Wasseraufnahme der untersuchten WPC kann durch den Einsatz entsprechender Harzsysteme um bis zu 65 Prozent reduziert werden. Allerdings geht eine hohe Feuchteresistenz mit einem deutlichen Abfall in der Mechanik einher.

Alle stabilisierten WPC zeigen einen Abfall der Schlagzähigkeit im Vergleich zur unstabilisierten Type (Fig. 1), was besonders bei der Verwendung der Flüssigharze deutlich wird. Das Festharz bewirkt eine Zunahme von Materialfestigkeit und Steifigkeit, hat allerdings nur einen geringen positiven Einfluss auf eine reduzierte Wasseraufnahme. Der Einsatz des Flüssigharzes mit 75 Prozent Feststoffanteil führt zu einer signifikanten Abnahme der mechanischen Eigenschaften. Jedoch kann die Wasseraufnahme von 3,4 Prozent (unstabilisiert) auf 1,5 Prozent (stabilisiert) reduziert werden.



2

Modification of wood-plastic composites for outdoor applications

During the past few years, a group of materials called wood-plastic composites (WPCs) with high amounts of wood flour (50-90 percent) have secured a reputation as high-value products. In construction, extruded wood-filled plastics with a thermoplastic matrix are used for manufacturing floorboards. 50-60 percent wood flour in injection molding parts is beneficial. For outdoor applications WPCs are impacted by different atmospheric conditions. The focus of our work was to modify the WPCs to make them more moisture resistant for injection molding applications.

The use of different phenol formaldehyde resins (PFR) as a stabilizer in WPC compounds with 50 percent wood flour was investigated. The material composition was polypropylene/wood flour/coupling agent/resin. The following types of resins were used, each with a mass fraction of five percent:

- 1 Solid resin (PFR 100)
- 2 Liquid resin with a solids content of 75 percent (PFR 75)
- 3 Liquid resin with a solids content of 54 percent (PFR 54)

The resins were premixed with the wood flour and the coupling agent, dried and compounded with the polymer using a twin screw extruder. The mechanical properties and water absorption (the specimens were placed in 95 °C water for five hours) were determined on test specimens.

It is possible to reduce the WPCs' water absorption by up to 65 percent using suitable resin systems. But a high resistance to water uptake accompanies a significant decrease in mechanical properties.

All stabilized WPCs show a decrease in impact strength compared to the un-stabilized compound (Fig. 1), especially when liquid resins are used. The solid resin produces an increase in material strength and stiffness. However, it only has a small positive effect on water absorption. The liquid resin with a solids content of 75 percent impairs the mechanical properties significantly. However, it also results in a reduced water uptake from 3.4 percent (un-stabilized) to 1.5 percent (stabilized).

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. Ivonne Jahn

Telefon +49 3461 2598-324

Fax +49 3461 2598-105

ivonne.jahn@iwmh.fraunhofer.de

Dr. Michael Busch

Telefon +49 345 5589-111

Fax +49 345 5589-101

michael.busch@iwmh.fraunhofer.de

FAKTEN, EREIGNISSE, PUBLIKATIONEN

FACTS, EVENTS, PUBLICATIONS

108 Rückblick 2010
Review 2010

110 Branchentransferstelle Chemie/Kunststoffe
Technology Transfer Office Chemistry/
Plastics

112 Zusammenarbeit
Collaboration

116 Laborausstattung
Laboratory equipment

120 Ereignisse
Events

122 Publikationen
Publications

131 Patente
Patents

132 Anfahrt
Getting here

*Grundsteinlegung für die zweite Ausbaustufe des Fraunhofer IAP (siehe S. 10), von links nach rechts:
Prof. Dr. Alfred Gossner, Prof. Dr. Hans-Peter Fink, Dr. Martina Münch, Christoph Nagel-Hirschauer. |
Laying of the foundation for the second expansion stage of the Fraunhofer IAP (see page 10), left to
right: Prof. Dr. Alfred Gossner, Prof. Dr. Hans-Peter Fink, Dr. Martina Münch, Christoph Nagel-Hirschauer.*

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



RÜCKBLICK 2010

REVIEW 2010



Workshop »Business Model Innovation – Neue Einsatzmöglichkeiten für Mikroverkapselung« 28.10.2010.



Interne Ehrung des Joseph-von-Fraunhofer-Preisträgers 2010: Dr. Joachim Storsberg und sein Team Dipl.-Ing. Olivia Mauger (li) und Sophia Rehfeldt (re), 21.5.2010.



Indische Delegation im Fraunhofer IAP, 8.10.2010.



Besuch von Minister Ralf Christoffers, Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten, 10.5.2010.



2. Biopolymerkolloquium des Fraunhofer IAP, 26.1.2010.



Dr. rer. pol. Alfred Gossner und Prof. Dr. Hans-Peter Fink bei der Grundsteinlegung, 22.6.2010.



AFORE EU-Meeting am Fraunhofer IAP, 6.-8.10.2010.



Koreanische Delegation im Fraunhofer IAP, 14.6.2010.



Besuch von Staatssekretär Martin Gorholt, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur, 17.5.2010.



Lange Nacht der Wissenschaften, 5.6.2010.



Rundgang durchs Technikum anlässlich der Grundsteinlegung: Dr. Martina Münch, Dr. Horst Ebeling, Prof. Dr. Hans-Peter Fink, 22.6.2010.



Beginn der Bauarbeiten zur zweiten Ausbaustufe des Fraunhofer IAP, 22.9.2010.



Russische Delegation aus Kaloga im Fraunhofer IAP, 1.6.2010.

BRANCHENTRANSFERSTELLE

CHEMIE/KUNSTSTOFFE

TECHNOLOGY TRANSFER OFFICE

CHEMISTRY/PLASTICS

Mit Innovationen Zukunft gestalten: Wissens- und Technologietransfer für die Chemie- und Kunststoffbranche im Land Brandenburg

Innovationen stellen wesentliche Entwicklungspotenziale der brandenburgischen Chemie- und Kunststoffindustrie dar. Sie bieten insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) Chancen, auf dem Markt zu bestehen. Am besten behaupten kann sich hier, wer seine Produkte und Verfahren ständig weiter entwickelt oder mit neuen Produkten und Verfahren Nischen besetzt. Denn in neuen Marktsegmenten haben nicht zwangsläufig die langjährig etablierten Unternehmen die größten Chancen, sondern oft die zum Teil eher kleinen und flexiblen Firmen. Erfahrungsgemäß gestaltet sich der innerbetriebliche Innovationsprozess bei kleinen und mittleren Unternehmen anders als in der Großindustrie. KMU haben meist keine eigenen Forschungsabteilungen. Dadurch wird eine Produktentwicklung oft erst dann in Angriff genommen, wenn zum Beispiel der Umsatz einbricht oder der Lebenszyklus eines Produktes abläuft. Eigene Forschungs- und Entwicklungsprojekte werden circa nur in jedem zweiten brandenburgischen Unternehmen der Branche durchgeführt. Diese Arbeiten erfolgen oft sporadisch, ohne ein hinreichendes methodisches Instrumentarium und ohne die notwendige Informationsbasis. Produktideen werden kaum gezielt generiert, bewertet und in marktfähige Produkte umgesetzt. Dazu fehlt in den meisten kleinen Unternehmen die Kapazität.

Hier setzt die Arbeit der Branchentransferstelle an, die vor allem auf den speziellen Bedarf von Unternehmen ausgerichtete Informationen und potentielle Partner aus Wissenschaft und Forschung vermitteln kann. Insbesondere liegt der Fokus der Branchentransferstelle darin, Unternehmen ein entsprechendes Know-how zu vermitteln, das sie in die Lage versetzt, mit Hilfe von innovativen Entwicklungen über Projekte ihre Marktchancen deutlich zu verbessern. Die Branchentransferstelle ist ein wichtiger Impulsgeber und eine Informationsschnittstelle für die Chemie- und Kunststoffbranche des Landes Brandenburg, die das wissenschaftliche Potenzial der Hochschulen und Forschungseinrichtungen bündeln und dadurch institutionsübergreifende, maßgeschneiderte Angebote für die Branche schaffen kann. Sie baut neue Vernetzungen zwischen Unternehmen und Hochschulen auf, bringt mit Veranstaltungen zukunftsorientierte Themen in die Branche und entwickelt zunehmend branchenübergreifend Projekte an Themenschnittpunkten. Thematische Schwerpunkte 2010 waren unter anderem Kunststoffe in der Medizintechnik, Produktentwicklungen aus Biopolymeren, Umsetzung von Funktionsmaterialien in Produkte, Funktionsmaterialien für optische Anwendungen und faserverstärkte Kunststoffe für Leichtbauanwendungen. In Zusammenarbeit mit dem Kunststoff-Verbund Brandenburg Berlin KuVBB wurden 2010 branchenspezifische Veranstaltungen wie das Schwarzheider Kunststoffkolloquium und die Wildauer Duromertagung mit großem Erfolg organisiert und durchgeführt sowie im Fraunhofer IAP das Biopolymerkolloquium und ein Workshop zu Polymermaterialien für biologische, biotechnologische und medizinische Anwendungen.

Zahlreiche Firmenkontakte führten bereits zu ersten konkreten Projekten mit brandenburgischen Unternehmen.



Creating the future through innovation: knowledge and technology transfer for the chemical and plastics industry in the state of Brandenburg

Innovation represents great development potential in the chemical and plastics industry in Brandenburg. It particularly offers small and medium-sized enterprises (SMEs) the opportunity to be successful in the market. Companies that continue to develop their products and processes or find a niche market for their products and processes have the cutting edge. In the new market segments the long-established companies do not necessarily have the best chances – but often the smaller, more flexible companies. Experience has shown that in-house innovation processes in small and medium-sized companies are arranged differently than in large companies. SMEs usually do not have their own research departments. Because of this, product development is only undertaken after revenue takes a dive or the lifecycle of a product runs out. Only 50 percent of the companies in this industry in Brandenburg have their own research and development projects. This work is often performed sporadically without adequate methodological instruments and without the necessary information platform. Product ideas are rarely specifically generated, evaluated and transformed into marketable products. Most small companies lack the capacity to do this.

Here, the work of the Technology Transfer Office comes into play. It is able to find the information needed by the companies as well as potential scientific and research partners. The main focus of the Office is to give companies the know-how they need to considerably improve their market chances through innovative development projects. The Technology Transfer Office is an important impulse generator and information interface for the chemical and plastics industry in the state of Brandenburg. It bundles together the scientific potential of the universities and research institutes and is thus able to offer the industry tailor-made and institution-spanning solutions. It establishes networks between companies and universities, infuses the industry with future-oriented topics through events, and develops increasingly cross-sector projects where topics intersect. The main topics of 2010 included plastics for medical engineering, developing products from biopolymers, turning functional materials into products, functional materials for optical applications and fiber-reinforced plastics for light-weight construction applications. Together with the Kunststoff-Verbund Brandenburg Berlin KuVBB, industry-specific events such as the "Schwarzheider Kunststoffkolloquium" and the "Wildauer Duromertagung" were successfully organized and carried out in 2010 as were the Biopolymer Colloquium and a workshop on polymer materials for biological, biotechnological and medical applications at Fraunhofer IAP.

Numerous company contacts have already lead to initial concrete projects with companies in Brandenburg.

Kontakt Contact



Dipl.-Ing. Kerstin Dohrmann

Telefon +49 331 568-1513

Fax +49 331 568-2514

kerstin.dohrmann@iap.fraunhofer.de

Förderung Funding

- Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung
- Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten, Land Brandenburg

Kooperation Collaboration

- ZAB ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH
- iq brandenburg
- Kunststoff-Verbund Brandenburg Berlin e.V.
- Universität Potsdam
- BTU Cottbus
- TH Wildau
- Hochschule Lausitz



ZUSAMMENARBEIT COLLABORATION

Zusammenarbeit 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, Klebtechnik und Oberflächen, Bremen

Fraunhofer IGB, Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik, Stuttgart

Fraunhofer IIS, Institut für Integrierte Schaltungen, Erlangen

Fraunhofer ILT, Institut für Lasertechnik, Aachen

Fraunhofer IME, Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie, Schmalleberg-Grafschaft

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 Silicatiforschung, 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

Hochschulen in Deutschland Universities in Germany

Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Thermophysik

Freie Universität Berlin, Institut für Chemie

Hochschule Merseburg

Hochschule Reutlingen

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

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Organische Chemie

Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Chemie

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Philipps-Universität Marburg, Institut für Pharmazeutische Chemie

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

Technische Hochschule Wildau (FH), Institut für Plasma- und Lasertechnik

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

Technische Universität Braunschweig, Institut für Hochfrequenztechnik, Institut für Partikeltechnik

Technische Universität Darmstadt, Materialwissenschaften und Chemie

Technische Universität Dresden, 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 Kassel, Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff- und Recyclingtechnik

Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Physik weicher Materie und angewandte Physik kondensierter Materie, Institut für Chemie, Physikalische Chemie, Institut für Biochemie und Biologie, Molekularbiologie

Universität Stuttgart

Universität Würzburg, Institut für Physik

Hochschulen im Ausland Foreign universities

Aristotle University, Thessaloniki (Greece)

Bristol University, School of Chemistry, Bristol (UK)

Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Lille, ENSCL, Laboratoire de Chimie Moléculaire et Formulation, Lille (France)

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

Ghent University, Department of Organic Chemistry, Ghent (Belgium)

Johannes Kepler Universität, Linz (Austria)

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

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

Université de Strasbourg, Institut universitaire de Technologie Louis Pasteur, IUT Louis Pasteur, CNRS, Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg, IPCMS, Strasbourg (France)

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

University of Hull, Department of Chemistry, Hull (UK)

University of Patras, Department of Materials Science, Patras (Greece)

University of York, Chemistry Department, York (UK)

University of Zaragoza, Department of Organic Chemistry, Zaragoza (Spain)

Andere Forschungseinrichtungen Other research institutes

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

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM, Berlin

Faserinstitut Bremen e.V., Bremen

Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen GmbH, FILK, Freiberg

Fundación LABEIN, Derio (Spain)

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Berlin

Institut Charles Sadron, ICS, UPR 22-CNRS, Chimie Macromoléculaire de Précision, Strasbourg (France)

Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e.V., Teltow

Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz (Austria)

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, vTI, Braunschweig

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

Leibniz-Institut für Polymerforschung e.V., Dresden

Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf

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

Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz

Papiertechnische Stiftung Heidenau, Heidenau

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

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., Chemnitz

Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V., Greiz

The UK Health and Environment Research Institute, Leicestershire (UK)

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

UP Transfer GmbH, Potsdam

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

Firmenkooperationen Cooperations with companies

aevotis GmbH, Potsdam

Addcon GmbH, Bonn

AkoTec Produktionsgesellschaft mbH, Angermünde

Allresist GmbH, Strausberg

AMSilk GmbH, Planegg/Martinsried

BASF SE, Berlin

Bioactive Bone Substitutes Oy, Oulu (Finland)

Blücher Adsor-Tech GmbH, Premnitz

Bundesdruckerei GmbH, Berlin

CORRSYS 3D Industrial & Rail Sensors AG, Wetzlar

Dow Olefinverbund GmbH, Schkopau

Dow Wolff Cellulosics GmbH, Bomlitz

Feintechnik GmbH Eisfeld, Eisfeld

Festo AG & Co. KG, Esslingen

Frank Optic Products GmbH, Berlin

German Bioplastics Guben GmbH, Guben

Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf

ZUSAMMENARBEIT COLLABORATION

IMM-Research SAS, Paris (France)	Siemens AG, Berlin
INEOS, Frankfurt/Main	Sikoplast Maschinenbau GmbH, Siegburg
InfraLeuna GmbH, Leuna	Södra Skogsägarna ekonomisk förening, Väröbacka (Sweden)
Konarka Technologies, Linz (Austria)	SteriPack Ltd., Clara (Finland)
KRÜSS GmbH, Wissenschaftliche Laborgeräte, Hamburg	Styron Deutschland GmbH, Schkopau
LIST AG, Arisdorf (Switzerland)	Synthopol Chemie Dr. rer. pol. Koch GmbH & Co. KG, Buxtehude
Loser Chemie GmbH, Hainichen	TAM GmbH & Co. KG, Schwaig
LTB Lasertechnik Berlin GmbH, Berlin	TES Frontdesign GmbH, Neuruppin
Merck KGaA, Darmstadt	Toho Tenax Europe GmbH, Wuppertal
micro resist technology GmbH, Berlin	Trovotech GmbH, Bitterfeld-Wolfen
Nematel GmbH & Co. KG, Mainz	Uhde Inventa-Fischer GmbH & Co. KG, Berlin
Osram Opto Semiconductors, Regensburg	ValCon Healthcare, Jelcz-Laskowice (Poland)
PSM GmbH & Co. KG, Merseburg	ViskoTeepak, Lommel (Belgium)
PSS Polymer Standards Service GmbH, Mainz	VITRONIC Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH, Wiesbaden
Ray Technologies International GmbH, Valley	Weyerhaeuser Company, Federal Way (USA)
Reifenhäuser REICOFIL GmbH & Co. KG, Troisdorf	Xetos AG, Hohenbrunn
SeeReal Technologies GmbH, Dresden	Ziel Biopharma Ltd., Limerick (Ireland)
SGL Carbon GmbH, Meitingen	

Netzwerke und Verbünde Networks and associations

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

- Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, AiF
- Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V., AGEF
- Allianz Faserverbunde »Innovativer regionaler Wachstumskern«, ALFA
- Centre of Excellence for Polymer Materials and Technology, CoE PoliMaT, member of the Scientific Council
- Cluster Mitteldeutschland Chemie/Kunststoffe
- DECHEMA, Arbeitsausschuss Polyreaktionen
- Deutsches Flachdisplayforum, DFF
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V., DGM, Fachausschuss Polymerwerkstoffe
- European Polysaccharide Network of Excellence, EPNOE
- Exzellenzcluster »Das Taschentuchlabor – Impulszentrum für Integrierte Bioanalytik«, IZIB
- Fraunhofer-Allianz POLO
- Fraunhofer-Innovationscluster Polymertechnologie
- Fraunhofer-Netzwerk Elektrochemie
- Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS
- Freundeskreis Chemie-Museum Erkner e.V.
- Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., GdCh
- Industrieclub Potsdam e.V.
- International Advisory Board, Chiral Compounds and Special Polymers, CCSP
- International Advisory Board, IUPAC, Novel Materials and their Synthesis, NMS

- Kunststoffverband Brandenburg/Berlin e.V., KuVBB
- Landesvereinigung außeruniversitärer Forschung in Brandenburg e.V., LAUF
- Leibniz-Kolleg-Potsdam e.V.
- Organic Electronic Association, oe-a
- OpTecBB e.V., Kompetenznetz für Optische Technologien
- pearls, Potsdam Research Network
- PhotonikBB e.V.
- Polykum e.V.
- ProWissen Potsdam e.V.
- SEPAWA e.V.
- Society for Information Displays-Mid Europe Chapter, SID-MEC
- Sonderforschungsbereich 448, Mesoskopisch strukturierte Verbundsysteme
- Technologieplattform Mikroverkapselung

Prof. Dr. M. Bartke
– Beirat Kunststoffkompetenzzentrum Merseburg
– DECHEMA, Arbeitsausschuss Polyreaktionen

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-Brandenburgischer Verband für Polymerforschung
– Editorial Board der Zeitschriften "Cellulose", "Cellulose Chemistry and Technology", "Carbohydrate Polymers", "Natural Fibres"
– European Polysaccharide Network of Excellence, EPNOE
– Forschungsbeirat der Papiertechnischen Stiftung München, PTS

- Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., GdCh
- Vorstandsmitglied der Forschungsvereinigung Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen
- Vorstandsmitglied Kunststoffverbund Brandenburg/Berlin e.V., KuVBB
- Zellcheming, Fachausschuss Cellulose und Cellulosederivate

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"
– Scientific Council of the Centre of Excellence for Polymer Materials and Technologies, CoE PoliMaT, Ljubljana (Slovenia)

Dr. S. Janietz
– Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V., AGEF

Prof. Dr. A. Laschewsky
– Berlin-Brandenburgischer Verband für Polymerforschung
– Mitglied im Forschungsbeirat der Henkel AG & Co. KGaA
– Vorstandsmitglied GdCh-Fachgruppe Waschmittelchemie
– Vorstandsmitglied der SEPAWA

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. Vorwerg
– European Polysaccharide Network of Excellence, EPNOE
– Stärkefachausschuss

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

Lehrveranstaltungen Lecturing activities

Prof. Dr. M. Bartke
– Vorlesung: *Polymerisationstechnik*, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
– Vorlesung: *Polymer Reaction Engineering*, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
– Vorlesungen: *Hochdruckpolymerisation Ethylen; Kinetik & Verfahren koordinativer Polymerisation; Stoffbilanz; Maßstabsübertragung* im Rahmen des Kurses Polymerisationstechnik des DECHEMA e.V., Hamburg

Prof. Dr. habil. H.-P. Fink
– Vorlesung: *Strukturcharakterisierung von biobasierten Polymerwerkstoffen*, Universität Kassel
– Vorlesung: *Strukturcharakterisierung von biobasierten Polymerwerkstoffen*, Universität Potsdam
– Kompaktpraktikum: *Methoden der Strukturcharakterisierung im IAP*, Universität Potsdam

Prof. Dr. A. Laschewsky
– Vorlesung: *Technische Chemie*, Universität Potsdam
– Vorlesung: *Functional Polymers/Stimuli-responsive polymers: synthesis, self-organization and application*, Universität Potsdam
– Vertiefungspraktikum und Blockpraktikum: *Polymerchemie*, Universität Potsdam
– Blockvorlesung: *Polymeric Amphiphiles*, im Rahmen des Internationalen Master-Studiengangs Chimie et Ingénierie de la Formulation, CIF, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Lille, ENSCL, (France)

Prof. Dr. A. Laschewsky u. a.
– Vorlesung: *Polymerchemie*, Universität Potsdam
– Seminar: *Kolloidchemie und Polymerchemie*, Universität Potsdam
– Praktikum: *Polymerchemie*, Universität Potsdam
– Praktikum zum WPF: *Polymerchemie für DC*, Universität Potsdam

Dr. J. Storsberg,
Prof. Dr. A. Laschewsky,
Dr. J.-F. Lutz
– Vorlesungen: *Polymere mit nanoskaligem Aufbau: Synthesen und Anwendungen von (Block-)Copolymeren; Chemische Nanotechnologien – Synthesen, Materialien, Anwendungen*, im Rahmen des Weiterbildungskurses des DECHEMA e.V., Würzburg

Dr. J. Storsberg
– Vorlesung und Praktikum: *Makromolekulare Chemie*, Beuth-Hochschule für Technik, Berlin

Priv.-Doz. Dr. J. Stumpe
– Vorlesung: *Photochemie in Polymeren und Supramolekularen Systemen*, Universität Potsdam

Dr. U. Wendler
– Vorlesung: *Makromolekulare Chemie*, Hochschule Merseburg

LABORAUSSTATTUNG

LABORATORY EQUIPMENT

Analytik

Chemische Analyse

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

Physikalisch-chemische Charakterisierung von Polymerlösungen

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

Strukturanalyse von Lösungen und Festkörpern

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

Ausführliche Informationen zu unserem umfangreichen Analytikangebot finden Sie unter:

www.polymer-analytik.de

Ausstattung

- Labore zur physikalischen Charakterisierung
- Reinraum (Klasse 1000 und 10000)
- Syntheselabore

Kombinierte Messverfahren

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

Lasertechnik

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

Optische Messtechnik

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

Mechanische Prüfung

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

Polymersynthese und -derivatisierung

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

Modifizierung von Oberflächen und Filmen

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

Herstellung dünner Schichten

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

Polymerverarbeitung

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

LABOR AUSSTATTUNG

LABORATORY EQUIPMENT

Analytics

Chemical analysis

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

Physical-chemical characterization of polymer solutions

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

Structural analysis of solutions and solids

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

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 physical characterization
- laboratories for synthesis

Combined measuring methods

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

Laser technology

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

Optical measuring methods

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

Mechanical testing

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

Polymer synthesis and derivatization

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

Modification of surfaces and films

- equipment for surface modification of polymers with low-pressure and atmospheric pressure plasma and VUV radiation
- polymer film converter with rotogravure printing station

Preparation of thin layers

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

Polymer processing

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

EREIGNISSE

EVENTS

Auszeichnungen Awards

Dipl.-Ing. Jens Erdmann,
AMK-Graduierten-Preis 2009,
Präsidium der Akademie Mittel-
deutsche Kunststoffinnovationen
(AMK), Merseburg

Dipl.-Inform. (FH) Nadine Gruber,
*beste Absolventin Abschlussjahr-
gang 2008/2009*, Studienfach
Diplom-Informatik (Digitale
Medien), FH Brandenburg,
Brandenburg a.d. Havel

Prof. Dr. Niko Hildebrandt,
*Nachwuchswissenschaftlerpreis
des Landes Brandenburg 2010*,
Bereich Natur- und Ingenieur-
wissenschaften, Potsdam

Prof. Dr. habil. Jean-Francois Lutz,
ERC Starting Grant 2010,
European Research Council, ERC,
Brussels (Belgium)

Lica Pabel, *Ehrung der Besten
2010 – Auszubildende der
Fraunhofer-Gesellschaft*,
München

Dr. rer. nat. Joachim Storsberg,
*Joseph-von-Fraunhofer-Preis
2010*, Leipzig

Gäste Guests

Prof. Hynek Biederman,
Karlsuniversität Prag, Prag
(Czech Republic)

Dr. Hanneke Boerstel,
Teijin Aramid B.V.,
Arnhem (Netherlands)

Phil Casey, CSIRO, Clayton
(Australia)

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Heim,
Institut für Werkstofftechnik,
Universität Kassel, Kassel

Prof. Dr. Makoto Ouchi,
Department of Polymer
Chemistry, Graduate School of
Engineering, Kyoto University,
Kyoto (Japan)

Dr. Wolfgang Stark,
Bundesanstalt für Material-
forschung und -prüfung (BAM),
Berlin

Prof. Dr. Roland Weidisch,
Fraunhofer-Institut für
Werkstoffmechanik IWM, Halle

Gäste aus der Politik Political guests

Minister Ralf Christoffers,
Ministerium für Wirtschaft
und Europaangelegenheiten,
10.5.2010

Staatssekretär Martin Gorholt,
Ministerium für Wissenschaft,
Forschung und Kultur, 17.5.2010

Staatssekretär Henning
Heidemanns, Ministerium für
Wirtschaft und Europaangelegen-
heiten, 17.8.2010/22.11.2010

Dr. Martina Münch, (ehem.)
Ministerin für Wissenschaft,
Forschung und Kultur des Landes
Brandenburg, Grundsteinlegung
für das Anwendungszentrum
für Polymer-Nanotechnologien
des Fraunhofer IAP, 22.6.2010

Andrea Wicklein, Bundestags-
abgeordnete, Grundsteinlegung
für das Anwendungszentrum
für Polymer-Nanotechnologien
des Fraunhofer IAP, 22.6.2010

Seminare, Tagungen, Messen Seminars, meetings, fairs

2. Biopolymer-Kolloquium
des Fraunhofer IAP,
Potsdam-Golm (Germany),
26.1.2010

VDI-Fachkolloquium,
Fraunhofer PAZ, Schkopau
(Germany), 25.2.2010

239th American Chemical Society
National Meeting & Exposition,
San Francisco (USA),
21.-25.3.2010

Laser Optics Berlin,
Berlin (Germany), 22.-24.3.2010

Printed Electronics Europe 2010,
Dresden (Germany),
13.-14.4.2010

61th Starch Convention, Detmold
(Germany), 21.-22.4.2010

Wissenschaft vor Ort, *Polymer-
materialien für biologische,
biotechnologische und
medizinische Anwendungen*,
Fraunhofer IAP, Potsdam
(Germany), 4.5.2010

ProcessNet Jahrestreffen
Reaktionstechnik 2010,
Würzburg (Germany),
10.-12.5.2010

International Workshop
Bioactive surfaces, Max-Planck
Institute of Colloids and
Interfaces, Potsdam-Golm
(Germany), 20.5.2010

9. Solarmeeing, *Messen,
Analysieren, Auswerten in der
Photovoltaik*, Fraunhofer IAP,
Potsdam (Germany), 26.5.2010

LOPE-C 2010, Frankfurt/Main (Germany), 31.5.-2.6.2010

OptoMat Technologietag, *Neue Materialien und Verfahren zur Mikro- und Nanostrukturierung: Lithographie, Nanoimprint-Lithographie, μ -Contact-Printing, Zwei-Photonen-Polymerisation*, Berlin (Germany), 10.6.2010

Fachkongress Biobasierte Kunststoffe, Berlin (Germany), 15.6.2010

2. Workshop, *Fasergefüllte Polymere im Spritzgießprozess*, Fraunhofer PAZ, Schkopau (Germany), 17.6.2010

2nd International Workshop *Fluorinated Surfactants: New Developments*, Idstein (Germany), 17.-19.6.2010

3rd Blue Sky Conference on Catalytic Olefin Polymerisation, Sorrento (Italy), 20.-23.6.2010

8th WPC and Natural Fibre Congress, Fellbach (Germany), 22.-23.6.2010

ZELLCHEMING 2010 – Cellulose Symposium, Wiesbaden (Germany), 29.6.-1.7.2010

IS-FOE10, 3rd International Symposium for Flexible Organic Electronics, Halkidiki (Greece), 7.-9.7.2010

MACRO 2010, 43rd IUPAC World Polymer Congress, Glasgow (UK), 11.-16.7.2010

10. Schwarzheider Kunststoffkolloquium, Schwarzheide (Germany), 8.-9.9.2010

14th International Symposium on Cellulose Chemistry and Technology, Iasi (Romania), 8.-10.9.2010

naro.tech 2010, 8. Internationales Symposium *Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen*, Erfurt (Germany), 9.-10.9.2010

Eurodisplay 2009, Rome (Italy), 14.-17.9.2009

P2010, 14th International Conference on Polymeric Materials, Halle/Saale (Germany), 15.-17.9.2010

3. Workshop, *WPC – Wood Plastic Composites – Herstellung und Weiterverarbeitung im Spritzgießprozess*, Fraunhofer PAZ, Schkopau (Germany), 23.9.2010

10th International Workshop on Polymer Reaction Engineering, Hamburg (Germany), 10.-13.10.2010

6th European Detergency Conference, Fulda (Germany), 13.-14.10.2010

Plastic Electronics, Dresden (Germany), 19.-21.10.2010

K-Messe 2010, Düsseldorf (Germany), 27.10.-3.11.2010

Workshop Mikroverkapselung, Fraunhofer IAP, Potsdam-Golm (Germany), 28.10.2010

XV. Workshop über die Charakterisierung von feinteiligen und porösen Festkörpern, Bad Soden (Germany), 16.-17.11.2010

OptoMat Technologietag *Volumenholographie: Neue Materialien, Strukturierungsprozesse und holographische Elemente*, Fraunhofer IAP, Potsdam-Golm (Germany), 24.11.2010

MRS Fall Meeting 2010, Boston (USA) 29.11.-3.12.2010

Projekttag *Stoffliche Biomassenutzung – Mit Innovationen den Wirtschaftsstandort Deutschland stärken*, Berlin (Germany), 15.12.2010

Institutskolloquien Institute colloquia

Dr. Hanneke Boerstoel, Teijin Aramid B.V., *High performance fibers from LC solutions of natural and synthetic polymers*, 12.2.2010

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Heim, Institut für Werkstofftechnik, Universität Kassel, *Neue Materialien – Neue Prozesse, Herausforderungen für die Kunststoffverarbeitung*, 19.3.2010

Prof. Dr. Roland Weidisch, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, *Morphologie und Deformationsverhalten von superelastischen Polymeren*, 3.9.2010

Dr. Wolfgang Stark, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM, *Charakterisierung des Aushärtungsverhaltens von vernetzenden Kunststoffen – vom Labor in die Fertigung*, 8.10.2010

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

Graduierungsarbeiten

Theses

Synthesis of novel non-viral gene carriers using atom transfer radical polymerization and click chemistry

Özgür Akdemir
PhD thesis, University of Potsdam

Impact of the nucleation onto the crystallization kinetics of PLA studies with polarization microscopy

Tobias Bollhorst
Bachelor thesis, Technische Universität Berlin

Printing methods for deposition of ultra thin layers on solid and flexible substrates

Carl-Otto Danz
Diploma thesis, Beuth-Hochschule für Technik Berlin

¹³C-NMR-spectroscopy investigation for substituent distribution in cellulose Xanthogenate

Katarzyna Dominiak
PhD thesis, Technische Universität Berlin

Evaluation of microparticle formation processes for the generation of bioresorbable polymer particles

Kathrin Jesse
Diploma thesis, Hochschule Niederrhein Krefeld

Synthesis and characterization of thermoplastic polysaccharide derivatives

André Lehmann
PhD thesis, Technische Universität Dresden

Synthesis of new materials from polysaccharide-containing sources

Mirjam Mai
PhD thesis, Technische Universität Dresden

Synthesis and study of multicompartement micelles

Jean-Noël Marsat
PhD thesis, University of Potsdam

New covalently cross-linked polyelectrolyte multilayer systems

Patrick Ott
PhD thesis, University of Potsdam

New pathways to monomer sequence control in synthetic polymers

Sebastian Pfeifer
PhD thesis, University of Potsdam

Synthesis and characterization of nano-hydrogel coatings on polymers

Falko Pippig
PhD thesis, Freie Universität Berlin

Amphiphilic block brush polymers – synthesis and self-assembly in selected solvents

Daniel Zehm
PhD thesis, University of Potsdam

Vorträge

Lectures

C. Boeffel: *Kunststoffe als Funktionsmaterialien für die sichere Identität*, 10. Schwarzheider Kunststoffkolloquium, Schwarzheide (Germany), 8.-9.9.2010

H. Ebeling, H.-P. Fink: *Cellulosefasern und Vliesstoffe – neue Wege zur Herstellung auf Basis von Cellulosecarbammat*, narotech – 8. Internationales Symposium »Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen«, Erfurt (Germany), 9.-12.9.2010

R. Einsiedel, K. Uihlein, J. Ganster, R. Rihm: *Cordenka reinforced PLA – Advanced bio-derived composite material*, ANTEC 2010 Conference, Orlando (USA), 16.–20.5.2010

J. Erdmann, J. Ganster: *Maßgeschneiderte PLA- und PHB basierte Cellulosefaser Verbunde durch Haftvermittlung bzw. Anti-Haftvermittlung*, narotech – 8. Internationales Symposium »Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen«, Erfurt (Germany), 9.-12.9.2010

J. Erdmann, J. Ganster: *Tailor-made PLA and PHB based cellulose fibre composites through coupling or anti-coupling agents*, 10. Wissenschaftstage der Hochschule Lausitz, Senftenberg (Germany), 25.11.2010

H.-P. Fink, J. Ganster, G. Engelmann: *Biobasierte Kunststoffe und Composite*, Tagung »Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe – Chemie, Biotechnologie, Verfahrenstechnik« der DECHEMA, Frankfurt/Main (Germany), 20.-21.1.2010

H.-P. Fink: *Biobasierte Fasern, Kunststoffe und Composite*, Potsdamer Köpfe, Sonntagsvorlesung, Potsdam (Germany), 28.2.2010

H.-P. Fink: *Biobased Polymers and Composites*, Polymeric Materials 2010, P.2010, Halle (Germany), 15.-17.9.2010

H.-P. Fink: *Neue Cellulosematerialien und Verarbeitungswege: Schmelzartige Verarbeitung der Cellulose zu Fasern, Folien und Nonwovens*, Projekttag »Stoffliche Biomassenutzung – Mit Innovationen den Wirtschaftsstandort Deutschland stärken«, FNR Berlin Landesvertretung Mecklenburg-Vorpommern, 15.12.2010

J. Ganster, R. Rihm, J. Erdmann, H.-P. Fink: *Cellulose man-made fiber reinforced bioplastics – Structure and mechanical properties*, 339th ACS National Meeting and Exhibition, San Francisco (USA), 22.-25.3.2010

J. Ganster, J. Erdmann: *Tailor-made PLA- and PHB based cellulose fibre composites with engineered fibre-matrix interface*, Polymeric Materials 2010, P.2010, Halle (Germany), 15.-17.9.2010

J. Ganster, J. Erdmann: *Development of bio-based PLA-and PHB composites with high impact strength and stiffness*, Bayern Innovativ – 2nd Cooperation Forum Biopolymers, Straubing (Germany), 11.11.2010

M. Hahn: *Poly(lactid) – Potenziale im Bereich technischer Kunststoffe*, WTT-Kooperationsforum

»Materialeffizienz mit chemischen Technologien«, Berlin (Germany), 28.5.2010

M. Hassan Nejad, J. Ganster, H.-P. Fink: *Unmodified versus Organo-Modified Clays – Their Effect on Thermoplastic Cellulose and Starch Derivatives*, 8th Global WPC and Natural Fibre Composites Congress and Exhibition, Stuttgart Fellbach (Germany), 22.–23.6.2010

K. Hettrich, B. Volkert, M. Pinnow, H.-P. Fink: *Novel aspects of nano-cellulose*, Iasi (Romania), 9.9.2010

A. Holländer: *Funktionalisierte Polymeroberflächen*, Wissenschaft vor Ort – Polymermaterialien für biologische, biotechnologische und medizinische Anwendungen, Potsdam-Golm (Germany), 4.5.2010

A. Holländer, F. Pippig: *Surface chemistry for the immobilization of proteins*, ESF workshop Manipulation of Biomaterials Surface by Plasma Processing, Iasi (Romania), 27.5.2010

A. Holländer: *Polymere und Oberflächenchemie für die mikrobielle Diagnostik*, 2. Berlin-Brandenburger Technologieforum In-Vitro-Diagnostik und Bioanalytik, Berlin (Germany), 11.6.2010

A. Holländer: *The reaction of nitrogen traces in plasmas with polymer surfaces*, 12th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen (Germany), 13.-17.9.2010

A. Holländer, F. Pippig: *Industrial Surface Functionalization for Life Science Applications*, Heiligenstädter Kolloquium, Heiligenstadt (Germany), 29.9.2010

S. Janietz, H. Krüger, M. Thesen, A. Wedel: *Concepts for the material development for solution processable phosphorescent polymers and their application in PLEDs*, ICMCTF, San Diego (USA), 26.-30.4.2010

S. Janietz, K. Schulze, P. Lewer, T. Egorov-Brening: *Novel copolythiophenes with 3,6-dioxaheptyl side chains: From synthesis up to printing formulations for air stable OTFTs*, LOPE-C, Frankfurt (Germany), 31.5.-2.6.2010

S. Janietz: *Funktionale Polymere in der OLED und OPV-Technologie*, Infotag Optoelektronische Systeme auf Polymerbasis, Dechema, Frankfurt/Main (Germany), 30.6.2010

S. Janietz, K. Schulze, P. Lewer, T. Egorov-Brening: *Novel copolythiophenes with 3,6-dioxaheptyl side chains: From synthesis up to printing formulations for air stable OTFTs*, Polydays, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

S. Janietz, H. Krüger: *Synthesis and Device performance of pendant polymers for OLEDs*, CDT, Cambridge (UK), 7.10.2010

S. Janietz: *Funktionale Polymere in der OPV-Technologie*, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Berlin (Germany), 11.11.2010

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

S. Janietz, E. Katholing, L. Pabel, H.-F. Schleiermacher, H. Mangold, U. Würfel: *Tailor-made absorber polymers for efficient organic solar cells*, MRS-Meeting, Boston (USA), 28.11.-3.12.2010

A. Laschewsky: *New polymeric surfactants bearing fluorocarbon fragments as made by controlled free radical polymerization*, ISIS/ Université de Strasbourg, Institut universitaire de Technologie Louis Pasteur, IUT Louis Pasteur, Strasbourg (France), 24.2.2010

A. Laschewsky, J.-N. Marsat, K. Skrabania, D. Zehm: *Perspectives for Functional Block Copolymers: Tales about Giant Surfactants, Multicompartment Micelles, and Other Bioinspired Polymeric surfactants*, Makromolekulares Kolloquium, Freiburg (Germany), 25.-27.2.2010

A. Laschewsky: *From Amphiphilic Triblock Copolymers to Thermoresponsive Hydrogels*, Martin-Luther-Universität, Halle/Saale (Germany), 3.3.2010

A. Laschewsky: *Novel Amphiphilic Block Copolymers Made by Controlled Free Radical Polymerization*, 8th Norwegian Meeting on Polymer and Colloid Science, Hønefoss (Norway), 12.-13.4.2010

A. Laschewsky: *Tailoring Amphiphilic Block Copolymers by Controlled Free Radical Polymerization: Opportunities, Challenges and Problems*, 12th Dresden Polymer Discussion, Meißen (Germany), 18.-21.4.2010

A. Laschewsky: *Strategies toward Multicompartment Micelles: Do we need long fluorocarbon chains?*, 2nd International Workshop Fluorinated Surfactants: New Developments (Synthesis-Analysis-Fate-Regulation), Idstein (Germany), 17.-19.6.2010

A. Laschewsky: *On the Way to "Intelligent" Sensor Films: The Quest for Bistable Hydrogels*, Symposium on Sensor-Actor-Molecules, Potsdam-Golm (Germany), 29.6.2010

A. Laschewsky: *Bridging the gap between micelles and latex particles with block copolymer self-assembly*, PolymerLatex GmbH, Marl (Germany), 27.8.2010

A. Laschewsky, D. Zehm: *From Macro Surfactants to "Giant" Surfactants: Design and Self-Assembly of Amphiphilic Dual Brush Block Copolymers*, Polymeric Materials 2010, P.2010, Halle (Germany), 15.-17.9.2010

A. Laschewsky: *Giant Surfactants Made from Dual Brush Block Copolymers*, German-Russian Workshop on "Self-organized Structures of amphiphilic Molecules", Thurnau (Germany), 6.-8.10.2010

A. Laschewsky: *Smart Ingredients for Aqueous Formulations: Facts and Fancy*, 57th SEPAWA-Congress, Fulda (Germany), 13.-15.10.2010

A. Laschewsky: *Synthesis of Dual Brush Block Copolymers and Their Behavior as "Giant Surfactants"*, Centre of Polymer and Carbon Research of the Polish Academy of Sciences, Gliwice (Poland), 25.10.2010

A. Lehmann, B. Volkert: *Novel synthesis pathways to thermoplastic starch esters*, 61st Starch Convention, Detmold (Germany), 21.4.-22.4.2010

A. Lehmann, B. Volkert: *New thermoplastic starch derivatives*, 8th WPC and Natural Fibre Congress, Fellbach (Germany), 23.6.2010

A. Lehmann, B. Volkert, H.-P. Fink: *Controlled mechanical properties of novel starch mixed esters*, nano.tech – 8. Internationales Symposium »Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen«, Erfurt (Germany), 9.-12.9.2010

A. Lieske: *Resorbierbare Vliese zur Wundabdeckung*, Wissenschaft vor Ort – Polymermaterialien für biologische, biotechnologische und medizinische Anwendungen, Potsdam-Golm (Germany), 4.5.2010

H.-G. Löhmansröben: *Photonische Spezial-Polymere: Von Nanopartikeln, Wellenleitern und Lasern*, 10. Schwarzeider Kunststoffkolloquium, Schwarzeide (Germany), 8.-9.9.2010

J.-F. Lutz, A. Laschewsky: *Smart biocompatible hydrogels constructed with oligo(ethylene glycol) (macro)monomers*, DPG Spring Meeting, Regensburg (Germany), 21.-26.3.2010

J.-F. Lutz: *Nanotechnologie für therapeutische Anwendungen*, Wissenschaft vor Ort – Polymermaterialien für biologische, biotechnologische und medizinische Anwendungen, Potsdam-Golm (Germany), 4.5.2010

M. Meyer, S. Gruner, J. Bohrich: *Umweltstabile Permanentmarkierung zur Lieferanten- und Chargenverfolgung mittels BarCodeDNA am Beispiel von Leder*, Sitzung ProcessNet-Arbeitsausschuss »Polyreaktionen« der DECHEMA, Frankfurt/Main (Germany), 20.1.2010

W. Meyer, E. Novosel, S. Engelhard, M. Wegener, P. Kluger, K. Borchers, G. Tovar, H. Krüger: *Biocompatible Materials for Rapid Prototyping by an inkjet printing process*, i-PolyMat, Kerkrade (Netherlands), 16.-19.5.2010

A. Miasnikova, A. Laschewsky, P. Müller-Buschbaum, C. M. Papadakis: *The Self-assembly of Triblock Copolymers into Smart Hydrogels. Comparing PolyNIPAM with PolyMDEGA as Responsive Hydrophilic Block*, POLYSOLVAT-8, 8th International IUPAC Conference on Polymer-Solvent Complexes and Intercalates, Strasbourg (France), 5.-8.7.2010

H. Petersen, R. Radosta, W. Vorwerk: *Einfluss chemischer Additive auf die Wechselwirkung kationischer Stärken mit Faserstoffen und auf die Papierfestigkeiten*, FNR-Verbundtreffen, Limburgerhof (Germany), 1.6.2010

H. Petersen, S. Radosta, W. Vorwerg: *Stärke/Additiv-Wechselwirkungen während der Papierherstellung*, Wissenschaftliches Seminar, TU Berlin, Berlin (Germany), 13.10.2010

F. Pippig, A. Holländer: *Molecular Materials for (bio)molecular Diagnostics*, Polydays, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

F. Pippig, A. Holländer: *Multistep surface functionalization by roll-to-roll processing*, K 2010, Düsseldorf (Germany), 28.10.2010

S. Radosta, W. Vorwerg: *Molecular Characteristics of starch products*, 61st Starch Convention, Detmold (Germany), 21.4.-22.4.2010

R. Rihm, J. Ganster: *Herstellung und Charakterisierung von Biokompositen*, XV. Workshop über die Charakterisierung von feinteiligen und porösen Festkörpern, Bad Soden/Taunus (Germany), 16.-17.11.2010

K. Schulze, T. Egorov-Brening, P. Lewer, S. Janietz: *Air stable organic field-effect transistor based on a novel copolythiophene with 3,6-dioxaheptyl side chains*, International Conference on Organic Electronics, Paris (France), 22.-25.6.2010

A. Seeboth: *Thermochrome textile Produkte*, PROTEX-Netzwerk Workshop Thermochromie, Blankenhain (Germany), 30.9.2010

A. Seeboth: *Thermochrome Polymere für Fassaden- und Dachkonstruktionen (POLYFADA) Symposium »Membrankonstruktionen zur energetischen Sanierung von Gebäuden«*, Rimsting (Germany), 28.10.2010

J. Storsberg: *Nanotechnologie in Kosmetika – Schlüssel zu höherer Leistung und Funktion?*, Forum Cosmeticum, Interlaken (Switzerland), 5.-7.5.2010, 17.5.2010

J. Storsberg: *Mit Kunststoffen wieder sehen – Hochleistungs-polymer für die Augenheilkunde*, Augenoptik trifft Wissenschaft, Rathenow (Germany), 29.5.2010

J. Storsberg, K. Kobuch, G. W. Dunker, S. Sel: *Die Grenzfläche entscheidet – Entwicklung einer bioaktiven-biomimetischen künstlichen Augenhornhaut (Keratoprothese)*, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien, Heiligenstadt (Germany), 18.11.2010

M. Ulbrich, S. Radosta, W. Vorwerg: *Starch Products with Different Amylose/ Amylopectin Ratio-Interaction with a Paper Pulp and Relation to Paper Strength*, 61st Starch Convention, Detmold (Germany), 21.4.-22.4.2010

B. Volkert, A. Lehmann, M. Hassan Nejad, T. Greco: *New Materials from Polysaccharide Derivatives*, ACS Meeting, San Francisco (USA), 23.4.2010

B. Volkert: *Sphärische Partikel aus modifizierter Cellulose*, Wissenschaft vor Ort – Polymermaterialien für biologische, biotechnologische und medizinische Anwendungen, Potsdam-Golm (Germany), 4.5.2010

B. Volkert: *Struktureigenschaftenbeziehungen neuartiger Stärkemischerter*, Nachwuchsgruppentreffen 2010, Oberhausen (Germany), 27.5.2010

B. Volkert: *Neue stärkebasierte Kunststoffe*, Fachkongress Biobasierte Kunststoffe, Berlin (Germany), 15.6.2010

B. Volkert, K. Hettrich, S. Fischer, L. Passauer: *Novel aspects of nanocellulose*, Zellcheming, 105. Hauptversammlung und EXPO, Wiesbaden (Germany), 29.6.2010

Dr. Waltraud Vorwerg: *Polysaccharide – traditionelle und zukünftige Anwendungen*, 2. Biopolymer-Kolloquium, Potsdam (Germany), 26.1.2010

J. Wagner, E. Goernitz, J. Stumpe: *Light Diffraction on Thin Layers of Polymer Particle Arrays in the Optical Near-Field and Middle-Field*, MACRO 2010, 43rd IUPAC World Polymer Congress, Glasgow (UK), 11.-16.7.2010

J. Weiß, A. Laschewsky: *A Trimethylsilyl-labeled RAFT-Agent as NMR-Probe for Reversible Block Copolymer Self-Assembly*, MACRO 2010, 43rd IUPAC World Polymer Congress, Glasgow (UK), 11.-16.7.2010

W. Werner, O. Muehling: *SOLARDIM-ECO – Mikrokapseln für den Gebäudesonnenschutz*, Workshop »Business Model Innovation – Neue Einsatzmöglichkeiten für Mikroverkapselung«, Potsdam-Golm (Germany), 28.10.2010

E. Wischerhoff, A. Laschewsky, J. Storsberg: *Tailoring Surfaces by Polymer Grafting on Paper, Cellulose and Related Substrates*, PTS Symposium Applied Interface Chemistry, München (Germany), 9.2.2010

E. Wischerhoff, A. Laschewsky, J.-F. Lutz, J. Storsberg: *Nanoscale modified surfaces for biomedical applications*, TechTransfer Workshop: "Nano for Health", Hannovermesse, Hannover (Germany), 23.4.2010

E. Wischerhoff, A. Laschewsky, J.-F. Lutz, J. Storsberg: *Bioactive and Responsive Polymer Surfaces*, Wissenschaft vor Ort – Polymermaterialien für biologische, biotechnologische und medizinische Anwendungen, Potsdam-Golm (Germany), 4.5.2010

PUBLIKATIONEN PUBLICATIONS

Poster

Posters

N. Badi, N. Fechler, S. Glatzel, A. Laschewsky, J.-F. Lutz, A. M. Saraiva, E. Wischerhoff, A. Laschewsky, H. Möhwald, G. Brezesinski: *Design of Synthetic Hydrogels with a Sol-Gel or Gel-Sol Thermoreversible Transition in Aqueous and Physiological Milieu*, Golm International Symposium on Bioactive Surfaces, Potsdam (Germany), 20.5.2010

T. Bilkay, K. Schulze, T. Egorov-Brening, S. Janietz: *Novel Solution-Processible Semiconducting Polymers: Design, Synthesis and Performance in Organic Field-Effect Transistors*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

J. Buller, M. Sütterlin, J.-F. Lutz, E. Wischerhoff, A. Laschewsky: *Hydrogel scaffolds as smart sensing materials*, Golm International Symposium on Bioactive Surfaces, Potsdam (Germany), 20.5.2010

G. Dorff, A. Lieske, M. Hahn: *Synthese und Eigenschaften neuer Poly-L-Lactid (PLLA)-Blockcopolymerer*, BMELV – Stoffliche Biomassenutzung, Berlin (Germany), 15.12.2010

B. Elling, T. Greco: *Novel surveillance device based on light converting polymeric nanocomposites*, First International Conference on Sensor Device Technologies and Applications, Sensordevices 2010, Mestre (Italy), 18.6.2010

C. Fanter, T. Tudorciuc, K. Hettrich: *Einsatz der Hg-Positronen zur Charakterisierung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen*, XV. Workshop über die Charakterisierung von feinteiligen und porösen Festkörpern, Bad Soden/Ts. (Germany), 16.-17.11.2010

D. Grothe, W. Meyer, H. Krüger, S. Janietz: *Synthesis of polymerizable Ionic Liquids for solid state electrolytes*, Doktorandenworkshop, Universität Potsdam, Potsdam (Germany), 12.3.2010

D. Grothe, W. Meyer, H. Krüger, S. Janietz: *Synthesis of polymerizable Ionic Liquids for solid state electrolytes*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

M. Hassan Nejad, J. Ganster: *Bioplastics from cellulose – Novel prospects for cellulose acetate*, Zellcheming, Wiesbaden (Germany), 29.6.-1.7.2010

M. Hassan Nejad, J. Ganster: *Bioplastics from cellulose – Novel prospects for cellulose acetate*, 10. Schwarzheider Kunststoffkolloquium, Schwarzheide (Germany), 8.-9.9.2010

C. Herfurth, J. Kristen, K. Skrabania, C. Wieland, A. Laschewsky: *Synthesis and Characterisation of Amphiphilic Star Polymers*, 12th Dresden Polymer Discussion, Meißen (Germany), 18.-21.4.2010

C. Herfurth, J. Kristen, K. Skrabania, C. Wieland, A. Laschewsky, M. Gradzielski, P. Malo de Molina: *Synthesis and Characterisation of Amphiphilic Star Polymers*, Tag der Chemie Berlin-Brandenburg 2010, Berlin (Germany), 16.6.2010

C. Herfurth, J. Kristen, A. Laschewsky, A. Miasnikova, E. Wischerhoff, P. Müller-Buschbaum, J. Adelsberger, C. M. Papadakis: *Thermoresponsive Hydrogels Made of Block Copolymer Surfactants*, 6th European Detergency Conference, Fulda (Germany), 13.-14.10.2010

K. Hettrich, F. Grüneberger, S. Schumacher, C. Fanter, N. Gajovic-Eichelmann: *Effect of Molecular Imprinting on the Pore Size Distribution of Polymers*, XV. Workshop über die Charakterisierung von feinteiligen und porösen Festkörpern, Bad Soden/Ts. (Germany), 16.-17.11.2010

K. Hettrich, F. Grüneberger, S. Schumacher, C. Fanter, D. G. Hall, N. Gajovic-Eichelmann: *Molecular Recognition of Fructose in Imprinted Polymers: Thermodynamic and Scintillation Investigation of Analyte Binding*, 6th International Meetings on Molecular Imprinting Polymers, MIP 2010, New Orleans (USA), 9.-12.8.2010

K. Hettrich, F. Grüneberger, S. Schumacher, C. Fanter, D. G. Hall, N. Gajovic-Eichelmann: *Molekulare Erkennung von Fructose in geprägten Polymeren unter physiologischen Bedingungen*,

15. Heiligenstädter Kolloquium »Technische Systeme für die Lebenswissenschaften«, Heiligenstadt (Germany), 27.-29.9.2010

A. Holländer, S. Kröpke: *Polymer surface functionalization with SO₂ plasma*, 12th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen (Germany), 13.-17.9.2010

S. Inal, J. D. Kölsch, D. Janietz, A. Laschewsky, D. Neher: *Energy Transfer and Polymer-Dye Interactions as a Probe for Studying Phase Transitions in Aqueous Solutions of an Oligo(ethyleneglycol) based Thermoresponsive Polymer*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

B. Kussmaul, S. Risse, G. Kofod, H. Krüger: *Integration of push-pull-dipoles in silicon elastomers for permittivity enhancements of dielectric actuator materials*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

A. Laschewsky, J.-F. Lutz, E. Wischerhoff, A. Lankenau, K. Uhlig, S. Schmidt: *Smart Polymeric Hydrogel Thin Films*, Tag der Chemie Berlin-Brandenburg 2010, Berlin (Germany), 16.6.2010

A. Laschewsky, C. Herfurth, J. Kristen, A. Miasnikova, E. Wischerhoff, J. Adelsberger, P. Müller-Buschbaum, C. M. Papadakis: *Thermoresponsive Hydrogels Made of Block Copolymer Surfactants*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

A. Laschewsky, J. Weiß: *Temperature Induced Self-Assembly of Triple-Responsive Triblock Copolymers in Dilute Aqueous Solution*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

A. Lehmann: *Novel thermoplastic starch mixed esters – a simple synthesis pathway for biobased commodity materials*, 10. Schwarzheider Kunststoffkolloquium, Schwarzheide (Germany), 8.-9.9.2010

P. Lewer, K. Schulze, S. Janietz: *Inkjet printed organic layers on nano- and microstructured flexible substrates for organic electronic devices*, 3rd International Symposium on Flexible Organic Electronics, Ouranopolis (Greece), 6.-9.7.2010

H. Liang, J. P. Rabe, D. Zehm, A. Laschewsky: *Self-assembly of amphiphilic brush triblock copolymers on a surface*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-

Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

W. Meyer, E. Novosel, S. Engelhard, M. Wegener, B. Elling, P. Kluger, K. Borchers, H. Krüger: *Biocompatible Materials for Rapid Prototyping Processes building up vascular grafts*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

A. Miasnikova, A. M. Bivigou-Koumba, A. Laschewsky, P. Müller-Buschbaum, C. M. Papadakis: *The Self-assembly of Triblock Copolymers into Smart Hydrogels, Comparing PolyNIPAM with PolyMDEGA as Responsive Hydrophilic Block*, Deutsche Physikalische Gesellschaft, Spring Meeting, Regensburg (Germany), 21.-26.3.2010

A. Miasnikova, A. M. Bivigou-Koumba, A. Laschewsky, P. Müller-Buschbaum, C. M. Papadakis: *The Self-assembly of Triblock Copolymers into Smart Hydrogels, Comparing PolyNIPAM with PolyMDEGA as Responsive Hydrophilic Block*, Golm International Symposium on Bioactive Surfaces, Potsdam-Golm (Germany), 20.5.2010

H. Petersen, S. Radosta, W. Vorwerg: *Interaction between cationic starch and cellulosic fibers in the presence of synthetic polymeric additives*, Doktorandenworkshop, Universität Potsdam, Potsdam (Germany), 12.3.2010

F. Pippig, A. Holländer: *Molecular Materials for (bio) molecular Diagnostics*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

A. M. Saraiva, E. Wischerhoff, A. Laschewsky, H. Möhwald, G. Brezesinski: *Thermoresponsive Brushes studied by QCM-D and ATR-IR*, Golm International Symposium on Bioactive Surfaces, Potsdam-Golm (Germany), 20.5.2010

V. Strehmel, H. Wetzel, E. Görnitz, A. Laschewsky: *Polymethacrylate Synthesis in Imidazolium and Pyrrolidinium Based Ionic Liquids*, EUCHEM Conference on Molten Salts and Ionic Liquids 2010, Bamberg (Germany), 14.-19.3.2010

V. Strehmel, E. Reynaud, H. Wetzel, E. Görnitz, A. Laschewsky: *Imidazolium Tosylates as New Solvents in Free Radical Polymerization*, 2nd Asia Conference on Ionic Liquids and Green Processes, Dalian, (P.R. China), 7.-10.9.2010

V. Strehmel, H. Wetzel, E. Görnitz, A. Laschewsky: *Free Radical Polymerization in Imidazolium and Pyrrolidinium Based Ionic Liquids: Pushing Molar Masses Upwards*, Polymers in Biomedicine and Electronics – Biannual Meeting of the GDCh-Division of Macromolecular Chemistry, Polydays 2010, Berlin (Germany), 3.-5.10.2010

J. Wagner, O. Kulikovska, L. Kulikovsky, S. Döring, R. Rosenhauer, J. Stumpe: *Neue Technologie zur voll-optischen Mikrostrukturierung und Herstellung diffraktiv-optischer und photonischer Elemente*, 6. Thüringer Grenz- und Oberflächentage, 2. Thüringer Kolloquium »Dünne Schichten in der Optik«, Gera (Germany), 7.-9.9.2010

J. Weiß, A. Laschewsky: *Temperature Induced Self-Assembly of Triple-Responsive Triblock Copolymers in Dilute Aqueous Solution*, Macro2010, 43rd IUPAC World Polymer Congress, Glasgow (UK), 11.-16.7.2010

J. Weiß, A. Laschewsky: *Improving the IQ of Intelligent Block Copolymer Surfactants: Designs for Multiple Switching*, 6th European Detergency Conference, Fulda (Germany), 13.-14.10.2010

D. Zehm, A. Laschewsky, M. Gradzielski, S. Prévost, J. P. Rabe, H. Liang: *Dual Brushes: Orthogonal Usage of CRP Methods as a Route to Complex Polymer Architectures*, Tag der Chemie Berlin-Brandenburg 2010, Berlin (Germany), 16.6.2010

D. Zehm, A. Laschewsky, J. Gummel, R. Schweins, S. Prévost, P. Heunemann, M. Gradzielski: *Amphiphilic Dual Brush Block Copolymers as "Giant Surfactants" and Their Aqueous Self-Assembly*, ECIS 2010, 24th Conference of the European Colloid and Interface Society, Prague (Czech Republic), 5.-10.9.2010

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

Publikationen

Publications

M.-A. Berthet, Z. Zarafshani, S. Pfeifer, J.-F. Lutz: *Facile Synthesis of Functional Periodic Copolymers: A Step toward Polymer-Based Molecular Arrays*, *Macromolecules* 43/1, p. 44-50 (2010)

A. M. Bivigou-Koumba, E. Görnitz, A. Laschewsky, P. Müller-Buschbaum, C. M. Papadakis: *Thermoresponsive amphiphilic symmetrical triblock copolymers with a hydrophilic middle block made of poly(N-isopropylacrylamide): synthesis, self-organization, and hydrogel formation*, *Colloid Polym. Sci.* 288/5, p. 499-517 (2010)

M. Debeaux, M. W. Thesen, D. Schneidenbach, H. Hopf, S. Janietz, H. Krüger, A. Wedel, W. Kowalsky, H.-H. Johannes: *Charge-Transporting Polymers based on Phenylbenzimidazole Moieties*, *Adv. Funct. Mater.* 20/3, p. 399-408 (2010)

S. Döring, M. Kollosche, N. Hildebrandt, J. Stumpe, G. Kofod: *Tunable diffractive optical elements on various electro active polymers*, *Proc. SPIE*, Vol. 7716, p. 77160F (2010)

S. Döring, T. Rabe, R. Rosenhauer, O. Kulikovska, N. Hildebrandt, J. Stumpe: *Azobenzene-based surface relief gratings for thin film distributed feedback lasers*, *Proc. SPIE*, Vol. 7722, p. 77221H (2010)

D. Geißler, L. J. Charbonnière, R. F. Ziessel, N. G. Butler, H.-G. Löhmannsröben, N. Hildebrandt: *Quantum Dot Biosensors for Ultra-Sensitive*

Multiplexed Diagnostics, *Angew. Chem. Int. Ed.* 49/8, p. 1396-1401 (2010)

R. Gentsch, F. Pippig, K. Nilles, P. Theato, R. Kikkeri, M. Magliano, B. Lepenies, P. H. Seeberger, H. G. Börner: *Modular approach toward bioactive fiber meshes carrying oligosaccharides*, *Macromolecules* 43/22, p. 9239-9247 (2010)

S. Glatzel, N. Badi, M. Päch, A. Laschewsky, J.-F. Lutz: *Well-defined synthetic polymers with a protein-like gelation behavior in water*, *Chem. Commun.* 46/25, p. 4517-4519 (2010)

L. M. Goldenberg, L. Kulikovska, Y. Gritsai, O. Kulikovska, J. Tomczyk, J. Stumpe: *Very efficient surface relief holographic materials based on azobenzene-containing epoxy resin cured films*, *J. Mater. Chem.* 20, p. 9161-9171 (2010)

L. M. Goldenberg, Y. Gritsai, O. Sakhno, O. Kulikovska, J. Stumpe: *All-optical fabrication of 2D and 3D photonic structures using a single polymer phase mask*, *J. Opt.* 12/1, p. 015103 (2010)

L. M. Goldenberg, L. Kulikovska, O. Kulikovska, J. Tomczyk, J. Stumpe: *Thin Layers of Low Molecular Azobenzene Materials with Effective Light-Induced Mass Transport*, *Langmuir* 26/4, p. 2214-2217 (2010)

T. Greco, A. Lehmann, M. Hassan Nejad, B. Volkert: *Modified Polysaccharides as New Commodity*

Materials and for Light-converting Systems: Syntheses, Characterization and Processing, *Materials Science Forum* 0/1, p. 779-786 (2010)

Y. Gritsai, L. M. Goldenberg, O. Kulikovska, O. Sakhno, J. Stumpe: *All-optical fabrication of 2D- and 3D photonic microstructures in polymeric materials*, *Proc. SPIE*, Vol. 7716, p. 7716V-1-13 (2010)

Y. Gritsai, L. M. Goldenberg, J. Stumpe: *Phase holographic material with diffusion enhancement based on 1,2-naphthoquinone*, *J. Opt.* 12/1, p. 015107-015112 (2010)

M. Hassan Nejad, J. Ganster, A. Bohn, B. Volkert, A. Lehmann: *Nanocomposites of starch mixed esters and MMT: improved strength, stiffness, and toughness for starch propionate acetate laurate*, *Carbohydrate Polymers*, doi:10.1016/j.carbpol.2010.10.067, (2010)

M. Hassan Nejad, J. Ganster, B. Volkert: *Starch Esters with Improved Mechanical Properties Through Melt Compounding with Nanoclays*, *J. Appl. Pol. Sci.* 118, p. 503-510 (2010)

W. Härtig, J. Kacza, B.-R. Paulke, J. Grosche, U. Bauer, A. Hoffmann, P. W. Elsinghorst, M. Gütschow: *In vivo labelling of hippocampal b-amyloid in tripletransgenic mice with a fluorescent acetylcholinesterase inhibitor released from nanoparticles*, *Eur. J. Neurosc.* 31/1, p. 99-109 (2010)

K. Hettrich, C. Fanter: *Novel Xylan Gels Prepared from Oat Spelts*, *Macromol. Symposia* 294/2, p. 141-150 (2010)

A. Holländer, S. Kröpke: *Polymer Surface Treatment with SO₂-Containing Plasmas*, *Plasma Processes and Polymers* 7/5, p. 390-402 (2010)

A. Holländer, S. Kröpke, C. C. Fels, W. Richter: *Damit Metall besser haftet*, *Kunststoffe* 2010/1, p. 46-50 (2010)

A. Holländer, F. Pippig: *Hydrogel Nanofilms for Biomedical Applications: Synthesis via Polycondensation Reactions*, *Macromol. Biosci.* 10/9, p. 1093-1105 (2010)

W. Jaeger, J. Bohrisch, A. Laschewsky: *Synthetic polymers with quaternary nitrogen atoms – Synthesis and structure of the most used type of cationic polyelectrolytes*, *Progress in Polymer Science* 35/5, p. 511-577 (2010)

M. Kallosche, S. Döring, G. Kofod, J. Stumpe: *A novel approach to tunable diffractive transmission gratings based on dielectric elastomer actuators*, *Proc. SPIE* 7642, p. 76422Y (2010)

N. Kristen, A. Vüllings, A. Laschewsky, R. Miller, R. v. Klitzing: *Foam Films from Oppositely Charged Polyelectrolyte/Surfactant Mixtures: Effect of Polyelectrolyte and Surfactant Hydrophobicity on Film Stability*, *Langmuir* 26/12, p. 9321-9327 (2010)

- A. Laschewsky:** *Smart Ingredients for Aqueous Formulations: Facts and Fancy*, Proceedings 1/1, 57th SEPAWA Congress, Fulda, 3.-15.10.2010, p. 5-7 (2010)
- A. Laschewsky,** J. Storsberg, E. Wischerhoff: *Tailoring Surfaces by Polymer Grafting on Paper, Cellulose and Related Substrates*, Chapter 15 in: *PTS Symposium Applied Interface Chemistry Targeted use of interface processes for paper and board production*, München, 9.-10.2.2010, Production and publishing house: Books on Demand GmbH, Norderstedt (2010), ISBN 978-3-8370-9786-3
- A. Laschewsky,** E. Wischerhoff, N. Badi, J.-F. Lutz: *Smart bioactive surfaces*, *Soft Matter* 6/4, p. 705-713 (2010)
- A. Lehmann,** B. Volkert, M. Hassan Nejad, T. Greco, H.-P. Fink: *Synthesis of thermo-plastic starch mixed esters catalyzed by the in situ generation of imidazolium salts*, *Green Chem.* 12/12, p. 2164-2171 (2010)
- J.-F. Lutz:** *A Controlled sequence of events*, *Polymer Chemistry, Nature Chemistry* 2/2, p. 84-85 (2010)
- J.-F. Lutz,** S. Kessel, S. Schmidt, R. Müller, E. Wischerhoff, A. Laschewsky, K. Uhlig, A. Lankebau, C. Duschl, A. Fery: *Thermoresponsive PEG-Based Polymer Layers: Surface Characterization with AFM Force Measurements*, *Langmuir* 26/5, p. 3462-3467 (2010)
- J.-F. Lutz:** *Sequence-controlled polymerizations: the next Holy Grail in polymer science?*, *Polymer Chemistry* 1/1, p. 55-62 (2010)
- F. Morgner,** D. Geißler, S. Stufler, N. G. Butlin, H.-G. Löhmannsröben, N. Hildebrandt: *A Quantum Dot-based Molecular Ruler for Multiplexed Optical Analysis*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 49/41, p. 7570-7574 (2010)
- W. Niemiec,** S. Zapotoczny, K. Szczubialka, A. Laschewsky, M. Nowakowska: *Nanoheterogeneous Multilayer Films with Perfluorinated Domains Fabricated Using the Layer-by-Layer Method*, *Langmuir* 26/14, p. 11915-11920 (2010)
- P. Ott,** J. Gensel, S. Roesler, K. Trenkenschuh, D. Andreeva, A. Laschewsky, A. Fery: *Cross-Linkable Polyelectrolyte Multilayer Films of Tailored Charge Density*, *Chem. Mat.* 22/11, p. 3323-3331 (2010)
- S. S. Paes,** S. Sun, W. MacNaughtan, R. Ibbett, J. Ganster, T. Foster, J. R. Mitchell: *The glass transition and crystallization of ball milled cellulose*, *Cellulose* 17, p. 693-709 (2010)
- M. Päch,** D. Zehm, M. Lange, I. Dambowsky, J. Weiss, A. Laschewsky: *Universal Polymer Analysis by ¹H NMR Using Complementary Trimethylsilyl End Groups*, *J. Am. Chem. Soc.* 132/25, p. 8757-8765 (2010)
- P. Pingel,** L. Zhu, K. S. Park, J.-O. Vogel, S. Janietz, E.-G. Kim, J. P. Rabe, J.-L. Bredas, N. Koch: *Charge-transfer localization in molecularly doped thiophene-based donor polymers*, *J. Phys. Chem. Lett.* 1/13, p. 2037-2041 (2010)
- S. Radosta,** M. Ulbrich, W. Vorwerg: *Determination of the mass-specific distribution of the substituents in cationic starch derivatives*, *Starch/Stärke* 62/6, p. 294-301 (2010)
- R. Rojas-Reyna,** S. Schwarz, G. Heinrich, G. Petzold, S. Schütze, J. Bohrisch: *Flocculation efficiency of modified water soluble chitosan versus commonly used commercial polyelectrolytes*, *Carbohydrate Polymers* 81/2, p. 317-322 (2010)
- O. Sakhno,** J. Stumpe, L. M. Goldenberg, T. Smirnova, L. M. Kokhtych: *Diffraction-optical elements due to all-optical patterning of polymers and organic-inorganic nanocomposites*, *J. Photopol. Sci. Technol.* 23, p. 757-764 (2010)
- B. Salmons,** E. M. Brandtner, K. Hettrich, W. Wagenknecht, B. Volkert, S. Fischer, J. A. Dangerfield, W. H. Gunzburg: *Encapsulated cells to focus the metabolic activation of anticancer drugs*, *Current Opinion in Molecular Therapeutics* 12/4, p. 450-460 (2010)
- S. Schmidt,** S. Kessel, E. Wischerhoff, A. Laschewsky, J.-F. Lutz, K. Uhlig, A. Lankebau, C. Duschl, A. Fery: *Bioactive Surfaces Based on PEG. An AFM Characterization of Novel Thermo-responsive Surfaces*, *Imaging & Microscopy* 12/1, p. 40-42 (2010)
- A. Seeboth,** R. Ruhmann, O. Muehling: *Thermotropic and Thermochromic Polymer Based Materials for Adaptive Solar Control*, *Materials* 3/12, p. 5143-5168 (2010)
- F. Sellrie,** M. Beck, N. Hildebrandt, B. Michel: *A homogeneous time-resolved fluoroimmunoassay (TR-FIA) using antibody mediated luminescence quenching*, *Analytical Methods* 2/9, p. 1298-1301 (2010)
- K. Skrabania,** H. v. Berlepsch, C. Böttcher, A. Laschewsky: *Synthesis of Ternary, Hydrophilic-Lipophilic-Fluorophilic Block Copolymers by Consecutive RAFT Polymerizations and their Self-Assembly into Multicompartment Micelles*, *Macromolecules* 43/1, p. 271-281 (2010)
- S. Slussarenko,** M. Vasnetsov, G. Abbate, J. Stumpe, O. Sakhno: *POLIPHEM gratings based DFB laser on the second order Bragg diffraction*, in "Liquid Crystal Microlasers", Ed. L.M. Blinov, R. Bartolino, Kerala (India), p. 107-127 (2010)
- C. Tan,** N. Gajovic-Eichelmann, R. Polzius, N. Hildebrandt, F.F. Bier: *Direct detection of Δ^9 -tetrahydrocannabinol in aqueous samples using a homogeneous increasing fluorescence immunoassay (HiFi)*, *Anal. Bioanal. Chem.* 398/5, p. 2133-2140 (2010)

PUBLIKATIONEN

PUBLICATIONS

M. W. Thesen, B. Höfer, M. Debeaux, S. Janietz, A. Wedel, A. Köhler, H.-H. Johannes, H. Krüger: *Hole-transporting host-polymer series consisting of triphenylamine basic structures for phosphorescent polymer light-emitting diodes*, J. Polym. Sci. A 48/15, p. 3417-3430 (2010)

M. W. Thesen, H. Krüger, S. Janietz, A. Wedel, M. Graf: *Investigation of spacer influences in phosphorescent-emitting non-conjugated PLED systems*, J. Polym. Sci. A 48/2, p. 389-402 (2010)

S. Üzgün, Ö. Akdemir, C. Maucksch, M. M. Golas, B. Sander, H. Stark, R. Imker, J.-F. Lutz, C. Rudolph: *Characterization of tailor-made copolymers of oligo(ethylene glycol) methyl ether methacrylate (OEGMA) and N,N-dimethylaminoethyl methacrylate (DMAEMA) as nonviral gene transfer agents – Influence of macromolecular structure on gene vector particle prop.*, Biomacromolecules 11/1, p. 39-50 (2010)

K. Uhlig, E. Wischerhoff, J.-F. Lutz, A. Laschewsky, M. S. Jaeger, A. Lankenau, C. Duschl: *Monitoring cell detachment on PEG-based thermoresponsive surfaces using TIRF microscopy*, Soft Matter 6/17, p. 4262-4267 (2010)

B. Volkert, A. Lehmann, M. Hassan Nejad, T. Greco: *A comparison of different synthesis routes for starch acetates and the resulting mechanical properties*, Carbohydrate Polymers, 79/3, p. 571-577 (2010)

Z. Zarafshani, T. Obata, J.-F. Lutz: *Smart PEGylation of Trypsin*, Biomacromolecules 11/8, p. 2130-2135 (2010)

D. Zehm, A. Laschewsky, M. Gradzielski, S. Prévost, H. Liang, J. P. Rabe, R. Schweins, J. Gummel: *Amphiphilic Dual Brush Block Copolymers as "Giant Surfactants" and Their Aqueous Self-Assembly*, Langmuir 26/5, p. 3145-3155 (2010)

X. Zhang, G. Sun, M. Hovestädt, V. Syritski, N. Esser, R. Volkmer, S. Janietz, J. Rappich, K. Hinrichs: *A new strategy for the preparation of maleimide-functionalised gold surfaces*, Electrochemistry Communications 12/10, p. 1403-1406 (2010)

X. Zhang, G. Sun, K. Hinrichs, S. Janietz, J. Rappich: *Infrared spectroscopic study of the amidation reaction of amino-phenyl modified Au surfaces and para-nitrobenzoic acid as model system*, Phys. Chem. Chem. Phys. 12/39, p. 12427-12429 (2010)

PATENTE PATENTS

J. Bohrisch, M. Meyer, I. Stachel: *Kohlehydrat-Derivate zur reversiblen Eigenschaftsveränderung von Gelatinen*

DE 10 2008 059 857 A1

G. Dorff, A. Lieske, M. Hahn: *Blockcopolymere und Pfropfcopolymere aus PLA und anderen Thermoplasten*

AZ: 10 2010 042810.8

M. Hassan Nejad, J. Ganster: *Hochfester biobasierter Thermoplastwerkstoff und Verfahren zu dessen Herstellung*

DE 10 2008 028 544 B4

A. Holländer, H. Holeczek, S. Amberg-Schaub: *Verfahren zur spezifischen Markierung und Identifizierung von transparenten Materialien*

DE 10 2009 008 172

A. Holländer, F. Pippig: *Verfahren zur Herstellung von nanoskaligen Netzwerken auf Oberflächen*

DE 10 2008 045 982 A1

A. Holländer, F. Pippig: *Verfahren zur Funktionalisierung von Polymeroberflächen*

AZ: 10 2010 049807.6

S. Janietz, E. Katholing, T. Egorov-Brening, K. Schulze, H. von Seggern: *Vernetzbare polymere dielektrische Materialien für den Einsatz als durchschlagfeste ultradünne Dielektrika in elektronischen Bauteilen*

AZ: 10 2010 034577.6

S. Janietz, K. Schulze, T. Egorov-Brening: *Verwendung von dünnen Polymerschichtschichten auf Polycarbonatfolien zum weiteren Aufbau von elektronischen Bauelementen*

AZ: 10 2010 027239.6

S. Janietz, H. Krüger, T. Egorov-Brening: *Verwendung von Poly(3-[alkyl-co-oligo-ethylenoxy]thiophenen) als luftstabile Funktionsschicht in elektrischen Bauelementen*

AZ: 10 2010 008469.7

H. Krüger, B. Kussmaul, G. Kofod, S. Risse: *Verfahren zur Herstellung dielektrischer Elastomere mit erhöhter Permittivität*

AZ: 10 2010 046343.4

A. Lehmann, B. Volkert: *Einsatz katalytischer Mengen ionischer Flüssigkeit bei der chemischen Modifizierung von Polysacchariden*

DE 10 2009 012 161 A1

A. Lehmann, B. Volkert, H. Nerenz, A. Schröder: *Stärkebasierende Verdickungsmittel für tensidhaltige Systeme*

US 2010 0158 831 A1

C. Przybyla, O. Struck, A. Laschewsky, B. Paulke: *Polymer dispersion*

WO 2010 020650

J. Quilitz, A. Büchtemann: *Nanopartikel/Farbstoff-Kollektoren zur Umwandlung solarer Strahlung in elektrische Energie*

DE 10 2008 052 043 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 POLIPHEM-Morphologie*

WO 2010 057 549 A1

J. Storsberg, A. Laschewsky, S. Eichhorn, S. Stapel: *Verfahren zur Herstellung von flächigen Papiererzeugnissen*

US 2010 0000 694 A1

J. Stumpe, L. Goldenberg, O. Kulikovska: *Film forming material for the light-induced generation of optical anisotropy and surface relief structures*

EP 1829035 B1

H. Wack, S. Bruzzano, G. Deerberg, J. Storsberg, A. Laschewsky, E. Wischerhoff: *System, Verbund und Verfahren zur Trinkwassergewinnung durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit aus der Umgebung auf Basis thermisch schaltbarer Hydrogele*

AZ: 10 2010 047 788.5

E. Wischerhoff, J.-F. Lutz, A. Laschewsky, C. Duschl, A. Lankenau, B. Nezha, S. Schmidt: *Thermoresponsives Multischichtsubstrat für biologische Zellen*

AZ: EP 1016 4296.5

ANFAHRT GETTING HERE

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 geradeaus
- Parkplätze des Fraunhofer IAP erste Einfahrt links

Arrival by train/bus

from Berlin main station

- Regional express RE1 (towards Magdeburg main station) to Potsdam main station
- Buses 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
- Buses 605, 606, 612 to Wissenschaftspark Golm

from airport Berlin Schönefeld

- Regional train RB22 to Potsdam main station
- Buses 605, 606, 612 to Wissenschaftspark Golm

Arrival by car

- Freeway A10 (Berliner Ring), exit Leest (north of the Werder interchange), towards Potsdam
- at the end of Wublitzstrasse turn right towards Golm
- at the roundabout straight on
- parking places of the Fraunhofer IAP on the first left driveway

Übersichtskarte Potsdam-Golm Outlinemap Potsdam-Golm

