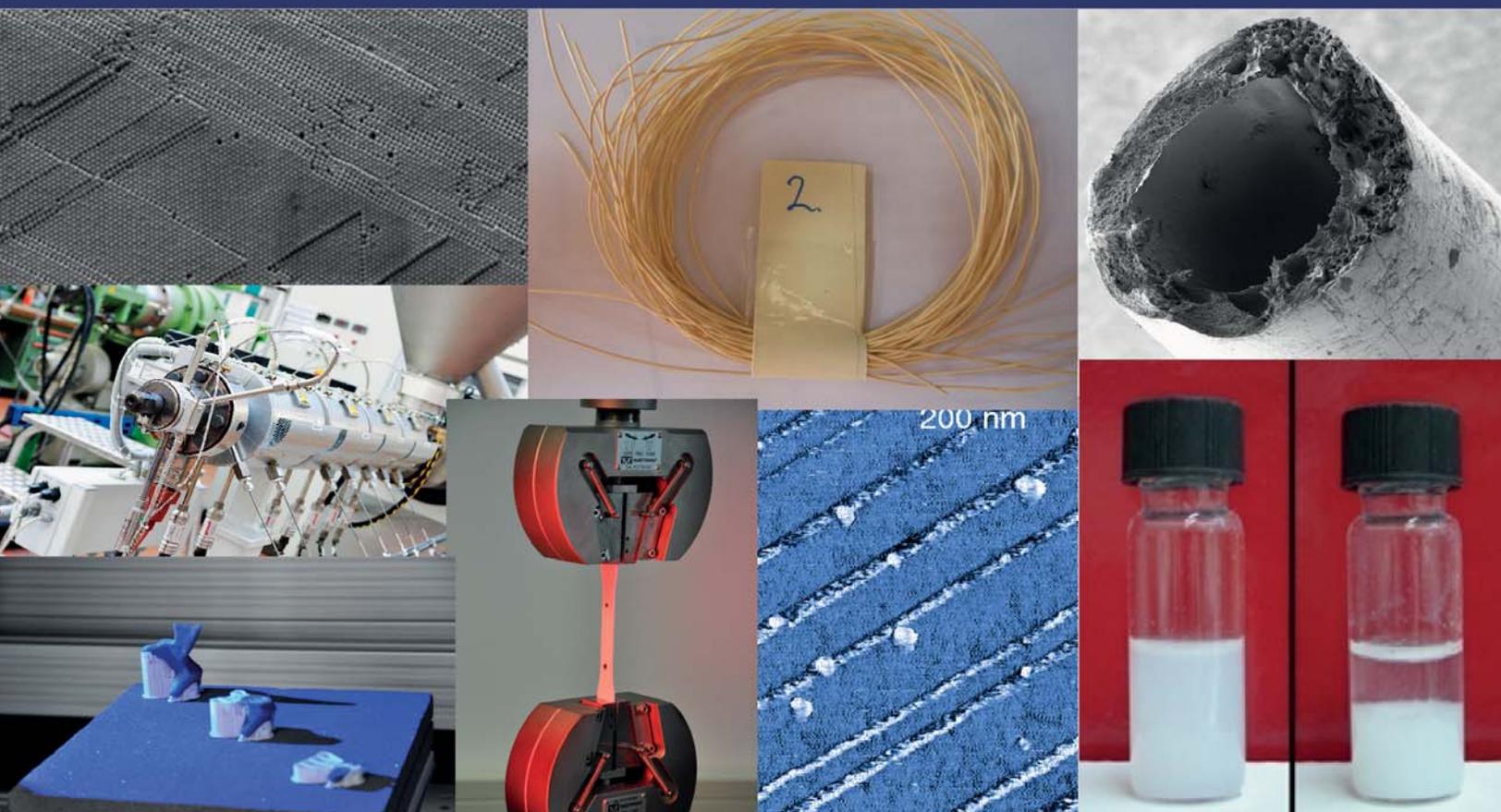
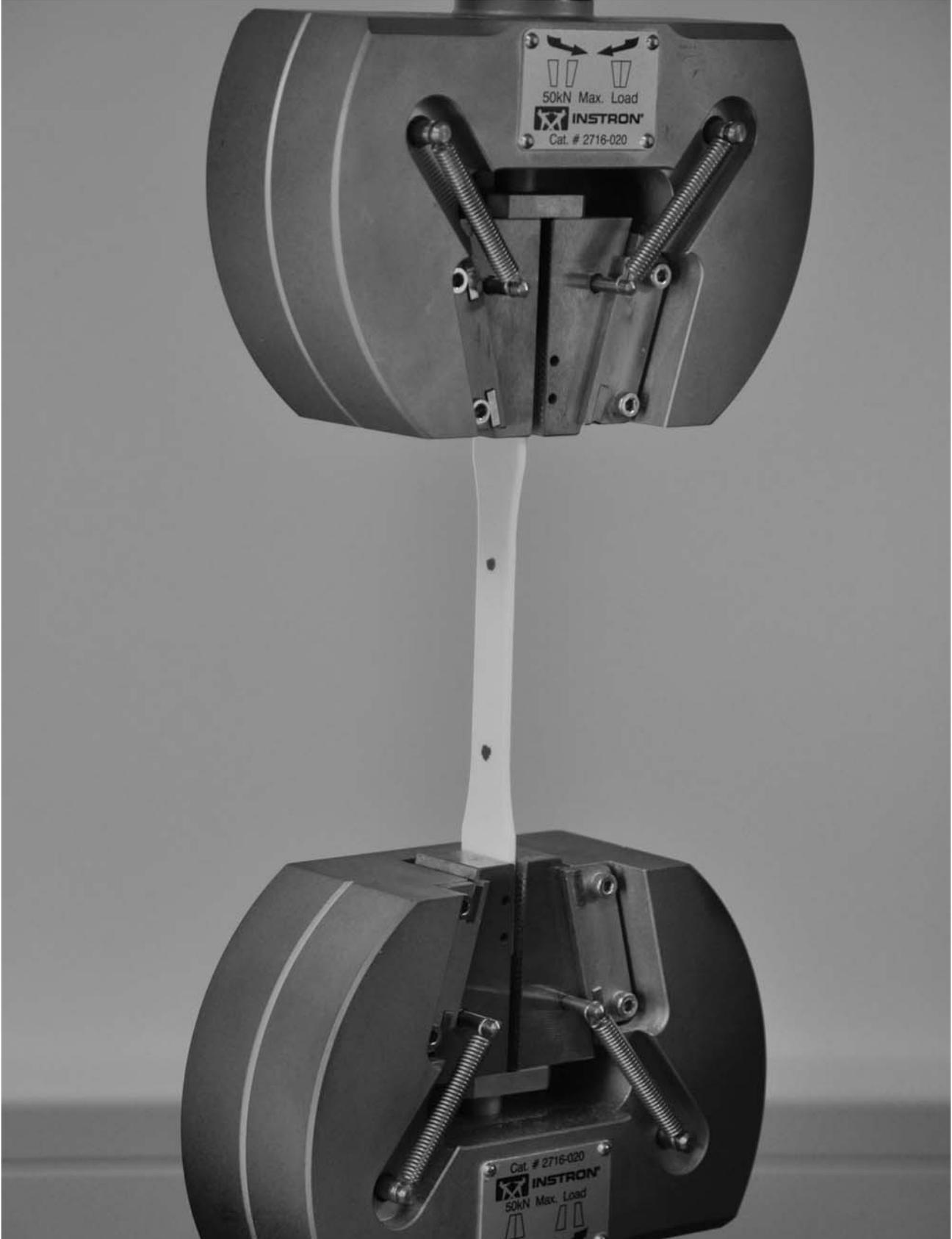


Jahresbericht 2011







INHALT

- 4 Vorwort
- 5 Der Vorstand des Instituts PMP
- 6 Der wissenschaftliche Beirat stellt sich vor
- 8 Die Organisation des Instituts PMP
- 9 Aufgaben des Instituts PMP
- 10 Forschung und Entwicklung
- 11 Lehre, Wissens- und Technologietransfer
- 12 Wege zum Ziel
- 14 Schwerpunktthemen des Instituts PMP
- 15 SP 1 - Neue polymere Materialien und Beschichtungen
- 16 SP 2 - Grenzflächen entlang der Polymerprozesskette
- 19 SP 3 - Partikel-/Matrix-Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe
- 21 SP 4 - Hochentwickelte Verfahrenstechnologien
- 22 Highlights (H)
- 23 H1 - Low Friction Coatings via Polyamidimid-Polydimethylsiloxane-Block-Copolymers for Use in Self Lubricating Coatings
- 26 H2 - Effect of hydrogen and oxygen plasma treatments on the electrical and electrochemical properties of zinc oxide nanorod films on zinc substrates
- 29 H3 - Coil-Rod-Coil Block Copolymers with Poly(para-phenylene) and Stimuli-Sensitive Segments synthesized via Combination of SPC and NMRP
- 30 H4 - Modellierung der Grenzschichttemperaturentwicklung und daraus ableitbare Haftmechanismen beim Mehrkomponentenspritzgießen
- 36 H5 - Rheologische Charakterisierung von Wood-Plastic-Composites (WPC)
- 40 H6 - Einsatz von schnelllaufenden Einschneckenextrudern in der Beschichtungstechnik
- 43 Die Lehrstühle des Instituts stellen sich vor
- 44 Lehrstuhl Prof. Dr. Wolfgang Bremser
- 46 Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier
- 49 Lehrstuhl Prof. Dr. Dirk Kuckling
- 51 Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer
- 53 Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid
- 57 Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner
- 60 Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke
- 62 Promotionen an den Lehrstühlen des PMP
- 63 Forschungspreis der Universität Paderborn
- 64 Neue Großgeräte im Jahr 2011
- 66 CIW - Der Studiengang Chemieingenieurwesen
- 67 ZLH - Zentrum für Leichtbau mit Hybrid-systemen
- 68 Impressum

Liebe Freunde des PMP,
sehr geehrte Damen und Herren,

gemäß unserer Institutssatzung haben wir im Rahmen des Instituts für Polymere Materialien und Prozesse (PMP) nach zweijähriger Amtszeit im Oktober 2011 einen Vorstandswechsel vollzogen. Ich möchte an dieser Stelle dem Kollegen Guido Grundmeier nochmals für sein Engagement in der Vorstandsfunktion für die letzten 2 Jahre danken. Ich hoffe, dass es mir als neu gewähltem Vorstand in gleicher Weise gelingen wird gemeinsam mit dem Kollegen Wolfgang Bremser, die anstehenden Aufgaben voranzutreiben.

Das Jahr 2011 war für das PMP geprägt von Aktivitäten zur gemeinsamen Detektierung spannender zukünftiger Forschungsfelder in den verschiedenen Disziplinen. Ich freue mich, Ihnen im Rahmen dieses Berichts einen Überblick über die Themen im PMP aufzeigen zu können.

Mit Hilfe dieses Berichtes sollen Ihnen einerseits die Strukturen und Daten des Instituts übersichtlich dargelegt werden, andererseits wollen wir Ihnen aber auch durch die wissenschaftlichen Beiträge zu Schwerpunktthemen und ausgewählten wissenschaftlichen Highlights einen vertieften Einblick in unsere Forschungs- und Technologiethemen ermöglichen.

Ich würde mich sehr freuen, falls Sie beim Studium des Berichts viele Anregungen und Anknüpfungspunkte finden, die die Basis einer zukünftigen Zusammenarbeit mit dem PMP und seinen Arbeitskreisen bilden können.



Ihr Elmar Moritzer



Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer
Vorstandsvorsitzender des Instituts PMP

DER VORSTAND DES INSTITUTS PMP

Am Institut PMP kooperieren vier Lehrstühle von der Fakultät für Naturwissenschaften (Department Chemie) und drei der Fakultät für Maschinenbau.

- Prof. Dr. Wolfgang Bremser (Coating Materials & Polymers)
- Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier (Technische und Makromolekulare Chemie)
- Prof. Dr. Dirk Kuckling (Organische und Makromolekulare Chemie)
- Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke (Technische Chemie und Chemische Verfahrenstechnik)
- Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer (Kunststofftechnologie)
- Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid (Partikelverfahrenstechnik)
- Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner (Kunststoffverarbeitung)

Der Vorstand des Instituts besteht aus den sieben Lehrstuhlinhabern und je einem Vertreter/einer Vertreterin der wissenschaftlichen Mitarbeiter/innen (Herr Dipl.-Ing. Steffen Jesinghausen), der nichtwissenschaftlichen Mitarbeiter/innen (Frau Annette Lefarth) und der Studierenden (aktuell Herr Jan-Uve Walter). Die Vertreter der Mitarbeiter/-innen werden in einem

zweijährigen Rhythmus neu gewählt, während der Vertreter/die Vertreterin der Studierenden jährlich neu gewählt wird.

Der Vorstand wählt ebenfalls im einjährigem Rhythmus einen Vorsitzenden und einen stellvertretenden Vorsitzenden, welche zusammen mit zwei weiteren Lehrstuhlinhabern den geschäftsführenden Vorstand bilden.

Als erster Vorstandsvorsitzender leitete zunächst Prof. Grundmeier das PMP, bevor im Oktober 2011 der Vorsitz in den Bereich Maschinenbau wechselte und Prof. Moritzer diese Aufgabe übernahm. Als sein Stellvertreter wurde Prof. Bremser gewählt, so dass ein Team aus Chemie und Maschinenbau an der Spitze des PMP agiert. Dies bewirkt einerseits, dass Ingenieurwissenschaften und Naturwissenschaften enger zusammen wachsen und arbeiten können und andererseits die Interessen der verschiedenen Disziplinen gleichermaßen berücksichtigt werden. Den geschäftsführenden Vorstand des Instituts bilden aktuell die Professoren Bremser, Kuckling, Moritzer und Schmid.

Seit Oktober 2011 wird die Arbeit des Instituts durch Frau Dr. Silvia Dohmeier-Fischer als Geschäftsführerin unterstützt.



Der Vorstand des Instituts PMP (v.l.): Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid, Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier, Annette Lefarth, Dr. Silvia Dohmeier-Fischer, Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner, Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer, Prof. Dr. Dirk Kuckling, Dipl.-Ing. Steffen Jesinghausen, Jan-Uve Walter, Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke. Unten rechts eingefügt: Prof. Dr. Wolfgang Bremser.

Der wissenschaftliche Beirat des Instituts für Polymere Materialien und Prozesse (PMP) besteht aus sechs Personen aus den Bereichen Industrie, Politik und Wissenschaft. Seit der Institutsgründung gehören dem Beirat Herr Dr. Michael Brinkmeier (NRW-Landtagsabgeordneter), Herr Dr.-Ing. Jürgen Kreiter (Werzalit GmbH & Co KG), Frau Prof. Dr. Katharina Landfester (MPI für Polymerforschung), Herr Dr. Klaus Dieter Plitzko (BASF Coatings AG) und Herr Prof. Dr. Robert H. Schuster (Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.) an. Ferner erfährt der Beirat seit 2011 Unterstützung durch Herrn Dr.-Ing. Hans Wobbe (BAUER COMP Holding GmbH, Wobbe Bürkle Partner).

DR. MICHAEL BRINKMEIER

- 1988-92 Studium der Physik in Paderborn, Göttingen und Los Angeles (Dezember 1992 Master of Science)
- 1993-97 Wissenschaftlicher Assistent bei Nobelpreisträger Prof. Dr. Manfred Eigen am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie (Göttingen) / Karolinska Institut (Stockholm) (Dezember 1996 Promotion zum Dr.rer.nat)
- 1997-2000 Unternehmensberater bei McKinsey & Co., Inc.
- 14.05.2000 Als Abgeordneter des Wahlbezirkes Kreis Gütersloh Süd mit 49,8% in den Landtag gewählt - 2005 wiedergewählt (60,6%) - 2010 wiedergewählt (52,9%)
- Sprecher der CDU-Landtagsfraktion im Ausschuss für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie sowie Sprecher der CDU-Landtagsabgeordneten aus Ostwestfalen-Lippe
- 1999 - 2009 Mitglied des Kreistags
- Vorsitzender des CDU-Stadtverbandes Rietberg
- Stellvertretender CDU-Kreisvorsitzender
- MIT-Kreisvorsitzender



PROF. DR. KATHARINA LANDFESTER

- Chemiestudium an der TU Darmstadt (Diplomarbeit 1993 bei Prof. Dr. M. Lambla)
- Promotion 1995 (Phys. Chemie) bei Prof. Dr. H.W. Spiess an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
- Habilitation 2002 an der Universität Potsdam für das Fach Physikalische Chemie
- C4-Professur an der Universität Ulm, Institutsleiterin des Instituts für Organische Chemie III – Makromolekulare Chemie und Organische Materialien
- Seit 2008 Direktorin des Max-Planck-Institut für Polymerforschung Mainz
- Forschungsvorhaben: Polymerisation in Miniemulsion, Strukturierung in Nanoconfinements, Untersuchung physikalischer Eigenschaften in Tröpfchen, Enzymatische Reaktionen in Heterophase, Verkapselung von hydrophilen und hydrophoben Komponenten in Nanokapseln, Synthese und Charakterisierung funktionalisierter Nanoartikel/-kapseln, Aufnahme von Nanopartikeln in unterschiedliche Zellen, Festkörper-NMR-Untersuchungen an strukturierten Materialien
- ca. 280 Publikationen in internationalen Zeitschriften, 5 Reviews, 10 Patente



DR.-ING. JÜRGEN KREITER

- 1983 – 1987 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunststofftechnik Universität Paderborn
- Promotion, Thema: Automatisieren und Selbsteinstellen beim Heizelementstumpfschweißen
- Von 1987 – 2000 Mitarbeiter der Hüls AG bzw. DSM, PP und PE Herstellung
- Tätig in unterschiedlichen Funktionen in Entwicklung, Produktion und Materialwirtschaft/Logistik
- Seit 2000 Werzalit GmbH + Co. KG
- Herstellung von Teilen aus Holzverbundwerkstoffen
- Tätig als Vorstand, verantwortlich für die Bereiche Produktion, Entwicklung und Technik



DER WISSENSCHAFTLICHE BEIRAT STELLT SICH VOR

Die verlängerbare Amtszeit der Beiratsmitglieder beträgt drei Jahre. Jährlich tagt der Beirat des Instituts. Dabei wird der Vorstand basierend auf der darzulegenden Strategie und dem Jahresbericht beraten. Im Mittelpunkt stehen die strategische Entwicklung und die Ausgestaltung der Forschung. Bei Fragen der Neubesetzung der im Institut angesiedelten Professuren ist der Beirat ebenfalls das beratende Gremium.

DR. KLAUS DIETER PLITZKO



Klaus-Dieter Plitzko wurde am 16. Dezember 1958 in Ludwigsfelde geboren. Nach dem Abitur 1977 und anschließendem Wehrdienst begann er 1978 an der Universität Tübingen mit dem Studium der Chemie. In den USA führte er seine Promotion durch, die er Anfang 1987 abschloss. Nach einem post-doc Aufenthalt in den USA trat Dr. Plitzko im Januar 1988 in die BASF AG in Ludwigshafen ein, wo er sich in der Polymerforschung mit PolyTHF als Rohstoff für diverse thermoplastische Elastomere befasste. 1992 trat er innerhalb der BASF AG zum Unternehmensbereich Zwischenprodukte über und übernahm dort die globale Leitung der Geschäftsgruppe THF und PolyTHF sowie die Leitung der Forschungsaktivitäten zu PolyTHF. Ab Mitte 1997 leitete er das Geschäftsfeld "Diols & Specialties" bei der BASF Corporation in Mount Olive, New Jersey. Mitte 2000 trat er zur BASF Coatings AG in Münster über, um dort die Leitung der Einheit Strategische Forschung zu übernehmen. Zurzeit leitet er die Coatings Einheit Global Applied Research and Technology in Münster, welche zur Technologieplattform „Advanced Materials & Systems Research“ der BASF-Gruppe gehört.

PROF. DR. ROBERT SCHUSTER



- 1967 - 1969 Forscher am Institut für Getreideforschung und Phytochemie (Bukarest)
- 1969 - 1980 Forscher am Institut für Physikalische Chemie der Akademie der Wissenschaften (Bukarest)
- 1981-1984 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Makromolekulare Chemie der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg
- 1984 Promotion zum Dr. rer. nat. 1984 Hauptabteilungsleiter Elastomerchemie im Deutsche Institut für Kautschuktechnologie e. V.
- 1988 Lehrbeauftragter am Institut für Makromolekulare Chemie, Universität Hannover, Vorlesung „Physikalische Chemie der Elastomeren I und II“.
- 1992 - 2010 Geschäftsführender Vorstand des DIK
- seit 1995 im Vorstandsrat der Deutschen Kautschuk-Gesellschaft
- seit 1996 Honorarprofessor an der Universität Hannover
- 1997 „Carl-Harries-Medaille“ der Deutschen Kautschuk-Gesellschaft
- seit 2010 Mitglied des Vorstandes DIK e. v.

DR.-ING. HANS WOBBE



Dr. Hans Wobbe, geb. 1951 in Hamburg, studierte Maschinenbau an der TU Braunschweig und promovierte 1984 zum Thema „Dehnströmungen polymerer Fluide“.

Nach mehreren Managementpositionen im Kunststoffmaschinenbau, u. a. Leiter der Entwicklung bei Werner & Pfleiderer GmbH, Stuttgart, und Geschäftsführer Technik der Krauss-Maffei Kunststofftechnik GmbH, München, verantwortete er dann ab 2004 in der ENGEL Holding Ges. mbH, Schwertberg / Österreich, die Entwicklung und Produktion mit den Werken in Asien, Europa und Nordamerika. Ab Mitte 2010 wechselte er als Geschäftsführer Technik/Produktion in die Bauer Comp Holding GmbH nach München. Gleichzeitig gründete er zusammen mit Dr. Erwin Bürkle die Partnerschaft Wobbe Bürkle Partner.

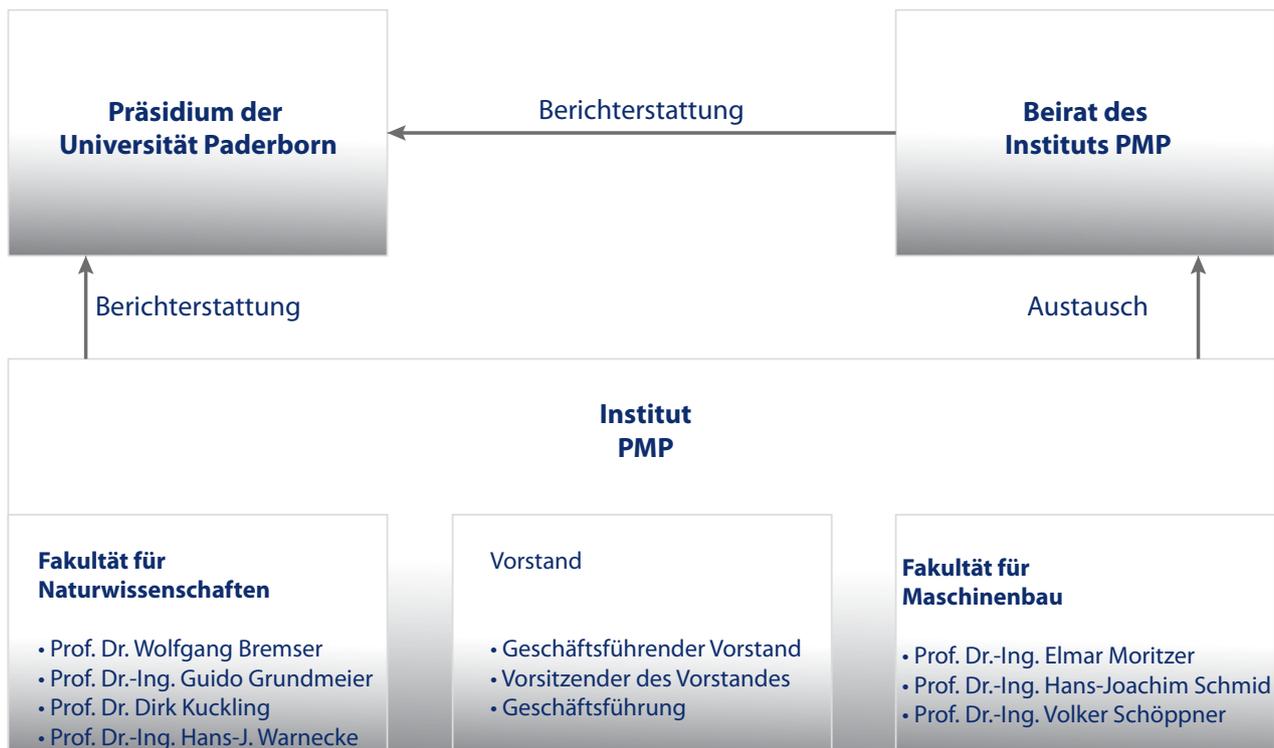
Er ist wissenschaftlicher Beirat am Institut für Polymere Materialien und Prozesse (PMP) der Universität Paderborn, Beirat der Firma VOSS Holding GmbH + Co.KG, Wipperfurth sowie Vorstand im Verein zur Förderung des IKV an der RWTH in Aachen.

Um eine enge Verzahnung und regen Informations-transfer im PMP zu bewirken, finden abwechselnd in einem etwa sechswöchigen Rhythmus die Sitzungen des geschäftsführenden Vorstands und die des gesamten Vorstands statt. Hier werden sowohl der organisatorische- als auch der fachliche Informations-austausch realisiert, Ideen diskutiert und Vorhaben initiiert.

Der konzentrierte Dialog mit dem Beirat findet inner-halb der jährlich stattfindenden Beiratssitzungen statt. Nach Vorlage des Jahresberichts erfolgt in diesem Rahmen die Präsentation der strategischen Entwick-lung der Forschung und besonderer Forschungshigh-lights. Die vielfältigen Erfahrungen und Kompetenzen

der Beiratsmitglieder ermöglichen die Betrachtung der Forschung des Instituts PMP aus neuen Perspek-tiven. Daraus resultierende Anregungen, konstruktive Kritik und Beratung unterstützen das Institut in seiner Entwicklung. Bei der Besichtigung ausgewählter Labore und neuer (Groß)geräte im Anschluss an die Beirats-sitzung ist ferner eine hervorragende Gelegenheit gegeben zum unmittelbaren Kontakt der Beiratsmit-glieder mit den aktiv forschenden Doktoranden.

Der wissenschaftliche Beirat berichtet dem Präsidium jährlich über den Stand und die Perspektiven der Forschung des PMP und spricht, sofern er es für wichtig erachtet, Empfehlungen hinsichtlich notwendiger stra-tegischer Unterstützung des PMP durch das Präsidium aus.



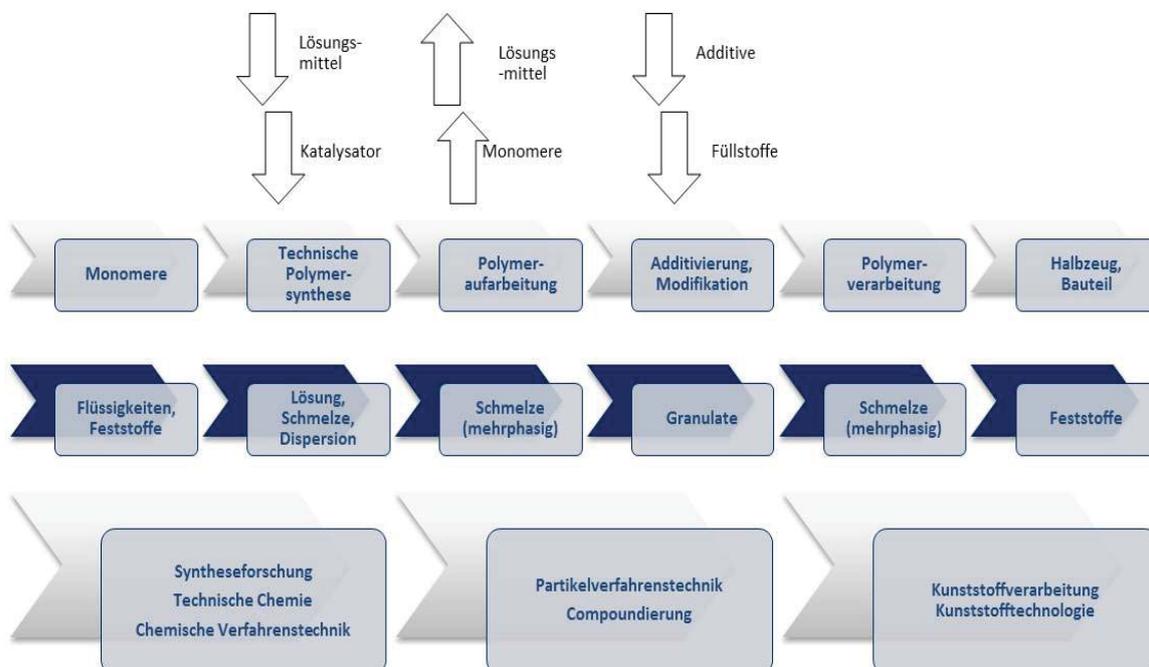
Organisation und Struktur des Instituts für Polymere Materialien und Prozesse.

AUFGABEN DES INSTITUTS PMP

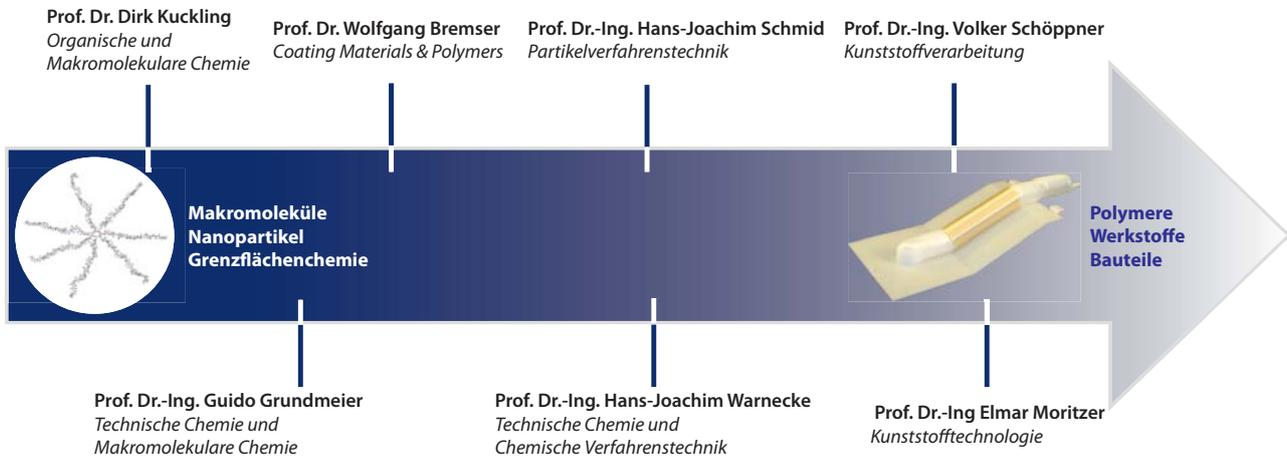
Das Institut PMP an der Universität Paderborn sieht seine Aufgaben sowohl in den Bereichen der Forschung, Entwicklung und Lehre als auch im Wissens- und Technologietransfer auf dem Gebiet der Polymermaterialien und ihrer Herstell- und Verarbeitungsprozesse. Die Kompetenzen der dem PMP zugehörigen Lehrstühle aus den Fakultäten für Naturwissenschaften und für Maschinenbau ermöglichen die interdisziplinäre Betrachtung der gesamten Prozesskette der Polymertechnologie von der Polymersynthese bis zur Herstellung eines innovativen Kunststoffbauteils. Die Bereiche Syntheseforschung, Technische Chemie und Chemische Verfahrenstechnik sind Ausgangspunkt der Prozesskette, die fortgeführt wird mittels der Partikeltechnik und Compoundierung. Die Kunststoffverarbeitung und die Kunststofftechnologie bilden den Abschluss der Prozesskette.

Die interdisziplinären Schwerpunktthemen des Instituts sind:

- Neue polymere Materialien und Beschichtungen
- Grenzflächen entlang der Polymerprozesskette
- Partikel/Matrix-Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe
- Hochentwickelte Verfahrenstechnologien



Arbeitsbereiche entlang der Prozesskette der Polymertechnologie



Die Lehrstühle entlang der Prozesskette der Polymertechnologie

Bei der Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der polymeren Werkstoffe und deren Verarbeitungsprozessen sollen auch zukünftig interdisziplinäre Projekte auf neu erschlossenen Gebieten zwischen den Arbeitskreisen angesiedelt werden.

Im Bereich der Werkstoffentwicklung sind zum einen Kooperationen auf dem Gebiet neuer polymerer Materialien und Beschichtungen geplant. Zum anderen werden grenzflächenchemische Prozesse zwischen Polymeren und anorganischen Materialien betrachtet, um die Struktur und Funktionalität von Kompositwerkstoffen zu untersuchen. Wichtig ist dabei die Stabilität von Prozessen bei der Polymerherstellung sowie die Stabilität der polymeren Werkstoffe und ihrer Komposite in korrosiven Umgebungen. Damit verknüpfte Lebensdauervorhersagen spielen insbesondere beim Kleben als Fügetechnologie eine zentrale Rolle.

Ein Schwerpunkt der Forschung und Entwicklung ist die Einstellung und Untersuchung von Partikel-/Matrix-Wechselwirkungen und die Neuentwicklung von Nano- bzw. Mikrokompositverbundwerkstoffen. Des Weiteren werden neben der Synthese und Charakterisierung der Partikel und dem Einbau von Partikeln

in Werkstoffe auch die Funktionalität solcher neuer Kompositmaterialien untersucht.

Neben diesen genannten Forschungsgebieten der polymeren Werkstoffe und ihren Eigenschaften werden in dem Institut PMP ebenfalls die Verfahrenstechnologien und die Verfahrensintensivierung der hochentwickelten Verarbeitungsprozesse von Polymeren genauer beleuchtet. Hierbei spielen sowohl theoretische Verfahren, wie die Modellierung und Simulation von Produktionsprozessen hochviskoser Werkstoffe als auch die praktische Weiterentwicklung der Produktionsprozesse, beispielsweise die Fertigung mikrooptischer Bauteile und Systeme, eine tragende Rolle.

Einen weiteren Überblick über die Forschung und Entwicklung erhalten Sie ab Seite 14 durch die Vorstellung der Schwerpunktthemen (Neue polymere Materialien und Beschichtungen, Grenzflächen entlang der Polymerprozesskette, Partikel-/Matrix-Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe, Hochentwickelte Verfahrenstechnologien).

Des Weiteren geben Ihnen die Highlights ab Seite 22 vertiefende Einblicke in die Forschung. Hier werden Ihnen herausragende Arbeiten und Projekte der Arbeitskreise des Instituts PMP vorgestellt.

LEHRE, WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER

LEHRE UND WISSENSTRANSFER

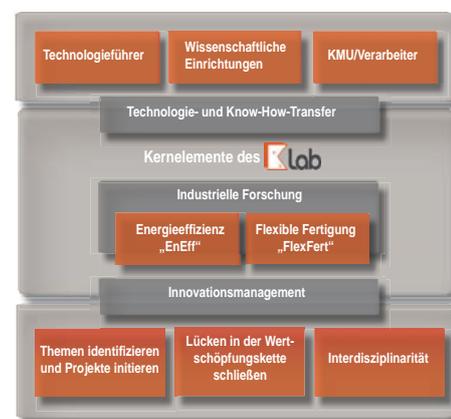
Ein wesentliches Ziel des Instituts PMP ist die Ausbildung hochqualifizierter Universitätsabsolventen auf dem Gebiet der Polymere, die als spätere Mitarbeiter in den relevanten Unternehmen ihr fachübergreifendes Wissen erfolgreich einsetzen können. Die hierzu notwendigen Studienordnungen bestehen bereits. Die Fakultät für Maschinenbau hat für den im Oktober 2010 beginnenden Erstsemesterjahrgang einen neuen Studienverlaufsplan erstellt, mit dem das Angebot nun vollständig auf das inzwischen etablierte Bachelor-Master-System abgestimmt ist. Die Vertiefungsrichtung „Kunststofftechnik“ ist weiterhin sowohl im Bachelor- als auch im Masterstudiengang erhalten geblieben und geht nun mit einem auf die Lehrenden abgestimmten Fächerkatalog an den Start. Das Lehrangebot stellt neben dem traditionellen verfahrenstechnisch orientierten Schwerpunkt ein neues Wahlpflichtmodul zur Wahl, indem einige maschinenbaulich orientierte Themen gewählt werden können (z.B. Antriebstechnik oder Hydraulik). Wir wollen so Studenten gezielt für den Kunststoff-Maschinenbau ausbilden, der in Deutschland weit verbreitet ist und einen hohen Nachwuchsbedarf hat. Neue Vorlesungsangebote entstehen hier durch die Kooperation mit der Chemie, z.B. im Bereich der Kunststoffherzeugung. Zudem beinhaltet der zum WS 2010 gestartete neue Studiengang Chemieingenieurwesen einen entsprechend starken Schwerpunkt im Bereich der Polymerwissenschaften- und Technologien (siehe Beitrag auf Seite 66).

TECHNOLOGIETRANSFER

Eine intensiviert fakultätsübergreifende Zusammenarbeit schafft Kompetenz, um Produkte und Produktionsinnovationen zu entwickeln. Diese sind zur nachhaltigen Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Unternehmen im globalen Wettbewerb dringend nötig. Das Institut schafft hier ein Angebot, um interessierten Unternehmen ganzheitliche Problemlösungen anbieten zu können. Dies beinhaltet auch die Bereitstellung einer hochwertigen apparativen Ausstattung in allen Kompetenzfeldern.

Anwendungsorientiertes Kunststoff-Labor (K-Lab) - Intensivierung von Technologietransfer und Innovationsmanagement

Im Rahmen der Förderung über den Wettbewerb Check.NRW hat die Universität Paderborn seit Anfang 2010 die Möglichkeit ein regionales Anwendungszentrum zu betreiben. Unter der Federführung der Professoren Elmar Moritzer und Volker Schöppner, sowie des Geschäftsführer des K-Lab, Rainer Kleeschulte, ist neben einer hochwertigen und innovativen maschinellen Ausstattung, die die bestehende Infrastruktur des KTP sinnvoll ergänzt, exzellent geschultes Personal für dieses Projekt akquiriert worden. Mit Hilfe dieser Technologieplattform werden Voraussetzungen geschaffen, den Kunststoff-Cluster in OWL weiter zu stärken. Projekte mit der hiesigen kunststoffverarbeitenden Industrie werden das Innovationspotential ausschöpfen und erweitern und so die Grundlage zur Erschließung neuer Märkte bilden, was den Kunststoff-Standort OWL nachhaltig positiv beeinflussen wird. Darüber hinaus zählen Mess- und Prüfdienstleistungen ebenso zum Angebot, wie Ingenieurdienstleistungen, Aus- und Weiterbildung sowie Netzwerk- und Clustermanagement für „Kunststoffe in OWL“. Thematisch befasst sich das „K-Lab“ mit den zentralen technischen Spritzgießthemen „Energieeffizienz“ und „Flexibler Fertigung“ und arbeitet dabei mit führenden Maschinenherstellern zusammen. Durch die Initiierung von Arbeitsgruppen zu den einzelnen Themen wird der Austausch mit der hiesigen Industrie gewährleistet und so ein möglichst hoher Praxisbezug garantiert. Weitere Infos bei Rainer Kleeschulte, Tel. 05251-4176850.

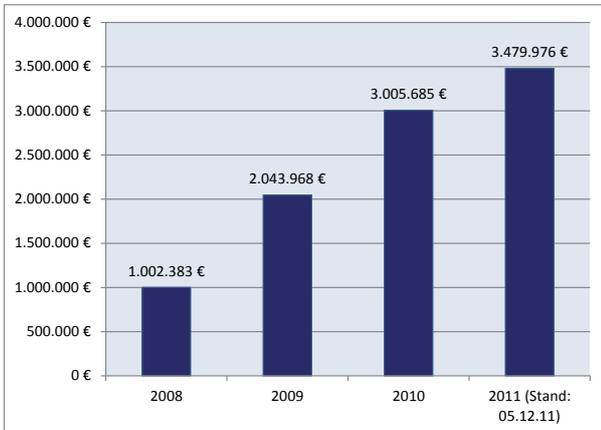


Struktur und Funktionsweise des K-Lab. Die industrielle Forschung steht im Mittelpunkt.

Übergeordnetes Ziel ist es, das Institut PMP als herausragende Zentrale Wissenschaftliche Einrichtung zu etablieren. Um die selbst gesetzten Aufgaben zu erfüllen, wurden grundsätzliche Strategien vereinbart. Neben den zur Verfügung stehenden universitären Hausmitteln werden zur Finanzierung der Forschung Drittmittel eingeworben.

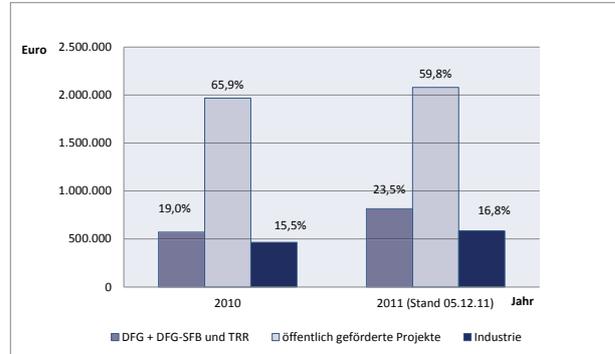
DRITTMITTELUMSÄTZE

Im nachstehenden Säulendiagramm ist der gesamte Drittmittelumsatz für die Jahre 2008 bis 2011 (Stand 05.12.11) aller Lehrstühle des Instituts PMP dargestellt. Die PMP-Arbeitskreise planen auch in Zukunft weitere gemeinsame Antragsstellungen bei öffentlichen Fördergebern, z.B. der DFG. Mittelfristig soll am Institut eine DFG-Forscherguppe auf dem Gebiet der polymeren Materialien und der relevanten Prozesstechnologien beantragt werden. Langfristig strebt das PMP eine Beteiligung an einem Sonderforschungsbereich der DFG an.



Gesamter Drittmittelumsatz der Lehrstühle des Instituts PMP.

Der Anteil kooperativer Forschung im PMP soll bei durchschnittlich etwa 25% des Gesamtumsatzes der einzelnen Lehrstühle liegen. Es wird angestrebt, dass der DFG-Anteil der Projektförderungen bei größer 25% bezogen auf das gesamte PMP liegen soll. Im Jahr 2011 lag dieser DFG-Anteil bereits bei 23,5 % gegenüber 19,0% im Vorjahr. In der folgenden Abbildung ist eine detaillierte Aufschlüsselung entsprechend der Art der Förderprojekte in DFG (+ DFG-SFB und TRR), sonstige öffentlich geförderte Projekte und industriell geförderte Projekte dargestellt.



Detaillierter Drittmittelumsatz aller Lehrstühle des Instituts PMP für die Jahre 2010 und 2011

VERWENDUNGSNACHWEISE DER AUSGABEN DES PMP FÜR DIE JAHRE 2009/2010 UND 2011

Um dem Anspruch an Transparenz auch im Hinblick auf Finanzen gerecht zu werden, sollen die bisherigen Ausgaben des Instituts offen gelegt werden. In den nachfolgenden Tabellen werden rückwirkend bis ins Gründungsjahr 2009 Ausgaben des Instituts dargestellt.

Die Grundfinanzierung des Instituts basiert auf den jährlichen Einlagen der dem Institut angehörigen Lehrstühle.

2009/2010

Position	Summe
Budget	106.701,53 €
Personalkosten	-24.920,60 €
Eröffnung	-4.568,46 €
Planumbuchung Uni	-957,93 €
Aufwendungen für bezogene Leistungen (Gastvorträge, Druckaufträge)	-664,14 €
Aufwendungen für Kommunikation, Reisen, Werbung	-1.911,81 €
Aufwendungen für interne Leistungen (Publikationskosten, Reisen, Gäste)	-2.898,00 €
Summe Bewirtung	-697,03 €
Sonstiger Aufwand	-7,00 €
	70.076,56 €

WEGE ZUM ZIEL

2011 (Stand Januar 2012)

Position	Summe
Budget	70.076,56 €
Einlage der Arbeitskreise	42.000,00 €
Lichtstreuanlage	-23.000,00 €
Personalkosten	-21.051,64 €
Aufwendungen für bezogene Leistungen (Gastvorträge, Druckaufträge)	-80,00 €
Aufwendungen für Kommunikation, Reisen, Werbung	-4.001,83 €
Sonstige Personalaufwendungen	-25,25 €
Aufwendungen für interne Leistungen (Publikationskosten, Reisen, Gäste)	-25,00 €
Bewirtung	-1.268,84 €
	62.624,00 €

LEHRE

Entscheidend für die Qualität der Arbeit des gesamten Instituts PMP ist die Ausbildung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, die mit ihren Arbeiten die Forschung maßgeblich prägen.

Auf dem Gebiet der Lehre agieren die Lehrstühle des Instituts gemeinsam durch die Etablierung eines PMP-Wahlblocks im neuen Studiengang Chemieingenieurwesen, der seit dem Wintersemester 2010 an der Universität Paderborn angeboten wird.

Seit Juli 2011 werden regelmäßig PMP Schwerpunktseminare durchgeführt, in denen junge Wissenschaftler aus der Chemie und dem Maschinenbau gemeinsam zum übergeordneten Schwerpunktthema ihre aktuellen Arbeiten und Forschungsergebnisse präsentieren und fakultätsübergreifend diskutieren. Zusätzlich wurde das im Jahr 2010 eröffnete PMP-Kolloquium fortgeführt, in dem pro Jahr vier exzellente Gastredner aus Forschung und Industrie an die Universität Paderborn eingeladen werden.

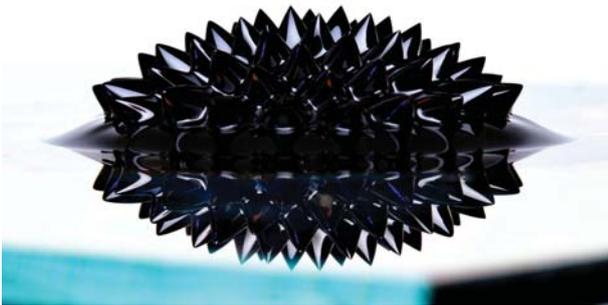
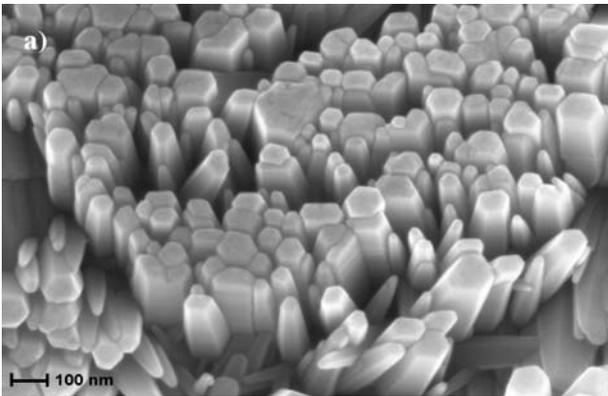
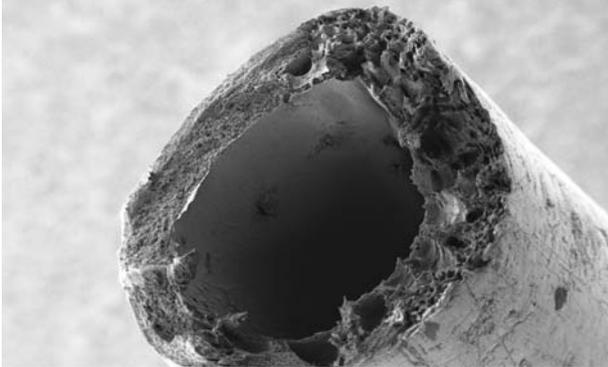
Auf diese Art und Weise findet ein Transfer des Wissens statt. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können ihre Kenntnisse auf dem eigenen Fachgebiet und auch darüber hinaus erweitern.

Zur Bündelung der Dissertationen und damit des Wissens der PMP-Lehrstühle hat das Institut eine eigene Schriftenreihe ins Leben gerufen, in der die Dissertationen der Doktoranden der PMP-Lehrstühle veröffentlicht werden.

Neben diesem hochschulwissenschaftlichem Engagement sieht sich das Institut PMP als Ansprechpartner für Fragestellungen aus der kunststoffverarbeitenden Industrie, wobei durch lehrstuhlübergreifende Kooperationen bei komplexen interdisziplinären Fragestellungen eine ganzheitliche Lösung erarbeitet werden kann.

Der Industrie steht an der Universität Paderborn ein Ansprechpartner zur Seite, der Wissen über die gesamte Prozesskette der Polymertechnologie – von der Synthese der Polymere bis zu den Verarbeitungsprozessen – abdeckt. Zudem ist in NRW, dem Kunststoffland, der räumlich nahe Kontakt zwischen dem Institut und der Industrie von Vorteil.

Durch die geplante Etablierung einer regelmäßig veranstalteten „Summer School for Polymer Materials and Processes“, beginnend im August 2012, welche als Plattform den Austausch der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aller Arbeitskreise des Instituts PMP intensiv fördern soll, wird auch eine Basis für die Bildung neuer gemeinsamer Forschungsschwerpunkte geschaffen. Die Summer School soll dabei gezielt nicht in der Universität Paderborn, sondern in einer auswärtigen Tagungsstätte stattfinden, um die Begegnung zu intensivieren. Auch bei diesem Meeting soll durch Einladung herausragender externer Gastredner das Spektrum an neuen Erkenntnissen und Ideen erweitert werden.



Die Lehrstühle des Instituts PMP haben gemeinsame interdisziplinäre Schwerpunktthemen (SP) festgelegt.

Jedem Thema können Forschungsarbeiten aus verschiedenen Arbeitsgruppen zugeordnet werden.

DIE SCHWERPUNKTTHEMEN DES INSTITUTS

- SP 1 - Neue polymere Materialien und Beschichtungen
- SP 2 - Grenzflächen entlang der Polymerprozesskette
- SP 3 - Partikel/Matrix-Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe
- SP 4 - Hochentwickelte Verfahrenstechnologien

Welche Forschungsarbeiten sich exakt hinter den Schwerpunktthemen verbergen, wird in den folgenden Beiträgen beschrieben.

SP 1 - Neue polymere Materialien und Beschichtungen

Die Synthese neuer funktioneller Polymere ist ein wichtiges Ziel moderner Materialwissenschaft. Die Nutzung verschiedener Polymerisationstechniken ist dabei ein elementares Mittel zum Aufbau von Polymeren mit definierten Strukturen und Funktionen. In der Gruppe „Smarte Polymerstrukturen“ können so über kontrollierte radikalische Polymerisationen z. B. Blockcopolymere hergestellt werden, deren Blöcke wiederum aus (statistischen) Copolymeren bestehen. Ebenso ist es möglich, Polymere mit definierten Endgruppen zu erzeugen. Diese können dann genutzt werden, solche Polymere an größere Strukturen zu binden und damit komplexere Materialien zu erzeugen. Eine große Herausforderung ist es, Blöcke zu kombinieren, die nach verschiedenen Polymerisationsmechanismen hergestellt werden. Dieses gelingt z. B. durch die Synthese geeigneter Iniferter (s. Abbildung 1).

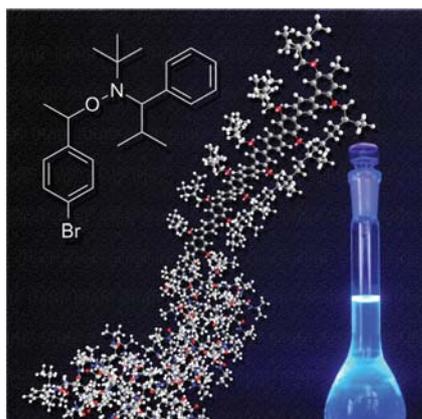


Abb. 1: Iniferter (links) und amphiphiles Stäbchen-Knäuel-Blockcopolymer (mittig).

In diesem Falle wurde ein Poly(*para*-phenylen)-Block mit einem stimuli-sensitiven Poly(N-isopropylacryl-amid)-Block kombiniert. Solche Polymere finden Verwendung u. a. als Aktor- und Sensormaterialien für mikrofluidische Elemente, in Hydrogelen mit (Ionen-) selektiven Rezeptoren, sowie in smarten Hydrogelen für biomedizinische Anwendungen.

Das Fach Colloid Materials and Polymers (CMP) ist international ausgewiesen auf den Gebieten der Lackchemie, Korrosion und Vernetzungschemie von funktionalen Polymeren und ihren Kompositen mit anorganischen Materialien. Die dort u.a. von der EU, AIF und vom Land NRW geförderten Forschungsarbeiten

reichen von der Beschreibung der Prozessentwicklung von Vorbehandlungsmethoden, Haftung auf Kunststoffen bis hin zur Entwicklung von Materialkonzepten mit zukunftsorientierten Eigenschaften wie Self-Healing und Reibeigenschaften sowie der Erzeugung von Nano-Hybridkompositpartikeln.

Schwerpunktt Themen im Bereich der Polymerforschung sind unter anderem die kontrollierte radikalische Polymerisation in wässrigen Medien. Auf Basis von 1,1-Diphenylethylen (DPE) können emulgator-, metall-, additiv- und lösemittelfreie wässrige Dispersionen hergestellt werden (DPE-Verfahren).

Ein weiteres wichtiges Thema stellt die Herstellung von Hochleistungspolymeren auf Basis von Polybenzimidazol (PBI) dar. Diese finden unter anderem Anwendung in Brennstoffzellmembranen. Durch hervorragende Chemikalien- und Temperaturbeständigkeiten stellt PBI zukünftig eine attraktive Alternative zu den derzeit eingesetzten Materialien dar.

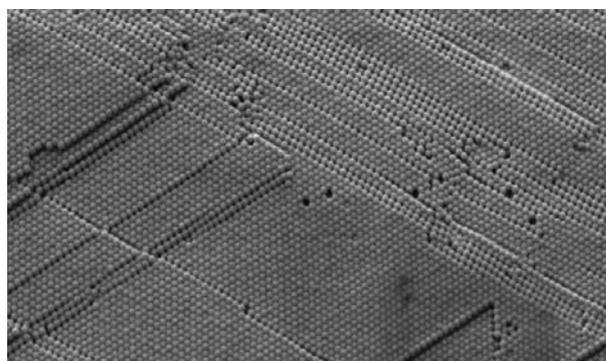


Abb. 2: REM-Aufnahme einer DPE Dispersion.

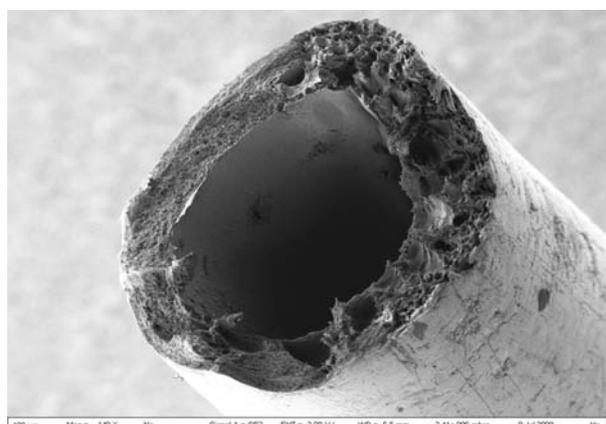


Abb. 3: REM-Aufnahme einer Membran auf Basis PBI.

Die Untersuchung von polymeren Grenzflächen bildet ein interdisziplinäres wissenschaftliches Gebiet, das sowohl Chemie, Physik als auch ingenieurwissenschaftliche Disziplinen einschließt. Am PMP basieren viele Forschungs- und Entwicklungsprozesse auf dem Verständnis und der Strukturierung von Polymer/Polymer sowie Polymer/Oxid und Polymer/Metall-Grenzflächen. Im Folgenden werden solche Forschungsprojekte herausgestellt, bei denen die Grenzflächenchemie eine besonders herausragende Rolle spielt.

FUNKTIONALE BESCHICHTUNGEN

Beschichtungen von polymeren Werkstoffen (AK Schöppner, AK Grundmeier)

Bei Produkten aus WPC können nach Lagerung in Wasser oder hoher Luftfeuchte unerwünschte Oberflächenveränderungen auftreten. Das unpolare Matrixmaterial Polypropylen und die polaren Holzpartikel müssen zunächst über einen Haftvermittler (meist MAPP, Maleinsäureanhydrid (MA) - in Form von mit MA gefropften PP (MAPP)) verbunden werden, um eine ausreichend starke Anbindung zu erhalten. Mit Haftvermittler steigen der E-Modul, die Bruchdehnung und die Schlagzähigkeit, die Wasseraufnahme nimmt ab.

Obwohl die in WPC enthaltenen Holzpartikel jeweils komplett von PP umschlossen sind, nehmen Formteile aus WPC, bei Lagerung in hoher Feuchte, Wasser auf, da PP zwar hydrophob aber wasserdampfdurchlässig ist. Die umschlossenen Holzpartikel nehmen das Wasser auf und quellen. Durch die starken Quellkräfte wird der Verbund zerstört und die durch den Spritzguss eigentlich im Bauteil gebundenen Holzpartikel sind daraufhin an der Bauteiloberfläche sichtbar und erhöhen die Rauigkeit der Oberfläche (Abbildung 4).



Abb. 4: WPC-Bauteiloberfläche vor (oben) und nach Wasserlagerung (AK Schöppner)

Es wird untersucht, welcher Einfluss durch die Variation von Haftvermittlertypen und Zugabe von Wachsen (Gleitmitteln) an der Grenzfläche zwischen Kunststoff und Holz zu erkennen ist und welche mechanischen und physikalischen Änderungen sich dadurch für die WPC-Formteile ergeben. Es ist von besonderem Interesse, in wie weit eine Benetzung der Holzpartikel mit Wachsen zu Änderungen der Wasseraufnahme, aber auch der Anbindung über den Haftvermittler führen.

Im AK Grundmeier werden im Rahmen eines DFG Transregioprojektes (DFG TRR 87) dünne Plasmapolymerschichten mit hoher Barrierefunktion bei gleichzeitiger Dehnbarkeit untersucht.

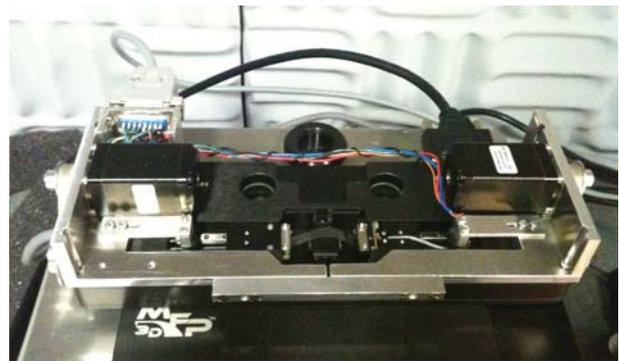


Abb. 5: In-situ AFM Zugapparatur

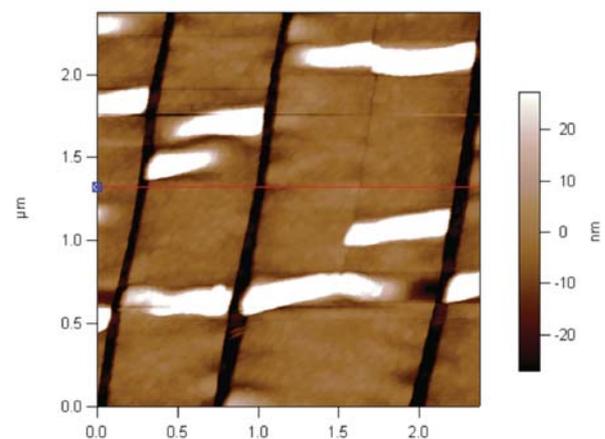


Abb. 6: Messung der Rissbildung in einer ultra-dünnen glasartigen Plasmaschicht auf PET bei 10% Dehnung.

SP 2 - Grenzflächen entlang der Polymerprozesskette

Selbsteilende Schichten auf Metallen (AK Bremser, AK Grundmeier)

In den AKs Bremser und Grundmeier werden Untersuchungen zu selbstheilenden Schichten im Rahmen von RFCS, EU-FP7 sowie AiF Projekten durchgeführt. Zurzeit konzentrieren sich die Untersuchungen im AK Grundmeier auf die spektroskopische und elektrochemische Analytik von Selbstheilungsprozessen während im AK Bremser die Untersuchung von Lacksystemen mit eingebauten Kapseln im Vordergrund stehen.

Zur Reparatur von Polymer und Metallgrenzflächen, die durch mechanische Verletzungen entstanden sind, wurden verschiedene Mechanismen in Lacken evaluiert (AK Bremser). Mit Diels-Alder-Systemen lassen sich bei Temperaturen oberhalb 100°C Defektstrukturen von ca. 5µm in einer Dimension überbrücken. Mikrokapseln sind in verschiedenen Größen darstellbar und können eine Grenzfläche belegen, die im Durchmesser mit dem 2-fachen des Kapseldurchmessers skaliert.

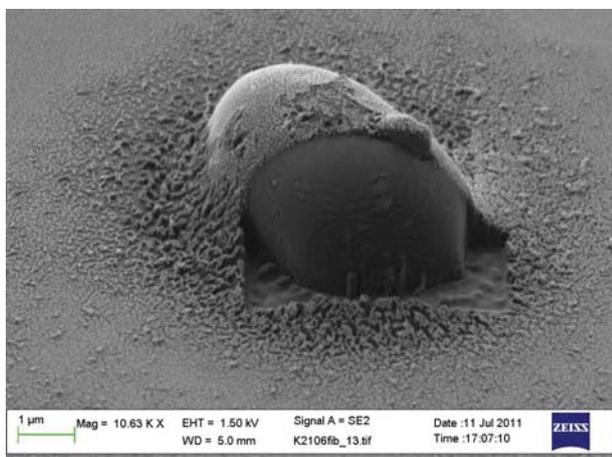


Abb. 7: Mit FIB geöffnete MUF-Mikrokapsel. Das Kapselinnere besteht aus flüssigem PDMS und wird durch die Präparationstechnik beim Ausfließen polymerisiert.

GRENZFLÄCHENPROZESSE

Nanoshaving und Nanografting als Methode zur Analyse von Adsorptionsmechanismen molekularer Haftvermittler auf Oxiden (AK Grundmeier)

Um die Adhäsion von polymeren Schutzschichten auf Werkstoffen zu verbessern werden derzeit zumeist

makroskopische Haftvermittler Schichten eingesetzt. Im Gegensatz zu den derzeit üblichen dicken Schichten steht die Entwicklung monomolekular maßgeschneiderter Schichten im Fokus. Die Verwendung dieser neuartigen und um viele Größenordnungen dünneren Schichten ermöglichen es beim Einsatz eines Bruchteiles von Material gleiche Hafteigenschaften zu erreichen. Die Adsorption dieser Beschichtungen auf Modell Systeme, wie beispielsweise Aluminiumoxid Einkristalle, kann mit Hilfe des Nanoshaving bzw. Nanografting untersucht werden. Dabei wird zunächst eine Hintergrund-Monolage (z.B. kurzkettige Phosphonsäure) auf die zu untersuchende Oberfläche adsorbiert. In einem zweiten Schritt wird die präparierte Probe im Rasterkraftmikroskop (AFM) untersucht. Durch Aufbringen eines großen Anpressdruckes zwischen AFM-Spitze und Probe kann während des Scannens die Hintergrund-Monolage gezielt entfernt werden (Nanoshaving). Geschieht dieses in Gegenwart einer zweiten oberflächenaktiven Spezies (z.B. eine langkettige Phosphonsäure) adsorbiert diese umgehend auf die frisch exponierte Oberfläche (Nanografting, vgl. Abb. 8a). Die „gegraftete“ Fläche lässt sich je nach gewähltem System in der Topographie (Abb. 8b) bzw. im Reibungsbild (Lateral Force Imaging) unterscheiden. Beobachtet man im Anschluss beispielsweise die zeitlichen Veränderung des Höhenkontrastes (Abb. 8c) kann man tiefe Einblicke in die Adsorptions- bzw. Organisationskinetik erhalten welches für ein fundamentales Verständnis und zum Maßschneidern von geeigneten Molekülsystem nötig ist.

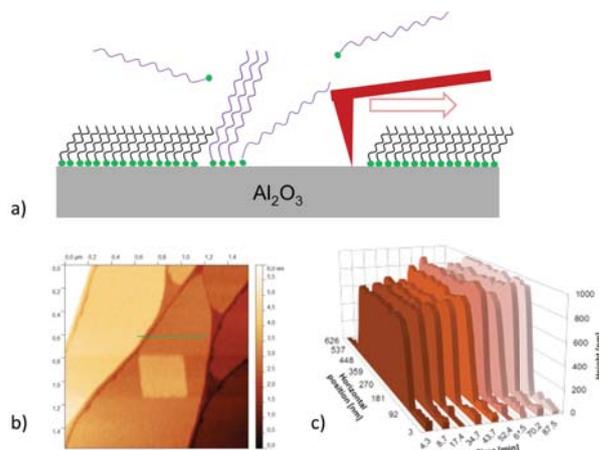


Abb. 8: Illustration des Prinzips des „Nanografting“ zur Untersuchung der Adsorption von Molekülen in nanoskopischen Dimensionen.

Plasmasaktivierung von polymeren Grenzflächen (AK Moritzer)

Zur Veränderung von Oberflächeneigenschaften kommen Atmosphärendruckplasmen in industriellen Anwendungen wie z. B. dem Kleben oder Mehrkomponentenspritzgießen zum Einsatz. Diese Vorbehandlungsprozesse werden im AK Moritzer im Hinblick auf die gezielte Modifikation der Verbundeigenschaften technologisch analysiert. Gegenstand der aktuellen Untersuchungen sind sowohl die Behandlungsparameter (Düsenabstand und -geschwindigkeit) als auch die nach der Behandlung stattfindenden Alterungsvorgänge.

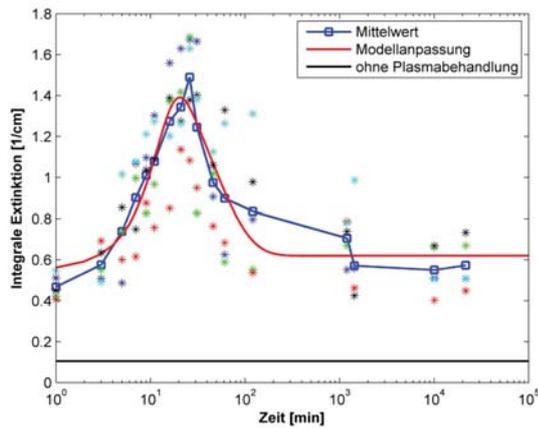


Abb. 9: Nachweis von Alterungsvorgängen anhand der FTIR-Extinktion mittels ATR an Polypropylen nach einer Behandlung mit Atmosphärendruckplasma im Wellenzahlbereich von 1600 bis 1800 cm^{-1} .

SP 3 - Partikel-/Matrix-Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe

Polymere Verbund- oder Kompositwerkstoffe bestehen aus Feststoffpartikeln, die in der polymeren Matrix dispergiert vorliegen. Die Wechselwirkungen zwischen Polymer und Partikeln bietet dabei die Möglichkeit, vielfältige Eigenschaften gezielt einzustellen, was alleine durch Variation der Polymere nicht möglich oder wesentlich aufwändiger wäre. Die einzustellenden Eigenschaften können dabei sowohl im Bereich mechanischer Kennwerte (z.B. Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Schlagzähigkeit) als auch im Bereich elektrischer oder optischer Eigenschaften liegen. Dabei sind besonders Eigenschaftskombinationen von Interesse, die mit reinen Polymeren nicht möglich wären (z.B. transparente, elektrisch leitfähige Kunststoffe, hohe Zugfestigkeit). Als Feststoffe können dabei unterschiedlichste Formen (z.B. sphärisch, unregelmäßig, faserförmig) und Größen (100 µm bis zu nanoskaligen Partikeln) zum Einsatz kommen. Außerdem werden die resultierenden Materialeigenschaften maßgeblich von den chemisch-physikalischen Wechselwirkungen zwischen Partikeloberfläche und Polymermatrix bestimmt. Essentiell zur erfolgreichen Anwendung solcher Kompositwerkstoffe ist es demzufolge, die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Prozessgestaltung, resultierender Kompositstruktur und erzeugten Produkteigenschaften möglichst gut zu verstehen. Im Folgenden werden einige Projekte vorgestellt, die sich mit der Prozesskette zur Herstellung solcher Kompositmaterialien und den dabei auftretenden Partikel-Matrix-Wechselwirkungen beschäftigen.

DISPERGIERUNG UND STRUKTURBILDUNG VON CARBON NANOTUBES IN EINER POLYMERMATRIX

Carbon Nanotubes (CNTs) versprechen eine Vielzahl von neuartigen Eigenschaftskombinationen, wie extreme mechanische Stabilität und elektrische Leitfähigkeit bei teilweise erhaltener Transparenz des Materials. Daraus ergeben sich unterschiedlichste Einsatzgebiete, wie z.B. leitfähige, antistatische und transparente Materialien, oder Leichtbaumaterialien aufgrund der hohen Bruchfestigkeit. Diese Eigenschaften hängen jedoch entscheidend von der Dispergierung der CNTs sowie deren Anordnung (Strukturierung) in der Matrix ab. Ausgehend von enorm hoher Forschungsaktivität bezüglich solcher Materialien nach Entdeckung der CNTs hat sich dies in den letzten Jahren stark

abgekühlt, was maßgeblich auf mangelnde Analyseverfahren, um die entstehenden Strukturen sinnvoll charakterisieren zu können, zurückzuführen ist. Daher beschäftigt sich ein Projekt am Lehrstuhl MVU mit der Dispergierung von CNTs in einer Polymermatrix – insbesondere unter Vermeidung von Längenreduzierung durch zu hohe Scherbeanspruchungen – sowie der Charakterisierung der dabei entstehenden Dispersitätszustände und Strukturen. Dazu werden verschiedene nicht-invasive Lichtstreuexperimente (dynamische Lichtstreuung, statische Lichtstreuung im Kleinwinkel und Großwinkelbereich) kombiniert um diese Eigenschaften exemplarisch anhand eines CNT-PMMA Kompositmaterials zu untersuchen.

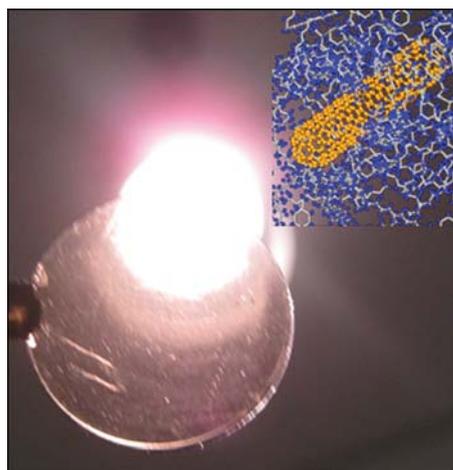


Abb. 10: Transparentes, elektrisch leitfähiges PMMA-CNT-Komposit.

GRAPHENOXID-MELAMIN-KOMPOSITE

Graphen, eine weitere Form von nanoskaligem Kohlenstoff, gewinnt seit dessen Entdeckung 2004 immer stärkeres Interesse, sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie. In diesem Projekt der AG Bremser werden zweidimensionale Hybride bestehend aus Graphen-Oxid und dem in der Beschichtungsstoffindustrie verbreiteten Rohstoff Melamin (speziell HMMM) untersucht. Diese Hybride werden jeweils in Form von Partikeln synthetisiert und mittels SEM, AFM, FTIR und Zetapotentialmessung charakterisiert. Ein für die Synthese wichtiger Einflussparameter ist das Verhältnis zwischen Melamin und Graphen-Oxid. Je nach eingesetzten Mengen lassen sich einzelne

Hybride oder dendritische Netzwerke erhalten. Mittels Infrarotspektroskopie ließ sich nachweisen, dass die Reaktion sowohl über Hydroxy- als auch Carboxylgruppen des Graphen-Oxids verläuft. Zusätzlich ließ sich anhand von erhaltenen Spektren nachweisen, dass die der Partikel-Partikel Route entspringenden Hybridpartikel von der Waals Wechselwirkungen zwischen aromatischen Ringen der Melaminpartikel und dem Graphen-Oxid zeigen. Neben einem besseren Verständnis für die Reaktion und die Mechanismen bei der Strukturentstehung besteht eines der Hauptziele des Projekts darin, den verwendeten Graphen-Oxidanteil zugunsten von Graphen zu reduzieren, um neben den mechanischen Eigenschaften die elektrische Leitfähigkeit des Graphens zurückzugewinnen. Zusätzlich verspricht die Verarbeitung des Materials in Polymersystemen interessante Eigenschaftsänderungen.

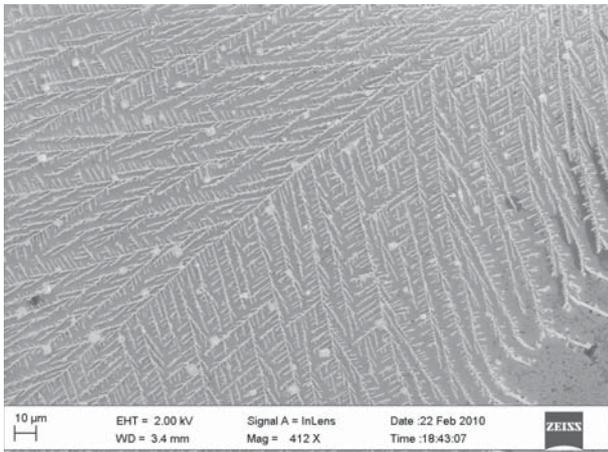


Abb. 11: Dendritisch aufgebautes Hybridnetzwerk.

WANDGLEITEN VON HOCHVISKOSEN SUSPENSIONEN

Bei der Verarbeitung von gefüllten Polymerschmelzen kann das sogenannte Wandgleiten auftreten. Darunter versteht man die Verletzung der Haftbedingung an der Wand, so dass sich die Verarbeitungsbedingungen massiv ändern, da beispielsweise die auftretenden Schergradienten sich verkleinern, sich andere Verweilzeitverteilungen ergeben, etc. Daher ist es für eine sichere Auslegung der jeweiligen Apparate

zwingend notwendig das Entstehen dieses Verhaltens zu verstehen und vorhersagen zu können. Dabei kann speziell in Suspensionen zusätzlich noch ein „scheinbares“ Wandgleiten auftreten, wobei für das Fluid weiterhin die Haftbedingung an der Wand gilt, jedoch durch eine Verarmung der Grenzschicht an Partikeln makroskopisch ein dem Wandgleiten analoges Verhalten beobachtet werden kann. In einem Projekt am Lehrstuhl MVU wird daher das Wandgleiten von viskosen Suspensionen systematisch untersucht. Haupteinflussparameter sind hierbei die Partikelkonzentration, die Partikelgröße sowie die Viskositätsfunktion des Matrixfluids. Die Untersuchungen werden dabei in einer eigens konstruierten Schlitzdüse durchgeführt, die es erlaubt, Messungen des Druckverlaufs entlang der Düse vorzunehmen und somit detaillierte Informationen über Entstehung und Ursachen des Wandgleitens zu erhalten.

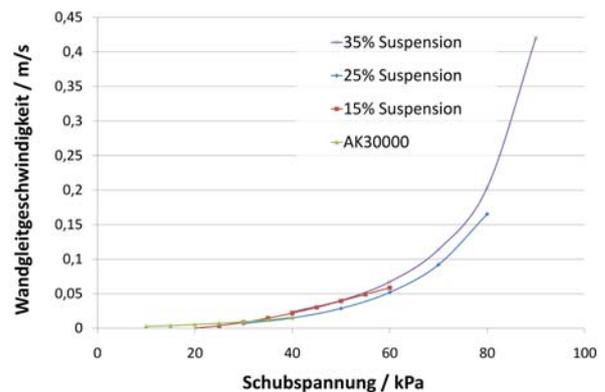


Abb. 12: Wandgleitgeschwindigkeiten für Silikonöl (AK 30.000) / Glaskugelsuspensionen ($x = 90 \mu\text{m}$).

SP 4 - Hochentwickelte Verfahrenstechnologien

Die Entwicklung innovativer Produktionstechnik ist ein Schwerpunkt innerhalb der Arbeit des PMP. Hierbei geht es vorrangig um die Kunststoffverarbeitung, mit der aus thermoplastischen Kunststoffen Produkte hergestellt werden. Die industriellen Anforderungen an jährliche Produktivitätssteigerungen lassen sich nur durch kontinuierliche Forschung realisieren – zum Nutzen der ganzen Gesellschaft:

Die deutsche Maschinenbaubranche ist weltweit führend und vermarktet ihre Produkte in erster Linie über die Technologieführerschaft. Innovationen in der Produktionstechnik werden vorwiegend hier erarbeitet – auch auf der Basis universitärer Forschung.

Kunststoffverarbeiter profitieren von diesen Innovationen und setzen sie in innovative Produkte um. Hierdurch bewahren sie ihre Wettbewerbsfähigkeit am Hochlohnstandort Deutschland.

Viele dieser Prozesse befassen sich mit Werkstoffen und deren stofflicher Umwandlung oder Trennung, so auch in der Partikelverfahrenstechnik des PMP.

2011 wurde an diesen verfahrenstechnischen Fragestellungen weitergearbeitet.



Abb. 13: Prof. Moritzer und der Laboringenieur Rudolf Schrage mit der Klebanlage.

Seit Mitte 2011 verfügt die Kunststofftechnik Paderborn (KTP) über eine vollautomatisierte Klebanlage. Die Anlage ist unter anderem mit einer klimatisierbaren Zelle ausgestattet und enthält eine frei programmierbare CNC Steuerung. Außerdem sind eine Handling- und Einspannvorrichtung mit definierbarem Druck, sowie eine automatische Nadelvermessung integriert. Eine hochpräzise Zahnrad-dosierpumpe für 1-K-Klebstoffe und ein Kolbendosierer zum statischen und dynamischen Mischen von 2-K-Klebstoffen erlauben

exaktes und wiederholgenaues Dosieren und Kleben. Der Kolbendosierer sowie das Mischrohr können bei Bedarf aufgeheizt werden.

Im Bereich der Partikelverfahrenstechnik ist die Filtrationstechnik Zur Erfüllung der Anforderungen der novellierten 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV), soll im Rahmen dieses Entwicklungsvorhabens ein Feinstaubfilter entwickelt werden, welcher für private Holzfeuerungsanlagen (wie z. B. Pellet- und Hackholzheizungen) geeignet ist. Die dafür erstmals zum Einsatz kommenden Filterschläuche sollen die entstehenden Feinstaubemissionen auf unter 5 mg/m^3 reduzieren.

In der Extrusionstechnik gelang es, die Festigkeit von monoaxial gereckten Polycarbonatfolien weiter zu steigern. Die werkstofftechnischen Untersuchungen belegen die starke molekulare Orientierung, die unterhalb der Glasübergangstemperatur im eingefrorenen Zustand stabil bleibt und dadurch geringe Schrumpfwerte aufweist.

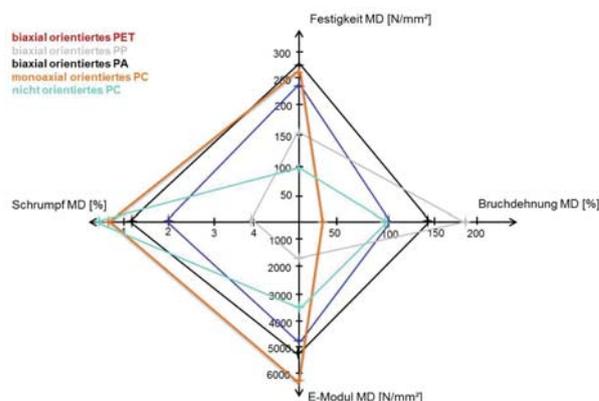
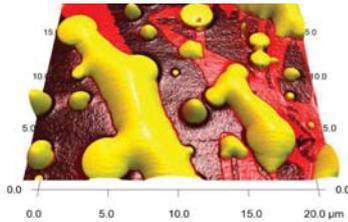


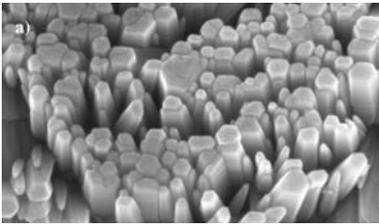
Abb. 14: Mechanische Eigenschaften industriell gereckter Folie.

Mit sechs verschiedenen Beiträgen aus unserem Institut möchten wir Ihnen zeigen, welches die aktuellen Forschungsthemen der Paderborner Polymerforschung sind und mit konkreten Beispielen einen detaillierteren Einblick in unsere wissenschaftliche Arbeit geben:



Highlight 1

Low Friction Coatings via Polyamidimid-Polydimethylsiloxane-Block-Copolymers For Use in Self Lubricating Coatings (Prof. Dr. Wolfgang Bremser)



Highlight 2

Effect of hydrogen and oxygen plasma treatments on the electrical and electrochemical properties of zinc oxide nanorod films on zinc substrates (Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier)



Highlight 3

Coil-Rod-Coil Block Copolymers with Poly(para-phenylene) and Stimuli-Sensitive Segments synthesized via Combination of SPC and NMRP (Prof. Dr. Dirk Kuckling)



Highlight 4

Modellierung der Grenzschichttemperaturentwicklung und daraus ableitbare Haftmechanismen beim Mehrkomponentenspritzgießen (Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer)



Highlight 5

Rheologische Charakterisierung von Wood-Plastic-Composites (WPC)(Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid)



Highlight 6

Einsatz von schnelllaufenden Einschneckenextrudern in der Beschichtungstechnik (Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner)

H1 - Low Friction Coatings via Polyamidimid-Polydimethylsiloxane-Block-Copolymers for Use in Self Lubricating Coatings

INTRODUCTION

Friction of Polymeric surfaces is of great interest, especially for the high performance polymer poly(amide) imide (PAI) resin used in wire enamels [1]. Copper or aluminium wire for use in transformers, generators and electrical motors contain a thin multilayer coating of 1-3 μm each and 10-20 μm overall as insulating and protective coating. Polydimethylsiloxane (PDMS) is widely known as lubricant, exhibiting excellent lubrication characteristics, but cannot be used in polyamidimid wire enamels due to incompatibility and problematic migration characteristics. Nevertheless PDMS brush model surfaces consisting of covalent bond linear PDMS have been prepared, exhibiting excellent reduction in the coefficient of friction (CoF) due to liquid like behaviour [2, 3, 4, 12] which refers to (elasto)-hydrodynamic lubrication [10, 11]. The effect of PAI-PDMS-block-copolymers on the resulting surface structure is the formation of PDMS rich phases due to segregation.

MATERIALS AND METHODS

Coating sample preparation:

Self lubricating PAI coatings were applied on glass plates and aluminium foil by a 50 μm gap bar and cured for 10 min at 250°C. The dry thickness was 10 \pm 4 μm .

Copper wire production:

Self lubricating PAI coatings were tested as topcoat on 0.53 mm polyesterimid basecoat PAI topcoat copper wire. The coefficient of friction for steel wire friction was tested according to DIN EN 60851 [6].

Lab scale friction analytics:

Lab scale friction analytics were performed according to DIN EN ISO 8295 [7] using coated glass plate respectively steel as the underlying substrate and coated aluminium foil placed under a 40 cm^2 200g sliding sledge. The friction measurements were performed using a Thwing Albert FP-2250 linear Tribometer at 100 cm/min and 8 cm sliding length.

Atomic force microscopy (AFM) analytics:

AFM imaging was performed on Bruker Dimension® using normal TappingMode® (FESP® silicon probe) and the quantitative nano mechanical tapping mode: HarmonixMode® (HMX® silicon probe).

Static contact angle measurements

Static contact angle measurements were conducted using a sessile drop technique and a Kruss G10 goniometer coupled with DSA 1.10 data analysis software. Drops of deionized water (10 μl) were placed onto the flat coated glass plate and an image of the drop was captured.

RESULTS AND CONCLUSION

Investigation on PDMS surface segregation, friction reduction and surface of the modified coating

Self lubricating coatings with PAI-PDMS-block-copolymers with chain end modification were prepared in order to measure friction according 2.3 in resemblance to friction measurements of paper and plastic leaves. In the case of friction measurement for coating vs. coating (polymer/polymer), the opposing substrate is a similar coated glass plate, whereas in the case of coating vs. steel the opposing substrate is an ethanol rinsed steel plate. To estimate PDMS-block presence at the surface the static water contact angle was used (water contact angle of pure PAI = 76°; pure PDMS = 110°). Following results can be summarized (detailed results in Fig. 1): For PAI-PDMS with a block length of 3 DMS units there is no increase in contact angle, no significant segregation at the surface but an increasing CoF for both pairs (polymer/polymer and polymer/steel). For PAI-PDMS with a block length of 11 the contact angle is increasing and friction reduces for polymer/polymer but stays high for polymer/steel. For PAI-PDMS with a block length of 65 friction reduces dramatically for both pairs. These results indicate a change in the lubrication regime from dominating boundary friction for short block length to the lower friction level of elasto-hydrodynamic lubrication. For the polymer/steel contact the lubrication regime seems to stay in the boundary lubrication regime, PDMS blocks are able to interact with each other in the case of polymer/polymer contact during friction whereas in the case of polymer/steel friction PDMS blocks are adsorbed to the steel surface and stretched, suppressing the viscous PDMS character.

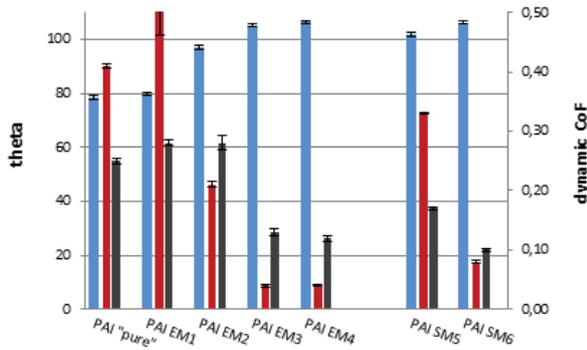


Fig. 1 Water contact angle (blue columns) and dynamic coefficient of friction for polymer/ polymer contact (red columns) and polymer/steel contact (grey columns). PAI "pure" is not PDMS modified. PAI EM1 to PAI EM4 is chain end modified PAI with increasing PDMS block length; PAI SM5 and PAI SM6 is PDMS side chain modified with increasing PDMS block length.

By means of AFM measurements the topography and mechanical properties of the coating surface could be investigated. With increasing block lengths (3 to 65 DMS units) significant contrasts can be observed (Fig. 2a to d). Due to the viscous characteristics of the PDMS block these effects can be explained by material deformation under pressure of the AFM probe in contact with the coating surface. This effect can be intensified by comparative soft tapping and contact mode shown in Fig. 3. The surface patterning is formed by PDMS rich phases separation. The pattern structure is controlled by PDMS blocks connected to the matrix via covalent bonds (Fig. 4 a to c). Nanomechanical AFM analysis shows patterning droplets with significant contrast in adhesion, module and high dissipation due to the viscous PDMS like character.

Self patterning control via PDMS segment length

The appearance of surface structuring via PDMS phase separations depends on the copolymer structure and PDMS block length. Due to lower surface energy PDMS is expected to orientate at the solid air interface. For increasing block length PDMS rich phases get bigger and even intercalate to form the dominating areas on top of the hard PAI matrix. PAI-PDMS-PAI-block-copolymers exhibit periodic patterning droplets as shown in Fig. 2 and 3. Fig. 4 illustrates the copolymer structure, PDMS block length and resulting surface patterning.

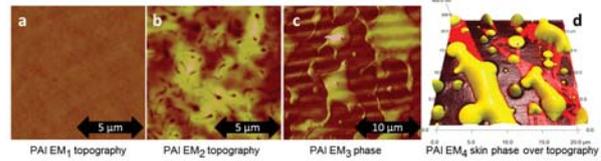


Fig. 2a to d AFM micrograph in tapping mode, performed on Veeco Dimension Icon, for polyamidimid-polydimethylsiloxane-block-copolymer modified coating PAI EM1 to PAI EM4. a: flat surface on the nm scale; b: worm like surface asperities without phase contrast; c: intercalating PDMS rich phases; d: surface structuring topography and viscous phases.

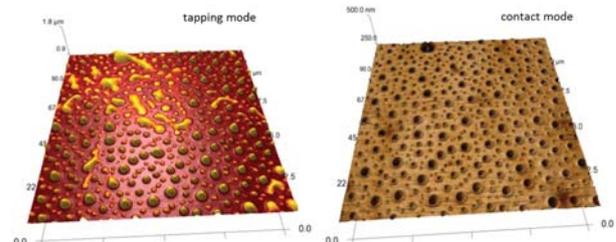


Fig3 Comparative afm micrograph in tapping respectively contact mode. Left: 3D topographic image of PAI BM8 with skin phase over topography. Right: PAI BM8 afm micrograph performed in contact mode.

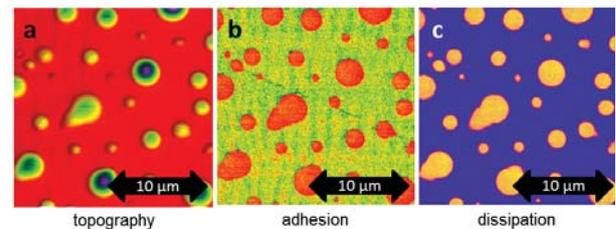


Fig. 4a to d AFM micrograph in HarmonixMode®, performed on Veeco Dimension Icon, for polyamidimid-polydimethylsiloxane-block-copolymer modified coating PAI BM8.

CONCLUSION

- A) Self lubricating PAI wire enamels are assessable via PAI-PDMS-block-copolymers with PDMS block length ≥ 65 . Compared to conventional wire lubricating methods or self lubricating wire enamels, friction can be seriously lowered, improving winding properties of the produced enamelled wire
- B) The appearance of surface structuring via PDMS phase separations depends on the copolymer structure and PDMS block length. PAI-PDMS-PAI-block-copolymers exhibit periodic patterning droplets.

H1 - Low Friction Coatings via Polyamidimid-Polydimethylsiloxane-Block-Copolymers for Use in Self Lubricating Coatings

C) For PAI-PDMS copolymers of PDMS block length ≥ 65 , the friction regime changes from boundary to elastohydrodynamic lubrication, for the polymer vs. polymer contact. Boundary or mixed lubrication is dominating the polymer vs. steel contact.

REFERENCES

- [1] Thomas J. Murray; *Macromol. Mater. Eng.* (2008), 293, 350-360; Poly(amide-imides): Wire Enamels with Excellent Thermal and Chemical Properties
- [2] A. Casoli, M. Brendl'e, J. Schultz, P. Auroy and G. Reiter, *Tribology Letters* 8 (2000) 249-253; Friction of elastomer sliding on polymeric model surfaces
- [3] Tomohiro Tada, Daisaku Kaneko, Jian Ping Gong, Tatsuo Kaneko and Yoshihito Osada, *Tribology Letters*, Vol. 17, No. 3, October 2004; Surface friction of poly(dimethyl siloxane) gel and its transition phenomenon
- [4] S. Bistac and A. Galliano, *Tribology Letters*, Vol. 18, No. 1, January 2005 Nano and macro tribology of elastomers
- [5] US 4385437 (1983), United Technologies Corp.; invs.: H Saunders, R. Carmer, L. Payette. Patent on external lubrication by a lubricant solution applied by a felt pad
- [6] DIN EN 60851
- [7] DIN EN ISO 8295
- [8] M. M. Harwardt; Dissertation RWTH Aachen 2007; Funktionalisierung von Polydimethylsiloxan-Oberflächen zur Steuerung molekularer Zell-Substrat Wechselwirkungen
- [9] G. Binnig, *Handbook Micro/Nano Tribology*, (CRC Press, Munich, 1986)
- [10] K. Holmberg, A. Matthews, *Coatings Tribology, Properties, Mechanisms, Techniques and Applications in Surface Engineering*, (Tribology and Interface Engineering Series, No. 56; Elsevier, 2009)
- [11] Valentin L. Popov; *Kontaktmechanik und Reibung, Ein Lehr- und Anwendungsbuch von Nanotribologie bis zur numerischen Simulation*, (Springer 2009)
- [12] Sujeet K Sinha, Brian J Bricoe, *Polymer Tribology*, (Imperial College Press, 2009)
- [14] F.P. Bowden, D.Tabor; *Reibung und Schmierung fester Körper*; Springer Verlag 1959

AUTHORS

M. Cs. Jörg Ressel and Prof. Dr. Wolfgang Bremser

The synthesis of ZnO nanocrystalline films has attracted great attention due to their wide range of application as functional materials in the field of catalysis [1], micro-electronics [2, 3] and energy conversion [4]. The control of the crystallization and post-treatment processes are challenging questions in designing purpose-specific materials.

There exists a great variety of methods for the preparation of nanostructured ZnO films. The groups of Vaysieres [5, 6] and Yang [4, 7, 8] have successfully applied hydrothermal synthesis with and without prior seeding on various substrates and obtained well oriented and homogeneously grown ZnO nanorod films. In their pioneering work, Mora-Sero et al. describe comprehensively the methodology for the treatment of nanorods as a nanostructured film in Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) measurements [9]. Recently, Liu et al. reported the electrochemical impedance analysis of ZnO nanostructures on zinc prepared by chemical oxidation of metallic zinc [10].

However, such zinc oxide nanorod films so far were not discussed as adhesion promoting or corrosion protecting thin films on metals. N-semiconducting ZnO native films dominate the adhesive and corrosive properties of zinc coated steels in the bare and polymer coated state. For a bare oxide covered zinc surface the anodic dissolution rate of the oxide film is limiting the corrosion rate, while for a polymer coated zinc surface the cathodic de-adhesion process based on the interfacial oxygen reduction kinetics is rate-determining [11]. In this work, we have deposited ZnO nanorod films directly on zinc sheets via hydrothermal method and studied the effect of non-equilibrium hydrogen and oxygen plasma treatments [12] on their semiconducting properties for tailoring the resulting corrosion properties.

As seen in the SEM image in Figure 1 a), the nanorods grew uniformly and densely on the substrate. The nanorod growth on polished Zn sheets does not require a seeding step since the freshly polished zinc surface immediately oxidizes in air and is covered with a layer of its native oxide. The resulting film contained large bundles of densely packed, perfectly c-axis oriented rods with neighbouring islands of misaligned nanorods.

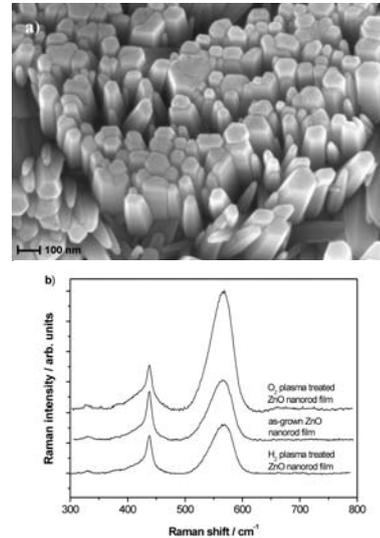


Figure 1: a) SEM image of the as-grown ZnO nanorod film on zinc b) Raman Spectra of the as-grown, hydrogen and oxygen plasma treated ZnO nanorod films on zinc (Spectra are vertically offset for clarity).

Electrochemical characterization was performed using the Mott-Schottky analysis technique based on the capacitance values obtained from EIS data collected at different electrode potentials [13].

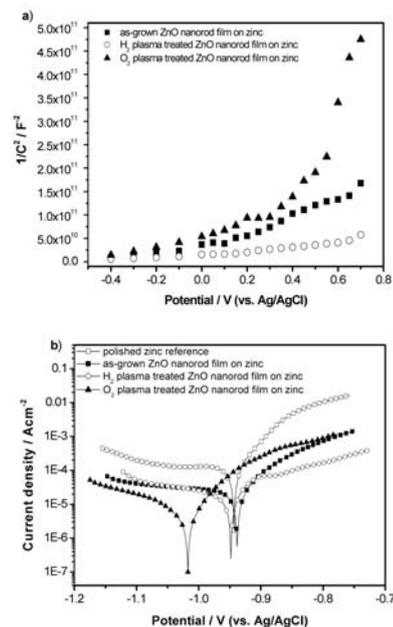


Figure 2: a) Mott-Schottky plots of as-grown, hydrogen, and oxygen plasma treated ZnO nanorod films b) Current density vs. potential curves of as-grown, hydrogen and oxygen plasma treated ZnO nanorod films and the polished zinc reference sample.

H2 - Effect of hydrogen and oxygen plasma treatments on the electrical and electrochemical properties of zinc oxide nanorod films on zinc substrates

The resulting Mott-Schottky plots are presented in Figure 2 a). The positive slope observed in the Mott-Schottky plot above 0 V indicates that the all ZnO nanorod films have shown n-type conductivity. In the literature, the reasons of the observed n-type conductivity of ZnO have been discussed controversially in computational and experimental studies [14]. Generally, native point defects like vacancies and anti-sites, as well as presence of impurities such as hydrogen interstitials are claimed to be the main source of the n-type conductivity.

The as-grown, hydrogen plasma and oxygen plasma treated ZnO nanorod films exhibited donor densities of $5.19 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $1.79 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ and $1.65 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, respectively. A clear two fold increase has been observed with the samples after 180 seconds hydrogen plasma treatment. It has been recently reported that H_2 plasma can be used to modify the electrical and optical properties of ZnO films on various substrates [14-17]. Hydrogen can diffuse into ZnO films with a depth to several micrometers during hydrogen plasma treatment resulting in an increase of the charge carrier concentration of ZnO [17]. Furthermore, annealing in air at temperatures higher than 300°C results in a decrease of the charge carrier density by outer diffusion of hydrogen [10]. Since under the mild plasma conditions applied in this study no detectable change was observed in the film morphology, the decrease in the donor density after oxygen plasma treatment is likely to originate from an effective incorporation of oxygen atoms into the crystalline structure of the nanorods.

Raman spectra of as-grown and plasma treated films are presented in Figure 1 b) with two apparent peaks present at 431 cm^{-1} ($E_{2\text{-high}}$) and 567 cm^{-1} ($A_1\text{LO}$). These vibration modes are the only optical modes allowed according to the Raman selection rules for the selected geometry [18]. A red shift was observed in the $A_1\text{LO}$ mode for all samples, which could be explained by the presence of defects in the wurtzite structure [19]. The presence of point defects and stacking faults is reported for films synthesised at low temperatures [20] and explains the high charge carrier density values observed in Mott-Schottky analysis for the as-grown samples.

As seen in the current density vs. potential curves in Figure 2 b), the as-grown ZnO nanorod film causes a drastic decrease in both anodic and cathodic current densities in comparison to the bare zinc sample

covered with its native oxide. A clear decrease in the rate of the oxygen reduction reaction was observed during cathodic polarisation for oxygen plasma treated films, while the cathodic current density is increased for the hydrogen plasma treated films. These effects can be explained by the decrease of the charge carrier concentration for the oxidative plasma and its increase for the reductive plasma. However, during anodic polarisation the zinc dissolution rate of the oxygen plasma treated film increased in comparison to the as-grown film, which indicates a higher dissolution rate at the oxide/electrolyte interface. The decrease of the $E_{2\text{-high}} / A_1\text{LO}$ ratio in the Raman spectra of the O_2 plasma treated film indicates an increase of the disorder in the crystalline structure which could explain these higher anodic dissolution rates. In contrast, for the H_2 plasma treated film, the $E_{2\text{-high}} / A_1\text{LO}$ ratio shows a slight increase indicating a decrease of disorder which could explain the reduced anodic current densities. Moreover, it was reported by Dong et al. that the H incorporation can passivate the defects at grain boundaries [17], which could also lead to lower dissolution rates during anodic polarisation.

In conclusion, the results have demonstrated that the ZnO nanorod films are promising candidates to be used as thin corrosion protection layers on zinc. In the bare state a hydrogen plasma treatment can be used to further decrease the anodic dissolution rate while for a polymer coated material the oxygen plasma treatment can be employed to decrease the interfacial oxygen reduction kinetics leading to an inhibition of cathodic undermining.

This work was published in *Electrochemistry Communications*, (2011), 13, 8, 837-839. The authors greatly acknowledge the financial support from International Max Planck Research School for Surface and Interface Engineering in Advanced Materials (IMPRS-SurMat) and Chemetall A.G. The research was partially funded by the European FP7 Project MUST NMP3-LA-2008-214261.

REFERENCES

- [1] J.-J. Wu, C.-H. Tseng, *Appl. Catal.*, B 66 (2006) 51.
- [2] J. Müller, G. Schöpe, O. Kluth, B. Rech, V. Sitterger, B. Szyszka, R. Geyer, P. Lechner, H. Schade, M. Ruske, G. Dittmar, H.-P. Bochem, *Thin Solid Films* 442 (2003) 158.

- [3] M. H. Huang, Y. Wu, H. Feick, N. Tran, E. Weber, P. Yang, *Adv. Mater.* 13 (2001) 113.
- [4] M. Law, L. Greene, J. Johnson, R. Saykally, P. Yang, *Nat. Mater.* 4 (2005) 455.
- [5] L. Vayssieres, K. Keis, S.-E. Lindquist, A. Hagfeldt, J. Phys. Chem. B 105 (2001) 3350.
- [6] L. Vayssieres, *Adv. Mater.* 15 (2003) 464.
- [7] L. Greene, M. Law, J. Goldberger, F. Kim, J. Johnson, Y. Zhang, R. Saykally, P. Yang, *Angew. Chem., Int. Ed.* 42 (2003) 3031.
- [8] L. Greene, M. Law, D. Tan, M. Montano, J. Goldberger, G. Somorjai, P. Yang, *Nano Lett.* 5 (2005) 1231.
- [9] I. Mora-Sero, F. Fabregat-Santiago, B. Denier, J. Bisquert, R. Tena- Zaera, J. Elias, C. Levy-Clement, *Appl. Phys. Lett.* 89 (2006) 203117.
- [10] H. Liu, G. Piret, B. Sieber, J. Laureyns, P. Rousset, W. Xu, R. Boukherroub, S. Szunerits, *Electrochem. Comm.* 11 (2009) 945.
- [11] G. Grundmeier, W. Schmidt, M. Stratmann, *Electrochim. Acta* 45 (2000) 2515.
- [12] J. Raacke, M. Giza, G. Grundmeier, *Surf. Coat. Technol.* 200 (2005) 280.
- [13] S. Morrison, *Electrochemistry at Semiconductor and Oxidized Metal Electrolytes*, Plenum Press, New York, 1980.
- [14] P. Cai, J. You, X. Zhang, J. Dong, X. Yang, Z. Yin, N. Chen, *J. Appl. Phys.* 105 (2009) 083713.
- [15] K. Ip, M. Overberg, Y. Heo, D. Norton, S. Pearton, S. Kucheyev, C. Jagadish, J. Williams, R. Wilson, J. Zavada, *Appl. Phys. Lett.* 81 (2002) 3996.
- [16] S. Y. Myong, S. I. Park, K. S. Lim, *Thin Solid Films* 513 (2006) 148.
- [17] J.J. Dong, X.W. Zhang, J.B. You, P.F. Cai, Z.G. Yin, Q. An, X.B. Ma, P. Jin, Z.G. Wang, P.K. Chu, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2 (2010) 1780.
- [18] Ü. Özgür, I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchikov, S. Doğan, V. Avrutin, S.-J. Cho, and H. Morkoç, *J. Appl. Phys.* 98 (2005) 041301.
- [19] Y.Y. Tay, T.T. Tan, M.H. Liang, F. Boey, S. Li, *Appl. Phys. Lett.* 93 (2008) 111903.
- [20] B. Sieber, A. Addad, S. Szunerits, R. Boukherroub, *J. Phys. Chem. Lett.* 1 (2010) 3033.

AUTHORS

Dr.-Ing. Özlem Özcan and Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier

H3 - Coil-Rod-Coil Block Copolymers with Poly(para-phenylene) and Stimuli-Sensitive Segments synthesized via Combination of SPC and NMRP

Block copolymers exhibit unique properties like the formation of structures in the range from a few nanometers up to several micrometers by self-organization. Special interest is attracted by rod-coil block copolymers. Due to their rigid block smaller structures in dimensions of a few nanometers can be obtained. The introduction of different functionalities like electrochemical or photophysical properties is also possible by using rod segments. A variation of the polymer composition allows controlling the formed structures. [1,2] Therefore controlled polymerization methods like atom transfer radical polymerization (ATRP) or nitroxide-mediated radical polymerization (NMRP) are necessary in order to prepare defined blocks. [3] The aim of this work is the preparation of coil-rod-coil block copolymers composed of a middle poly(para-phenylene) (PPP) segment surrounded by stimuli-sensitive blocks. First, a PPP macroinitiator was synthesized via Suzuki polycondensation (SPC) in the presence of a N-alkoxyamine termination reagent using microwave irradiation. By employing a microwave system instead of conventional heating by oil-bath reduced reaction times as well as increased yields could be observed. In order to prepare block copolymers nitroxide-mediated radical polymerization (NMRP) was used to introduce defined stimuli-sensitive segments (Figure 1).

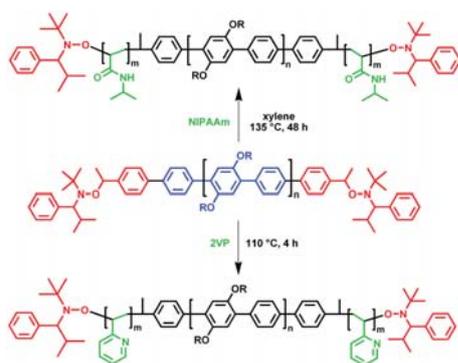


Figure 1: Preparation of coil-rod-coil block copolymers via nitroxide-mediated radical polymerization starting from the PPP macroinitiator.

In consequence of short range attractive forces (covalent bonds) and long range repulsive forces such as hydrophilic and hydrophobic interactions self-assembly of block copolymers occurred. Hence, in aqueous media micellar structures are formed by parallel arrangement of hydrophobic PPP rods surrounded by coil-like stimuli-sensitive segments (Figure 2).

By crossing the critical parameter e.g. critical temperature or critical pH-value a change in solubility behavior of the stimuli-sensitive block occurs and phase morphology changes. The investigation of this behavior by light scattering methods is the aim of current studies. For the characterization of the polymers size exclusion chromatography (SEC), NMR spectroscopy and MALDI-TOF mass spectrometry (Figure 3) was used.

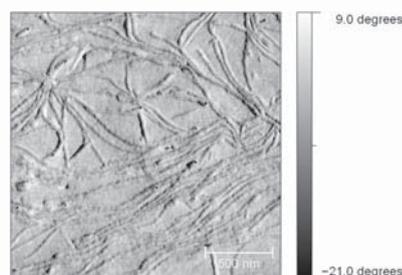


Figure 2: Tapping mode-AFM pictures (phase image) of PPP block copolymer (samples prepared from polymer solutions in toluene (1 wt%) using dip-coating technique on silica wafers)

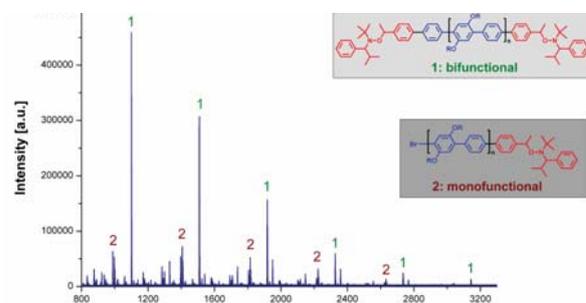


Figure 3: MALDI-TOF mass spectra of the synthesized poly(para-phenylene)s. The main distribution represents the bifunctionalized macroinitiator.

REFERENCES

- [1] M. Lee, B.-K. Cho, W.-C. Zin *Chem. Rev.* **2001**, *101*, 3869-3892
- [2] H.-A. Klok, S. Lecommandoux *Adv. Mater.* **2001**, *13*, 1217-1329
- [3] A. Britze, J. Jacob, V. Choudhary, V. Möllmann, G. Grundmeier, H. Luftmann, D. Kuckling, *Polymer* **2010**, *51*, 5294-5303

AUTHORS

M. Sc. S. Schmücker, Dr. Antje Britze, Prof. Dr. D. Kuckling

Um Hart-Weich-Kombinationen aus Kunststoffen zu generieren, ist mittlerweile das Mehrkomponentenverbundspritzgießen als etablierter Stand der Technik zu sehen. In den unterschiedlichsten Industriezweigen wird diese Technologie genutzt, um funktionsbasierte Hart-Weich-Bauteile herzustellen. Viele Beispiele aus dem Automobilbereich, der Medizintechnik der Weißgeräte- sowie der Spielzeugindustrie sind bekannt und penetrieren den Markt. Die Bindungsmechanismen ausgewählter Hart-Weich-Kombinationen beruhen häufig auf bewusst eingebrachte konstruktive Hinterschnitte, die nach Abkühlung zu einer formschlüssigen Verbindung führen. Daneben haben bestimmte Paarungen eine Adhäsivaffinität zueinander, so dass ein Haftmechanismus entsteht.

Es gibt Paarungen bei denen die Anhaftung, einem Klebestreifen gleichend, rückstandslos wieder zu trennen ist. Dann gibt es welche, bei denen dies nicht der Fall ist und somit ein intensiverer Bindungsprozess von Weich- und Hartkomponente zu vermuten ist. Es liegt der Verdacht nahe, dass Diffusionsvorgänge in der Grenzschicht zwischen der Hart- und Weichkomponente auftreten. Dieser Vorgang ist jedoch nur dann möglich, wenn die Temperatur in der Kontaktebene beider Komponenten überhalb der jeweiligen materialspezifischen Grenztemperatur liegt, die solche Platzwechselvorgänge der Makromolekülketten zulässt. Im Rahmen dieses Beitrags erfolgt eine beschreibende Modellierung der zeitlich sich entwickelnden Kontakttemperatur, die zeigt, dass Haftung auf Basis von Grenzschichtdiffusion möglich ist.

VERFAHRENSABLAUF

Anhand des in Abbildung 1 dargestellten Probekörpers werden die Prozessschritte erläutert. Es handelt es sich um eine Hart-/Weich-Kombination aus einem Standard-Polystyrol (PS) mit einem dazu verträglichem thermoplastischen Elastomer (TPE).

Im ersten Prozessschritt wird das schmelzflüssige PS ($T_{M,PS} = 250\text{ °C}$) in das auf $T_{WZ} = 50\text{ °C}$ temperierte Werkzeug eingespritzt gefolgt von der Nachdruckphase der Hartkomponente. Der durch Wärmeleitung abgekühlte Preform wird anschließend bei geöffnetem Werkzeug durch Rotation des Drehtellers in die Fertigspritzposition transferiert. Nach dem Schließen des Werkzeugs wird die Weichkomponente in die Kavität eingespritzt und kontaktiert sowohl den Vorspritzling als auch die

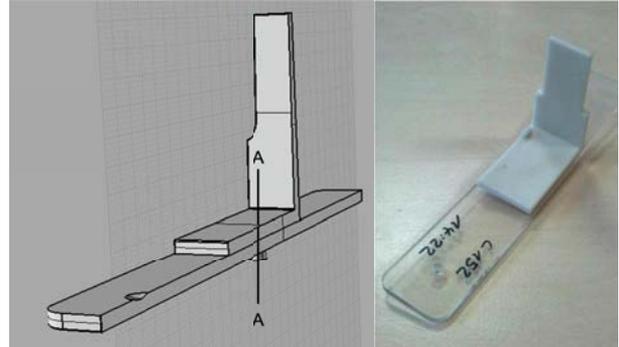


Abbildung 1: Verwendete Probekörpergeometrie im Schnitt

Werkzeugwand. Während der Nachdruckphase der Weichkomponente findet ein Wärmeübergang über die Kontaktgrenzfläche statt. Zudem kühlen beide Komponenten an den jeweiligen Werkzeugwänden ab. Nach Ablauf der Kühlzeit erfolgt die Formteilentnahme. An der Luft kühlt das Bauteil dann mittels freier Konvektion weiter ab. Tabelle 1 zeigt die Prozessstufen, deren durchschnittlicher zeitlicher Bedarf und die wirkenden Abkühlmechanismen.

Die Zeitschritte 4, 5 und 6 im Drehtellerverfahren laufen parallel zu Zeitschritt 1 und 2 ab. Die Einspritz- und Nachdruckphase des Vorspritzlings verlängert sich demnach um ca. 12 Sekunden, so dass eine Aufteilung in 4 Phasen erfolgt:

1. Einspritzen und Nachdruck PS	27 sec.
2. Wenden des Drehtellers	4 sec.
3. Einspritzen u. Nachdruck TPE incl. t_{RK}	27 sec.
4. Abkühlen an Luft	∞

MATHEMATISCHE MODELLIERUNG DER ABKÜHLMECHANISMEN

Zur mathematischen Modellierung wird die Finite-Differenzen-Methode (FDM) angewendet. Damit können mehrstufige Prozesse berechnet werden, da das Temperaturprofil der einen Stufe als Startbedingung für die nachfolgende Stufe verwendet wird. Andererseits können auch lokal und zeitlich unterschiedliche Stoffwerte (z.B. Wärmeleitfähigkeit, Dichte) und sich ändernde Randbedingungen berücksichtigt werden. Aus der Fourier'schen Differentialgleichung [1] wird unter den Annahmen: eindimensionaler instationärer Fall, keine Wärmequellen sowie konstanter Wärmeleitfähigkeit die folgende vereinfachte Schreibweise möglich [2].

H4 - Modellierung der Grenzschichttemperaturentwicklung und daraus ableitbare Haftmechanismen beim Mehrkomponentenspritzgießen

Tabelle 1: Prozessstufen und darin stattfindende Wärmeübertragungsmechanismen

Zeitschritt	Dauer [sec.]	Prozessschritt	Wärmeübertragungsmechanismus
1	15	Einspritzen der Hartkomponente	<ul style="list-style-type: none"> Kontakttemperatur: PS mit Werkzeugstahl
2		Nachdruckphase der Hartkomponente	<ul style="list-style-type: none"> Wärmeleitung zwischen PS und Werkzeugstahl
3	4	Drehen des Drehtellers	<ul style="list-style-type: none"> Einseitige Wärmeleitung zwischen PS und Werkzeugstahl Einseitige Konvektion mit umgebender Luft
4	12	Einspritzen der Weichkomponente	<ul style="list-style-type: none"> Kontakttemperatur: PS mit TPE Kontakttemperatur: TPE mit Werkzeugstahl
5		Nachdruckphase der Weichkomponente	<ul style="list-style-type: none"> Einseitige Wärmeleitung zwischen PS und Werkzeugstahl Einseitige Wärmeleitung zwischen TPE und Werkzeugstahl Wärmeleitung über die Grenzfläche
6	15	Restkühlzeit (t _{rk}) im Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> Einseitige Wärmeleitung zwischen PS und Werkzeugstahl Einseitige Wärmeleitung zwischen TPE und Werkzeugstahl Wärmeleitung über die Grenzfläche
7	∞	Abkühlung bei Raumtemperatur	<ul style="list-style-type: none"> Beidseitige Konvektion zwischen PS, bzw. TPE mit umgebender Luft

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right)$$

Mit T Temperatur; t Zeit; c Wärmekapazität; ρ Dichte und x als Laufkoordinate

Durch Ersetzen der Differentiale mit den endlichen Differenzen Δx und Δt, ergibt sich mit den Indizes n (Ortskoordinate, x-Richtung) und k (Zeitkoordinate, t-Richtung) gebildet nach dem „mittleren Differenzenquotienten“ folgende Schreibweise:

$$T_{n,k+1} - T_{n,k} = \frac{2 \cdot a \cdot \Delta t}{(\Delta x)^2} \cdot \left(\frac{T_{n+1,k} + T_{n-1,k}}{2} - T_{n,k} \right)$$

Mit dieser funktionalen Beziehung kann die Temperatur zum Zeitpunkt $t = t_{k+1}$ in jeder Schicht des Körpers berechnet werden, wenn die Temperaturverteilung

zum Zeitpunkt $t = t_k$ bekannt ist. Für die Anwendung der Methode werden Anfangs- und Randbedingungen benötigt.

Für den vorliegenden Fall sind zwei Randbedingungen relevant:

Randbedingung 1: Konstante Temperatur an der Werkzeugwand T_w

Aus einer Wärmebilanz an der Grenzfläche Werkzeug-Kunststoff kann die Kontakttemperatur ermittelt werden, die dann im Verlauf des Abkühlvorgangs als konstant angesehen wird [3].

Randbedingung 2: Konvektion während der Werkzeugrotation

Diese Randbedingung beschreibt den Wärmeübergang der Hartkomponente während der Werkzeugrotation (Zeitschritt 3 in Tabelle 1) an die umgebende Luft

mit der Temperatur T_{Fi} und dem Wärmeübergangskoeffizienten α . Bei der Abkühlung eines Werkstückes der Dicke d gilt an der Oberfläche:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=d} = \alpha \cdot (T_{(y=d)} - T_U)$$

Da es sich bei der Finiten-Differenzen-Methode um ein numerisches Verfahren handelt, stellt es nicht den exakten Verlauf der Temperatur im Bauteil dar sondern nur eine Näherung. Diese Näherung ist von der Schrittweite Δx , welche sich auf die Schichtdicke bezieht, und von der Länge des Zeitintervalls Δt abhängig [3]. Um die numerische Stabilität der Berechnung zu gewährleisten, muss folgende Bedingung erfüllt werden.

$$\Delta t < \frac{\Delta x_{\min}^2}{2\alpha} \cdot 0,25$$

Damit sind Abkühlrechnungen möglich, die die oben angeführten Prozessstufen beschreiben. Die verwendeten Stoff- und Prozessgrößen sind Tabelle 2 zu entnehmen.

TEMPERATURPROFILMODELLIERUNG

Zur Beurteilung des zeitlichen Verlaufs der Temperatur im Probekörper aus Abbildung 1 wird der „Bilanzraum“ der FDM-Abkühlrechnung entlang des Schnitts „A-A“ herangezogen.

Phase 1 (Einspritzen und Nachdruck PS)

Der Polystyrol - Preform kühlt nach dem Einspritzen an der Werkzeugwand ab (Randbedingung: konstante Wandtemperatur). Die Kontakttemperatur zwischen dem Werkzeugstahl (St) und der PS - Schmelze, kann mit Hilfe der folgenden funktionalen Beziehung ermittelt werden:

$$T_K = \frac{b_{PS} \cdot T_{PS} + b_{St} \cdot T_{St}}{b_{PS} + b_{St}}$$

Diese Gleichung gilt analog auch für den Zeitnullpunkt wenn das TPE in der nächsten Prozessstufe mit dem Polystyrol kontaktiert. Für das oben angeführte Beispiel errechnet sich die Kontakttemperatur zwischen der PS-Schmelze und dem Werkzeugstahl zu $T_K = 65,52$ °C. Mit der beidseitig konstanten Kontakttemperatur

Tabelle 2: Material- und Prozessgrößen

	Symbol	Einheit	Stahl	PS	TPE-S
Temperatur	T	[°C]	50	250	220
Wärmeleitfähigkeit	λ	[W/mK]	14,65	0,200	0,225
Dichte (Schmelze)	ρ	[kg/m ³]	7800	967	1020,81
spez. Wärmekapazität	c_p	[J/kgK]	502	2100	2080,00
Wärmeeindringzahl	b	[Ws ^{1/2} /m ² K]	7574	637	691
eff. Temp.-leitfähigkeit	a_{eff}	[m ² /s]	3,74E-06	9,85E-08	1,06E-07
Ortskoordinate	Δx	[mm]		0,25	
Zeitkoordinate	Δt	[s]		0,05	

H4 - Modellierung der Grenzschichttemperaturentwicklung und daraus ableitbare Haftmechanismen beim Mehrkomponentenspritzgießen

ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte zeitliche Verlauf der Temperaturverteilung über der betrachteten Bauteildicke des PS während der Nachdruckphase als Ergebnis der FDM-Berechnung.

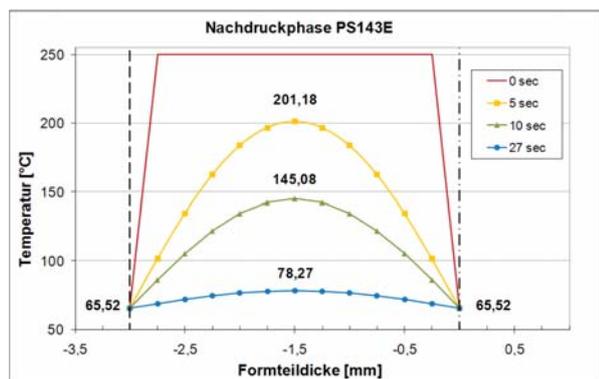


Abbildung 2: Temperaturverlauf Phase 1

Phase 2 (Transferphase; Wenden des Drehtellers)

Der berechnete Temperaturverlauf aus Phase 1 wird als Startbedingung für die Transferphase verwendet. Für die grenzflächenabgewandte Seite der Hartkomponente gilt weiterhin die Randbedingung konstanter Kontakttemperatur T_K . Auf der Seite der späteren Grenzfläche kühlt der Probekörper unter der Randbedingung freier Konvektion an der umgebenden Luft ab. Das Bauteil wird dazu vereinfacht als senkrechte Platte angenommen.

Zur Berechnung der Konvektionsphase mittels FDM ist die Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten α notwendig. Die Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten α kann dem VDI-Wärmeatlas entnommen werden. Für dieses Problem beträgt α

$$\alpha \approx 5,57 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Die Konvektionsrandbedingung besagt, dass die Steigung des Temperaturverlaufs an der Oberfläche im Feststoff gleich der Steigung zwischen einem im Abstand $\lambda_{\text{Feststoff}}/\alpha$ liegenden Punkt bei Umgebungstemperatur und der Wandtemperatur ist. Diese „aufgezwungene“ Steigung an der Grenzfläche wird für die FDM-Berechnung durch eine Hilfsschicht realisiert, die im Abstand $-\Delta x$ vor der realen Grenzfläche erzeugt wird. Die Temperatur in dieser Grenzschicht wird per Geradengleichung aus den Umgebungs- und

Wandtemperaturen berechnet. In Abbildung 3 wird dieser mathematische Kunstgriff schematisch dargestellt.

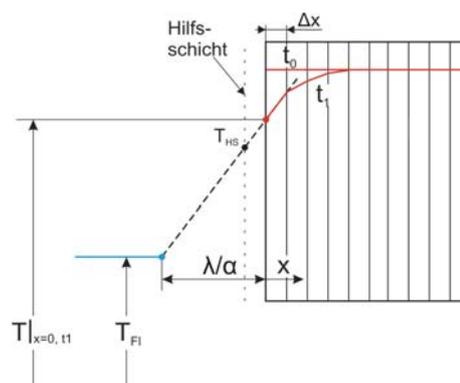


Abbildung 3: Hilfsschicht zur Aufprägung der konvektiven Randbedingung

Zum Zeitpunkt t_k kann so die Hilfsschicht-Temperatur T_{HS} aus den Größen $T(x=3, t_k)$, der Lufttemperatur T_{Fl} , dem Abstand $\lambda_{\text{Feststoff}}/\alpha$ sowie der Koordinate $-\Delta x$ interpoliert werden.

Abbildung 4 zeigt den berechneten zeitlichen Verlauf der Temperatur im PS-Preform während der Transferphase. Bedingt durch die schlechtere Wärmeabfuhr bei freier Konvektion, vollzieht sich ein Temperaturengleich im Bauteil, der bedingt, dass sich die Oberflächentemperatur der an der Luft befindlichen Bauteilseite während des Transfers erhöht. Zum Zeitpunkt der nun folgenden Einspritzphase liegt die Temperatur an der Oberfläche ca. 18°C unterhalb der Glasübergangstemperatur des Polystyrols ($T_{G, PS143E} = 88,55^\circ\text{C}$).

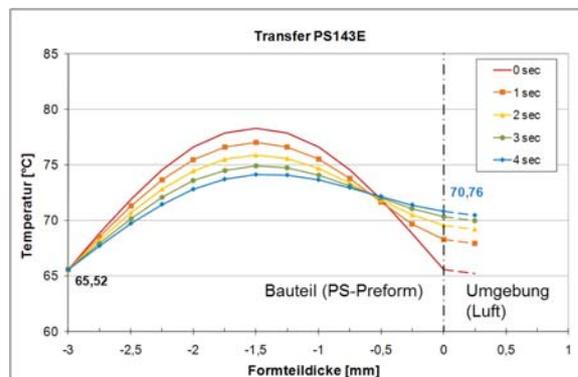


Abbildung 4: Temperaturverlauf während der Phase: Drehen des Drehtellers

Phase 3 (Einspritzen und Nachdruck TPE, Restkühlung)

Erneut wird die Temperaturverlaufsberechnung in der Hartkomponente aus Phase 2 als Startbedingung verwendet. Das Temperaturniveau in der Weichkomponente ist zunächst konstant und entspricht der Schmelzetemperatur des TPE ($T_{M,TPE}=250^{\circ}\text{C}$). In der Grenzschichtebene des jetzt vollständigen Bauteils ($x=0$) ist die Start- bzw. Grenzflächentemperatur zum Zeitpunkt $t = 0$ gleich der Kontakttemperatur, die sich aus der Temperatur des PS zum Ende der letzten Phase und der Schmelzetemperatur des TPE berechnet ($T_{\text{Grenz}}=T_K=148,42^{\circ}\text{C}$). Durch den Kontakt der TPE-Schmelze mit der Werkzeugwand ergibt sich eine Kontakttemperatur von $T_K=64,21^{\circ}\text{C}$. Abbildung 5 zeigt die berechneten Temperaturprofile über dem Gesamtquerschnitt.

Infolge des Wärmeübergangs in der Grenzfläche kommt es neben der Abkühlung der Weichkomponente, (rechts der Bauteilmitte) zu einer Temperaturerhöhung der Hartkomponente (links der Bauteilmitte). Am Ende der Bauteilabkühlung im Werkzeug beträgt die Grenzflächentemperatur für dieses Beispiel zwischen den beiden Komponenten $T_{\text{Grenz}}=111,99^{\circ}\text{C}$. Sie liegt damit etwa 23°C überhalb der Glasübergangstemperatur von PS. Das Temperaturniveau in den grenzflächennahen Bereichen ist damit ausreichend hoch, um haftungsrelevante Platzwechsel über die Grenzfläche zu ermöglichen.

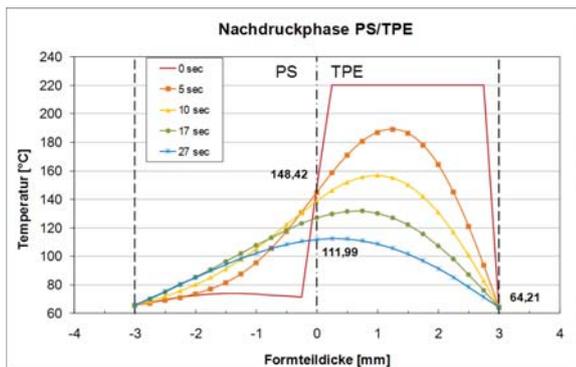


Abbildung 5: Temperaturverlauf Phase 3

Phase 4 (Abkühlen an Luft)

In der abschließenden Phase der Bauteilabkühlung wird erneut die Randbedingung der freien Konvektion angewandt. Hierbei wird beidseitig eine Hilfsschichtdicke berechnet ($\lambda_{\text{PS}}/\alpha_1 = 0,03591 \text{ m}$, $\lambda_{\text{TPE}}/\alpha_2 = 0,04074 \text{ m}$). Der verwendete Wärmeübergangskoeffizient α_1 wird

auf der PS-Seite übernommen. Durch die geringfügig niedrigere Kontakttemperatur des TPE ($64,21^{\circ}\text{C}$) ergibt sich auf dieser Bauteilseite ein Wärmeübergangskoeffizient von $\alpha_2 = 5,5224 \text{ W/m}^2\text{K}$, so dass sich der in Abbildung 6 dargestellte Verlauf der Temperatur einstellt. Die getroffenen Annahmen gelten für Bauteile, die senkrecht umströmt werden. Im vorliegenden Fall kühlen sie waagrecht an der Luft ab, so dass die wahren Wärmeübergangskoeffizienten noch geringer sind und die realen Bauteiltemperaturen entsprechend höher liegen dürften.

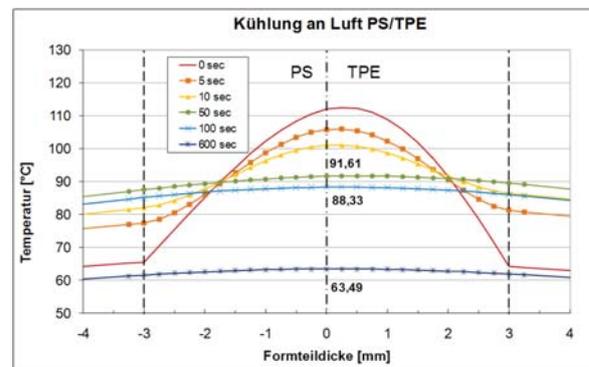


Abbildung 6: Temperaturverlauf Phase 4

Auch hier ist zunächst ein signifikanter Anstieg der Oberflächentemperaturen beider Komponenten, sowie ein Temperatenausgleich im Inneren zu erkennen. Der an den Außenflächen stattfindende Temperaturanstieg verzögert die Absenkung der Temperatur in der Kontaktschicht. Mit der Zeit flachen die Kurvenverläufe ab und das Bauteil kühlt über der gesamten Bauteildicke homogen ab.

Stellt man die zeitliche Entwicklung der berechneten Grenzflächentemperatur nach der Entformung aus dem Werkzeug dar, so ergibt sich der in Abbildung 7 dargestellte Verlauf. Hier ist der exponentielle Abfall der Grenzflächentemperatur auf den stationären Endwert der Umgebungstemperatur T_U zu erkennen. Der approximierte Verlauf basiert auf den in den FDM-Berechnungen zugrunde gelegten Material- und Prozessparametern. Demnach sind die in der Abbildung 7 gezeigten Berechnungsparameter für das gezeigte Beispiel geltende Größen, die für andere Materialkombinationen erneut zu bestimmen sind.

H4 - Modellierung der Grenzschichttemperaturentwicklung und daraus ableitbare Haftmechanismen beim Mehrkomponentenspritzgießen

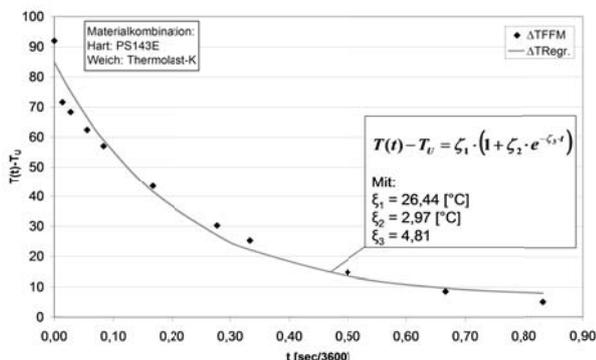


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf der Grenzflächentemperatur nach der Entformung

Wesentliches Ergebnis dieser Darstellung ist, dass sich in der Grenzschicht, hervorgerufen durch die Wärmeausgleichsvorgänge der einzelnen Prozessstufen, ein Temperaturniveau einstellt, welches über einen bestimmten Zeitraum oberhalb von $T_{G(PS)}$ liegt. Damit sind die physikalischen Voraussetzungen geschaffen, dass haftungsfördernde Diffusionsprozesse zwischen der Hart- und Weichkomponente bestehen. Experimentelle Befunde zeigen, dass spritzfrische Hart-Weichkombinationen unmittelbar nach Werkzeugentnahme voneinander abzuschälen waren, dies jedoch nach einer Liegezeit von etwa 0,5min nicht mehr der Fall war. Dieser Sachverhalt bestätigt qualitativ die hier gezeigten Annahmen.

Mit diesem Modell kann eine erste Abschätzung spritzgegossener Verbunde hinsichtlich ihrer Grenzschichttemperaturentwicklung durchgeführt werden. Parametervariationen wie die Änderung von Masse- und Werkzeugtemperatur sowie Materialvariationen können hinsichtlich ihres Wirkprinzips variiert und damit der Einfluß auf den Temperaturgrenzschichtverlauf überprüft werden. Die Basis für weitere Grundlagenuntersuchungen ist damit geschaffen.

Der vorliegende Artikel bezieht sich auf experimentelle Befunde des von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. geförderten Projekts: Entwicklung von Verfahrensvarianten für das 2-Komponenten-spritzgießen. Dafür an dieser Stelle ein herzlicher Dank.

LITERATUR

- [1] Grigull, U., Sandner, H.: „Wärmeleitung“, Springer Verlag, Berlin, 1990
- [2] Carslaw H.S., Jaeger J.C.: „Conduction of Heat“, Oxford Science Publications 2. Edition Reprint 2008
- [3] Baehr, H., Stephan, K.: „Wärme und Stoffübertragung“, Springer Verlag, Berlin, 2004
- [4] Marek, R.: „Praxis der Wärmeübertragung“, Hanser Verlag, München, 2007

AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. E. Moritzer, Dr.-Ing. R. Kleeschulte

Im Vergleich zu reinen Kunststoffen zeigen mit groben Holzfasern gefüllte Wood-Plastic-Composites (WPC) ein sehr unterschiedliches und überaus komplexes Material- und Fließverhalten. Letzteres ist für die Verarbeitung der Composite mittels unterschiedlicher Verfahren von entscheidender Bedeutung. Angeregt durch Arbeiten im KTP (AG Moritzer) zum Spritzgießen von solchen WPC-Materialien wurden am Lehrstuhl für Partikelverfahrenstechnik detaillierte Untersuchungen zur rheologischen Charakterisierungen durchgeführt, welche nachfolgend dargestellt werden. Dabei sollen auftretende Herausforderungen aufgezeigt und mögliche Lösungsansätze diskutiert werden.

EINLEITUNG

Bei Wood-Plastic-Composites handelt es sich um holzfaserverstärkte Polymerwerkstoffe, welche die Vorteile beider Materialgruppen kombinieren. Dem Anwender steht ein Werkstoff mit verbessertem Eigenschaftsprofil zur Verfügung, der sowohl zur Substitution von Holz-, wie auch von Kunststoffprodukten genutzt werden kann. Je nach Zusammensetzung kann die Festigkeit und Witterungsbeständigkeit verbessert werden. Zudem sind Anpassungen hinsichtlich Haptik und Optik möglich.

Die in diesem Artikel vorgestellten Ergebnisse beruhen auf Untersuchungen an einem hochgefüllten WPC, basierend auf einer Polypropylen(PP)-Matrix, versetzt mit Holzspänen eines sehr großen Partikelgrößenbereichs von ca. 100 µm bis hin zu einigen mm Länge. Variiert wurden dabei diverse Parameter wie Holzkonzentration, Matrixviskosität, u.a.

RHEOLOGISCHE VERSUCHSFÜHRUNG

Zur Ermittlung des rheologischen Materialverhaltens kam das Rotationsrheometers Physica MCR 501 der Fa. Anton Paar zum Einsatz, siehe *Abbildung 1*. Als Messgeometrie wurde auf eine Platte-/ Platte-Anordnung mit strukturierter Oberfläche (Pyramidenstruktur: Kantenlänge 1mm, Höhe 0,5mm) zurückgegriffen. Daneben wurden einige Messungen mit glatten Platten durchgeführt um Hinweise auf eine mögliche Neigung zum Wandgleiten zu erhalten. Es wurden sowohl Rotations- als auch Oszillationsmessungen durchgeführt. Um die Reproduzierbarkeit der experimentellen Ergebnisse

zu gewährleisten, wurden Wiederholungsmessungen durchgeführt. Alle gezeigten Messungen wurden bei einer Temperatur von 190°C durchgeführt.

Die rheologische Charakterisierung der WPC-Proben mit den hier verwendeten Rheometern ist durchweg als kritisch einzustufen und führt schon allein auf Grund der Beschaffenheit des Materials zu Schwierigkeiten, jedoch fehlt es an geeigneten Alternativen.



Abb. 1: Rotationsrheometer MCR501 der Fa. Anton Paar, mit Konvektionsofen.

Die großen Holzspäne erfordern auf dem Platte-Platte Rheometer einen großen Spalt, was zur Folge hat, dass es aufgrund der hohen Drehzahl schon bei geringen Scherraten ab ca. 0,1s⁻¹ zu einer schleichenden Spaltentleerung kommt. Daten bei größeren Scherraten sind demnach nicht mehr aussagekräftig.

Weiterhin problematisch sind die langen Holzspäne, die das Trimmen der Probe auf dem Platte-/ Platte-Rheometer erschweren. Bei einem konventionellen Hochdruckkapillarrheometer (HKR) hingegen, kann es aufgrund der Kapillarabmessungen (max. ca. 2mm) zu einer Verstopfung der Kapillare und Entmischung der Holzspäne kommen.

ERGEBNISSE

Die Fließkurven unterschiedlicher WPCs mit Holzgehalten von 30, 45 und 60wt.% zeigt *Abbildung 2*. Für die Untersuchungen wurde das Material zunächst im Spritzguss zu Platten (h=3mm; h=4mm) verarbeitet und anschließend zwischen unterer und oberer

H5 - Rheologische Charakterisierung von Wood-Plastic-Composites (WPC)

Messplatte des Rheometers aufgeschmolzen. Dargestellt sind Mittelwerte aus jeweils 5 Wiederholungsmessungen; die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. Entsprechend der gängigen Erwartungen steigt die Schubspannung, (dementsprechend auch die Viskosität) der Composite bei gleicher Scherrate mit zunehmendem Holzgehalt an. Auffallend ist der große Unterschied zwischen den WPC-Proben mit 45wt.% Holz und jenen mit 60wt.%.

Vergleichend sind auch die Ergebnisse von Messungen am Hochdruckkapillarrheometers, die am Lehrstuhl für Kunststofftechnologie von Prof. Moritzer durchgeführt wurden, eingezeichnet.

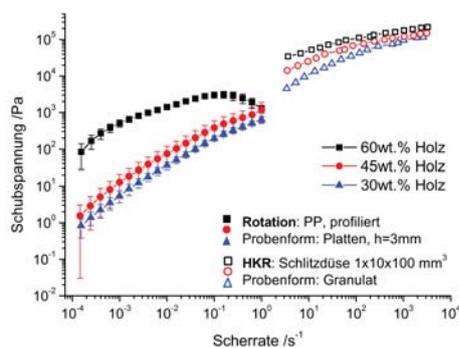


Abb.2: Fließkurven WPC: Einfluss der Holzspänekonzentration.

Leider ist es nicht möglich, eine Überlappung der Scherratenbereiche bei rotatorischen und kapillarrheometrischen Messungen zu erzielen. Da aufgrund der groben Partikelabmessungen mit hohen Spalthöhen ($h=3\text{mm}$) gearbeitet werden muss, kommt es bereits zwischen $0,1\text{s}^{-1}$ und 1s^{-1} zu einer Spaltzerstörung und -entleerung. Dies ist an den Fließkurven durch Abknicken der Schubspannung erkennbar. Unter Berücksichtigung dieses Phänomens scheinen beide Kurven (HKR und PP) des 60wt.%-WPCs gut zueinander zu passen. Im Gegensatz dazu liegen die am Rotationsrheometer ermittelten Schubspannungsverläufe der weniger hoch gefüllten Composite unterhalb jener vom Hochdruckkapillarrheometer, d.h. bei einer Extrapolation gehen die Kurven nicht ineinander über.

Vermutet wurde in diesem Zusammenhang ein Einfluss durch die Vorbehandlung der Proben. *Abbildung 3* zeigt die Ergebnisse rotatorischer Messungen bei denen als Proben gespritzte Platten mit einer Höhe von 3mm, sowie Granulat (Spalthöhe 3mm) verwendet wurden.

Deutlich zu erkennen ist der geringere Schubspannungsverlauf bei den Plattenproben. Die Ursache dazu ist in einer Beeinflussung durch den Spritzgießprozess zu suchen. Durch die Formfüllung kommt es mutmaßlich zu einer Orientierung und zum Teil Zerkleinerung der Holzspäne. Die dadurch entstehende anisotrope Struktur führt zu einem geringeren Fließwiderstand innerhalb der Probenplatte und benötigt zum Erreichen der vorgegebenen Scherrate eine kleinere Schubspannung.

Eine signifikante Änderung des Fließverhaltens durch Variation des MFI ($\text{MFI}=50$ und $\text{MFI}>100$) des Matrixpolymers konnte auf dem Platte-Platte Rheometer nicht festgestellt werden.

Bei Tests mit konstanter Scherrate konnte keine zeitliche Änderung der rheologischen Eigenschaften nachgewiesen werden, die Rückschlüsse auf eine Orientierung der Späne zulassen würde. Der optische Vergleich von Vorher- und Nachher-Probekörpern lieferte ebenfalls keine verwertbaren Hinweise. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass die vorgegebene Scherrate sehr klein gewählt werden musste. Ein möglicher Einfluss durch Orientierung bei großen Scherraten ist somit nicht auszuschließen. Weiterhin hat vermutlich schon im Vorfeld eine Ausrichtung vor allem großer Späne durch die Herstellung der Probeplatten stattgefunden.

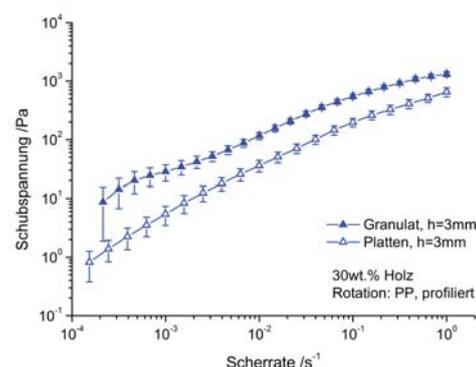


Abb. 3: Fließkurven WPC: Einfluss der Probenvorbehandlung.

Bei vielen hochkonzentrierten Systemen kommt es aufgrund von scheinbarem Wandgleiten, das durch eine an Partikeln verarmte Grenzschicht ausgelöst wird, zu verfälschten rheologischen Ergebnissen. Li und Wolcott [1] schreiben dem WPC ein stark wandgleitendes Verhalten zu. Um dieses Wandgleiten zu unterdrücken oder wenigstens zu reduzieren, wurde

bei den vorliegenden Untersuchungen auf Platten mit strukturierter Oberfläche zurückgegriffen. Vergleichende Messungen mit einer glatten Platte, siehe *Abbildung 4*, zeigen jedoch keine eindeutige Tendenz hinsichtlich des Gleitens. Es liegt im Bereich des Möglichen, dass entweder kein Wandgleiten auftritt, oder aber, dass dieses durch die Verwendung der strukturierten Platten nicht merklich reduziert werden kann.

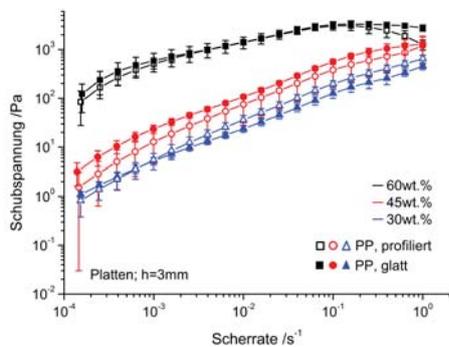


Abb. 4: Fließkurven WPC: Einfluss der Plattenoberfläche.

Bei den Oszillationsuntersuchungen wurde das Augenmerk zunächst auf die moderat gefüllten WPCs gelegt (30wt.% und 45wt.%). Verwendet wurde in jedem Fall granulartförmiges Probenmaterial, das zwischen den Platten des Rheometers aufgeschmolzen wurde.

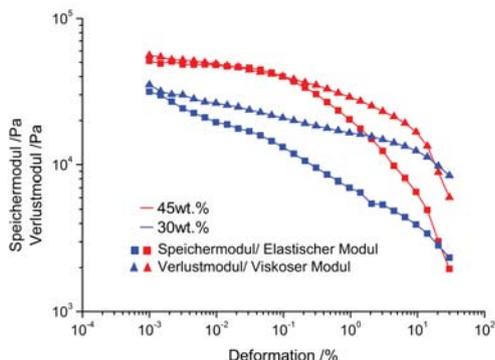


Abb. 5: Verlauf Speicher- und Verlustmodul aus Amplitudensweep.

Den Ergebnissen des Amplitudensweeps, *Abbildung 5*, ist zu entnehmen, dass die elastischen Anteile mit zunehmendem Füllstoffgehalt steigen. Zudem ist erkennbar, dass sich vor allem beim 30wt.% WPC kein linear-viskoelastischer Bereich ausbildet. In Anbetracht dieser

Tatsache, sind die bei einer Deformation von 0,01% durchgeführten Frequenzsweeps als kritisch einzustufen, sollen aber zur qualitativen Vergleichbarkeit gezeigt werden.

Generell verhalten sich beide Proben mit steigender Deformation zunehmend plastischer. Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Autoren zeigt, dass mit sehr feinem Holzmehl gefüllte WPCs oft vergleichbare Eigenschaften aufweisen, wie die in dieser Arbeit untersuchten WPCs mit groben Spänen (vgl. z.B. [2]).

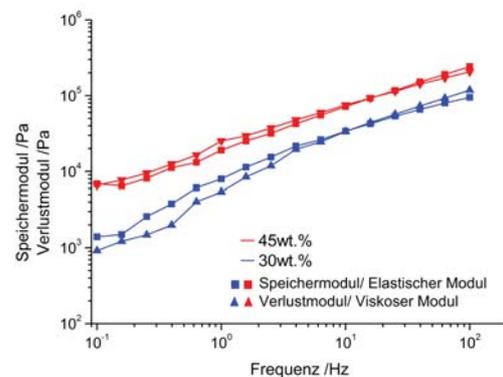


Abb. 6: Verlauf Speicher- und Verlustmodul aus Frequenzsweep.

Wie in *Abbildung 6* deutlich erkennbar ist, reagieren bei Variation der Frequenz beide untersuchten Materialien ähnlich. Der elastische und der plastische Anteil verlaufen jeweils nahezu identisch. Tendenziell zeigt sich bei kleineren Frequenzen (Kurzzeitverhalten) ein eher elastischer Charakter des Compositmaterials. Ein Vergleich der komplexen Viskosität mit der Scherviskosität aus den Rotationsversuchen zeigt, dass die Cox-Merz-Regel nicht anwendbar ist; beide Viskositätsverläufe also nicht deckungsgleich sind. Dies entspricht der gängigen Erwartung. [3]

FAZIT

Die bei dieser Arbeit gewonnene experimentelle Erfahrung, sowie die dargelegten Ergebnisse führen zu dem Schluss, dass quantitative und reproduzierbare Aussagen zum rheologischen Verhalten dieser WPCs nur sehr eingeschränkt möglich sind. Das ist vor allem auf die Inhomogenität der Proben und die damit verbundene problematische Probenvorbereitung im Platte-/Platte-Rheometer zurückzuführen.

Die Messreihen streuen stark um den jeweiligen

H5 - Rheologische Charakterisierung von Wood-Plastic-Composites (WPC)

Mittelwert. Auch Messungen mit einem HKR sind als problematisch einzustufen, da es je nach Schlitzabmessungen zu einer Orientierung, oder gar Entmischung, des Probematerials und auch zur Verstopfung der Düse kommen kann.

Oszillatorische Untersuchungen sind für die rheologische Charakterisierung solcher Materialien besser geeignet, da bei den Rotationstests nur ein sehr enger Scherratenbereich reproduzierbare Ergebnisse liefert.

Die Untersuchungen an den PP-Composites haben die allgemeinen Erkenntnisse anderer Autoren im Kern untermauert, obwohl deren Arbeiten andere WPC-Varianten beschreiben. So ist ein Anstieg der Viskosität bei steigendem Füllstoffgehalt eindeutig.

Allgemein sind die Verfahren zur rheologischen Charakterisierung solch grober und hochgefüllter Systeme zu überdenken. Ein möglicher Lösungsansatz wäre es, auf größere Geometrien auszuweichen. Dazu könnte beispielsweise ein Kapillarrheometer mit sehr großem Durchmesser oder aber eine Schlitzdüse mit entsprechend größerer Höhe, aber ausreichend kleinem Höhen-Breitenverhältnis Verwendung finden. Kommerziell sind solche Rheometer derzeit nicht verfügbar.

Ein weiterer Ansatz ist die Simulation des Strömungsverhaltens, bei der das Gesamtsystem nicht als Kontinuum betrachtet, sondern die Holzspäne als Einzelpartikel simuliert werden. Damit könnte ein Werkzeug geschaffen werden, mit dem eine Übertragung auf praktische Anwendungen denkbar ist. Erst so wird es möglich, ganze Fertigungsprozesse, z.B. die Formfüllung im Spritzguss, praxisgerecht zu simulieren und die Werkzeuggeometrie materialspezifisch auszulegen.

LITERATUR:

[1] Li, T.Q.; Wolcott, M.P.: Rheology of HDPE-wood composites. I. Steady state shear and extensional flow, Composites:Part A 35 (2004)

[2] Aranguren, M.I.; Kenny, J.; Marcovich, M.E.; Reboledo, M.M.: Rheology of particle suspensions in viscoelastic media. Woodflour-Polypropylene melt, Rheol Acta (2004) 43: 293-303, Springer Verlag, 2004

[3] Hristov, V.; Takács, E.; Vlachopoulos: Viscoelastic behaviour of highly filled HDPE/Wood Flour Composites, Antec 2005, Conference Proceedings, pp.1331-1335, 2005

AUTOREN

Dipl.-Ing. Nadine Kirchhoff; Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid

Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Einschneckenplastifizierung sind geprägt durch ständige Bemühungen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Prozesses bei gleichzeitiger Gewährleistung einer hohen Schmelzequalität [1]. Dies bedeutet in der Regel eine Steigerung des Durchsatzes bei gleicher Anlagengröße.

Am einfachsten kann die gewünschte Durchsatzsteigerung einer Anlage durch eine Erhöhung der Schneckendrehzahl erreicht werden. Die Verschiebung des Energieeintrages von Drehmoment zu Drehzahl ermöglicht darüber hinaus auch den Einsatz direkt angetriebener Schnecken, so dass Getriebeverluste vermieden werden können. Überdies wird der spezifische Energieumsatz des Extruders durch die verkleinerte durchsatzbezogene Wärmeverlustfläche verringert. Ein weiterer Zusatznutzen ist die reduzierte Baugröße solcher Maschinen. Ein bedeutender verfahrenstechnischer Vorteil ergibt sich aus dem kleineren Kanalvolumen. Die mittlere Verweilzeit des Materials im Schneckenkanal ergibt sich bei konstantem Durchsatz aus dem Quotient der Schmelzemasse im Kanal zu Durchsatz. [2]

Bei einer konventionellen Drei-Zonen-Schnecke mit einer Länge von 30D folgt so bei einem konstanten Durchsatz von 100kg/h die in Abbildung 1 dargestellte Abhängigkeit der mittleren Verweilzeit vom Schneckendurchmesser.

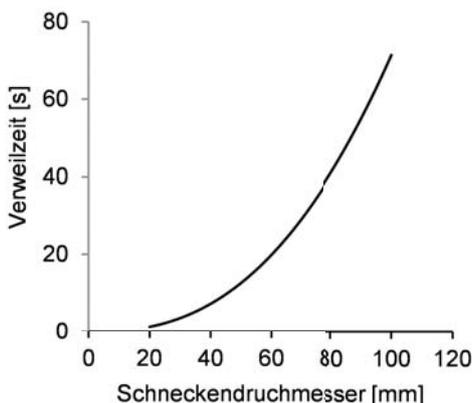


Abbildung 1: Mittlere Verweilzeit abhängig vom Schneckendurchmesser bei konstantem Durchsatz

Die reduzierte Verweilzeit des Materials in schnelllaufenden Maschinen mit relativ kleinen Schneckendurchmessern

ermöglicht schnelle Material- bzw. Betriebspunktwechsel und eine Reduktion des thermisch induzierten Materialabbaus [3]. Dies ist aufgrund der hohen Temperaturen von besonderer Bedeutung bei der Extrusionsbeschichtung [4].

Der Ansatz einer schnelllaufenden Schnecke (allgemein $v_0 > 1 \text{ m/s}$) ist jedoch verfahrenstechnischen Einschränkungen unterworfen. Ein schlechtes Einrieselverhalten des Materials, ein unregelmäßiger Materialeinzug mit pulsierendem Ausstoß und zu hohe Schmelztemperaturen sind nur einige Aspekte, die hierbei berücksichtigt werden müssen. Insbesondere das Aufschmelzverhalten spielt aufgrund der extrem kurzen Verweilzeiten eine große Rolle.

EINZUGSVERHALTEN UND FESTSTOFFFÖRDERUNG

Zur Verbesserung des Einzugsverhaltens bietet sich die Nutzung von Simulationsprogrammen (DEM) an, da diese eine genaue Untersuchung des Strömungsverhaltens des Granulats in einer Vielzahl von Geometrievarianten des Einzugs erlauben. Auch der Einzugsbereich des Laborextruders wurde mit dieser Methodik gestaltet.

Um diese Ergebnisse experimentell zu verifizieren, wurde für eine isolierte Betrachtung der Einzugszone, ohne eine nachfolgende Plastifizierung, der Zylinder des Laborextruders entfernt. Abbildung 2 zeigt die gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Realität. Gleichzeitig wird deutlich das bei 2100 min^{-1} mit einem Polyolefin ein stabiler Durchsatz von ca. 400 kg/h erreicht wird. Da dieser Wert über

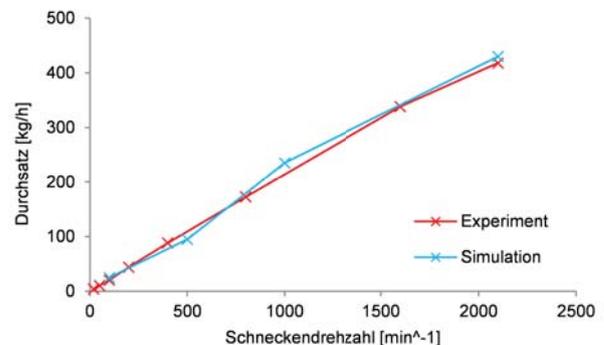


Abbildung 2: Vergleich Durchsatz Einzugszone in Experiment und Simulation

H6 - Einsatz von schnelllaufenden Einschneckenextrudern in der Beschichtungstechnik

der Plastifizierleistung der Schnecke liegt, ist der Massedurchsatz des Gesamtsystems nicht durch den Einzugsbereich beschränkt.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Die experimentellen Untersuchungen erfolgen mit drei unterschiedlichen, niederviskosen PE Typen auf einem Laborextruder mit einem Schneckendurchmesser D von 30mm und einer Schneckenlänge von $30D$ mit glatter Einzugszone. Die maximale Schneckendrehzahl beträgt 2100min^{-1} . Die für die Untersuchungen verwendete Universalschnecke ist in Abbildung 3 dargestellt.

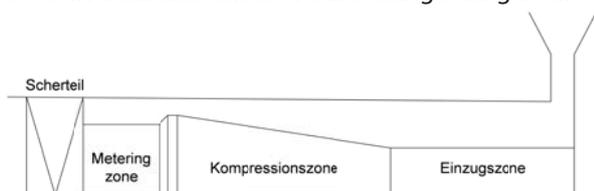


Abbildung 3: Verwendete Universalschnecke

Im Folgenden werden exemplarisch nur die Ergebnisse für ein Material dargestellt. Die Massedurchsätze (Abbildung 4) steigen bei einer Drehzahl von 2100min^{-1} auf bis zu 279kg/h (Gegendruck ca. 60bar) an. Zu beachten ist, dass bei allen Materialien ab 400min^{-1} der Schmelzestrom an der Düse aufgrund von Gasbläschen keine optimale Qualität aufweist. Mutmaßlich handelt es sich hierbei um Luft, welche in dem Feststoffbett mitgeschleppt wird [5].

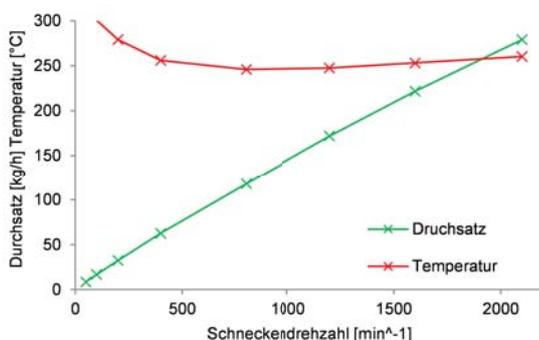


Abbildung 4: Massedurchsätze und Schmelztemperatur

Die Druckverläufe über die Schneckenlänge weisen über dem gesamten Drehzahlspektrum ein ausgeprägtes Druckmaximum am Ende der Meteringzone auf.

Die Nachrechnung des Prozesses mit der Schnecken- auslegungssoftware REX zeigt, dass ab einer Drehzahl von 400min^{-1} das Ende des Aufschmelzens, vom Trichter aus betrachtet, hinter dem Druckmaximum liegt (Abbildung 5).

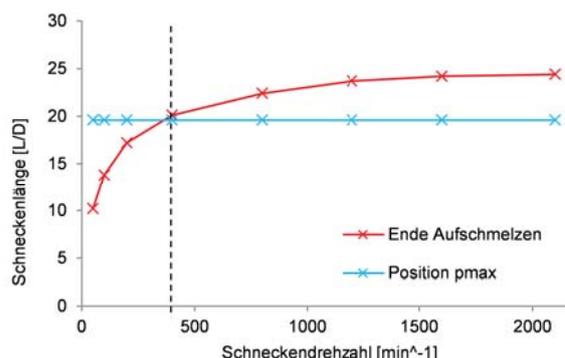


Abbildung 5: Lage Druckpeak zu Ende Aufschmelzen

Das bedeutet, dass im Feststoffbett vorhandene Luft nicht mehr durch das Feststoffbett in Richtung Trichter zurückgedrückt werden kann.

Bei der Extrusionsbeschichtung mit Polyethylen beeinflusst die Schmelztemperatur am Werkzeugaustritt die Adhäsion des Kunststofffilms auf der Trägerbahn. Dabei steigt die Adhäsionsfestigkeit mit der Temperatur. Deshalb sind hier zumeist hohe Schmelztemperaturen von über 300°C gewünscht [4].

Die geforderten Temperaturen können mit der verwendeten Schnecke nur bei kleinen Drehzahlen erreicht werden (Abbildung 4).

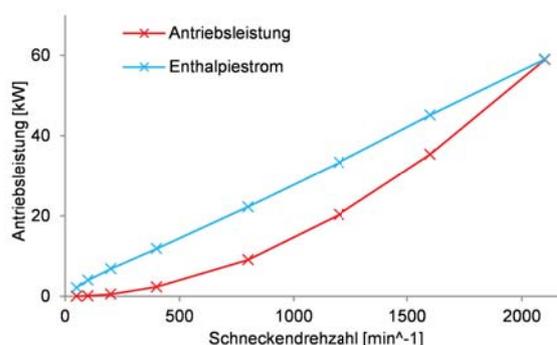


Abbildung 6: Leistungen

Die Schmelztemperatur fällt zunächst mit steigender Drehzahl, da der dissipative Wärmeeintrag in die niederviskose Schmelze die Reduktion des

konduktiven Wärmeeintrags nicht ausgleichen kann. Mit zunehmender Drehzahl steigt der dissipative Energieeintrag (Antriebsleistung) an (Abbildung 6), so dass die Reduktion des konduktiven Eintrags teilweise kompensiert wird.

FAZIT

Bei der Beurteilung der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die verwendete Universalschnecke nicht für die spezifischen Anforderungen in der Beschichtungstechnik optimiert ist. Insbesondere ist die Geometrie in Hinblick auf einen moderaten Energieeintrag mit dem Ziel einer begrenzten Schmelztemperatur ausgelegt. Vor diesem Hintergrund und aus den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen lassen sich folgende Richtlinien für eine anwendungsspezifisch optimierte Schneckengeometrie ableiten:

- Der dissipative Energieeintrag in die niederviskose Schmelze muss durch eine Anpassung der Kanalgeometrie intensiviert werden.
- Zur Vermeidung von Gasbläschen muss ein frühes Aufschmelzen gewährleistet werden, sodass das Druckmaximum erst nach dem vollständigen Aufschmelzen des Feststoffes durchschritten wird.

Erste Simulationen zeigen, dass die genannten Ansätze geeignet sind die geforderten Parameter zu erzielen.

LITERATUR

- [1] Wortberg, J.; Michels, R.: „Innovative Entwicklungen in der Einschneckenextrusion“, Der Einschneckenextruder von Morgen, VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik, 2006
- [2] Tadmor, Z.; Gogos, C.G.: „Principles of Polymer Processing“, John Wiley & Sons, New Jersey 2006
- [3] Wortberg, J.: „Effizienzsteigerung durch innovative Maschinenteknik“ Kunststoffe 1/1999, Carl Hanser Verlag, München
- [4] Hensen, F.; Knappe, W.; Potente, H.: „Handbuch der Kunststoffextrusionstechnik“, Carl Hanser Verlag, München 1986
- [5] Rauwendaal, C.: „Polymer Extrusion“, Carl Hanser Verlag, München 2001

[6] Potente, H.; White, J. L.: „Screw Extrusion“, Carl Hanser Verlag, München 2001

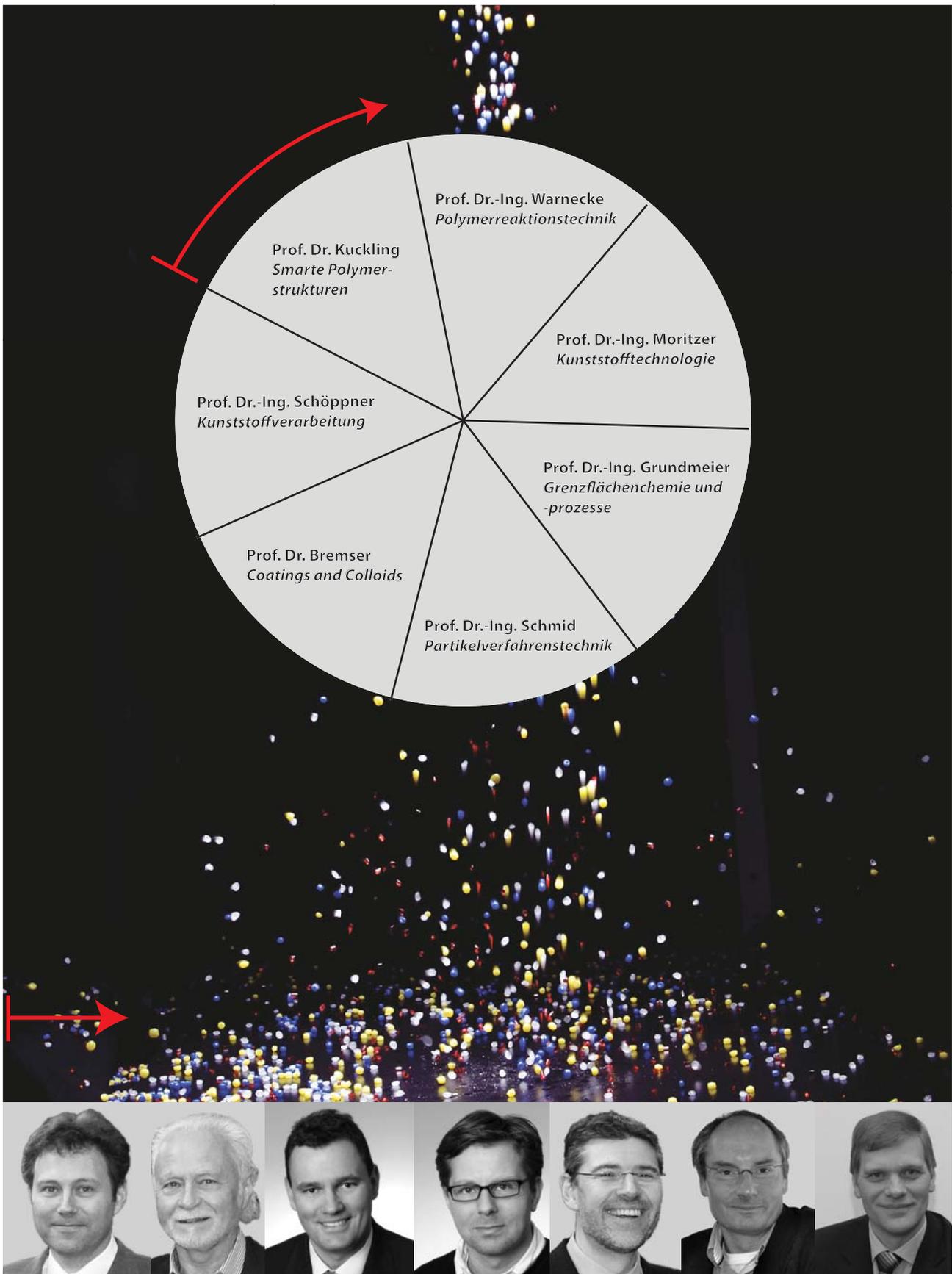
AUTOREN

Dipl. Ing. Heinrich Hörmann, Prof. Dr.-Ing Volker Schöppner

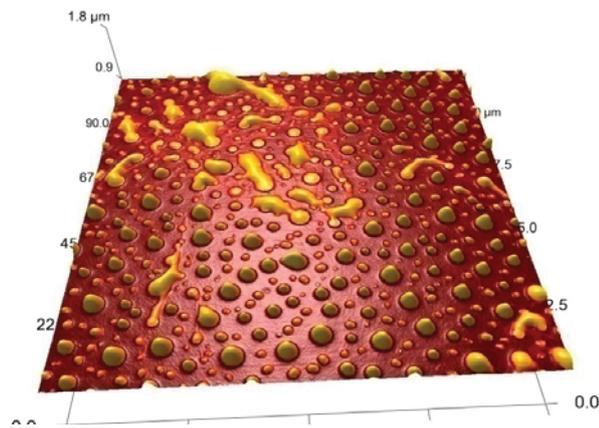
DANKSAGUNG

Die experimentellen Ergebnisse wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes mit der Firma DOW Europe GmbH ermittelt. Wir danken der Firma ESDE Maschinenteknik für die Kooperation bei der Entwicklung des Laborextruders.

DIE LEHRSTÜHLE DES INSTITUTS STELLEN SICH VOR



Das Fach „Coating Materials & Polymers“ (CMP) unter der Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Bremser betreibt eine angewandte Material- und Prozesswissenschaft, die Überlappungen mit Bereichen der klassischen Chemie und Synergie-Potential mit dem in Paderborn etablierten Maschinenbau aufweist. Dies trifft vor allem für die Partikelherstellung und -funktionalisierung, der Klebe- und Fügetechnologie sowie für die Entwicklung neuer Hochleistungspolymere zu. Als Leitthema kann damit „Polymere Materialien und Prozesse“ (PMP) formuliert werden. Beispiele für bereits ausgeführte Projekte sind die Entwicklung einer Easy-to-Clean-Beschichtung von Beton und Automobilfelgen, der Austausch von umweltschädlichen Lösemitteln gegen unbedenkliche in Drahtlacken, die korngrenzenzelektive Abscheidung von korrosionshemmenden Polymeren auf verzinkten Stahlsubstraten sowie die Entwicklung eines Gleitlacks, welcher triboreduktive Funktionalitäten als nicht-lösliche und nicht-abrasive Einheiten enthält (Abb.1). Der industrielle Prozess „Lack“, d.h. Herstellung, Verarbeitung, Anlagentechnik und insbesondere die Rohstoffentwicklung und -funktionalisierung wird in seinen wechselseitigen Abhängigkeiten gesehen.



AFM-Bild einer gleitlackbeschichteten Oberfläche



Arbeitskreis von Prof. Dr. Wolfgang Bremser

Prof. Dr. Wolfgang Bremser leitet seit Oktober 2003 das Fachgebiet Chemie und Technologie der Beschichtungsstoffe (Colloids and Coatings) an der Universität Paderborn. Er studierte von 1982 bis 1988 Chemie an der Johannes Gutenberg -Universität Mainz. Die Diplomarbeit fertigte er in Physikalischer Chemie der Universität Mainz unter Anleitung von Prof. Dr. H. Sillescu zum Thema „Untersuchungen zum Quellungsverhalten von Mikronetzwerken“ an. In der darauf folgenden Dissertation befaßte er sich dort mit der „Synthese von Mikronetzwerken durch Mikroemulsionspolymerisation - Charakterisierung und Dynamik in der Schmelze“. Die Dissertation wurde im Juni 1991 abgeschlossen. Anschließend trat er in die BASF Coatings in Münster ein. Von 1991 bis 1997 beschäftigte er sich ebenda mit der Entwicklung von Elektrotacklacken. Ab 1997 leitete er das Projekt „Lösemittelfreie Lacke für alle Anwendungsgebiete“.

KONTAKT

Universität Paderborn
Fakultät für Naturwissenschaften
Chemie und Technologie der Beschichtungsstoffe
Warburger Str. 100
Raum NW 2.872
D-33098 Paderborn
Tel.: +49 5251 60 5706
Email: wolfgang.bremser@tc.upb.de
<http://chemie.upb.de/bremser>

LEHRSTUHL PROF. DR. WOLFGANG BREMSER

Coatings and Colloids

PUBLIKATIONEN

- [1] Nora Pollmann; Posterpresentation; 8. Coatings Science international in Noordwijk "Dynamic Mechanical Analysis and Atomic Force Microscopy of Inorganic-Organic-Hybridpolymers"
- [2] Kristina Kohlgrüber; Posterpresentation; 8. Coatings Science international in Noordwijk "Surface modification of zinc particles – Application in a corrosion protection primer"
- [3] Katharina Kleine, Wolfgang Bremser, Stephan R. Blum, Arne Rüdiger ICOM**2011**, International Congress on Membranes and Membrane Processes, 23.-29.07.**2011**, Amsterdam, Niederlande, Posterpräsentation „Tailoring PBI Membrane Materials with Allyl-Chemistry“,
- [4] Katharina Kleine, NYM13, Network of Young MemBrains, 21.-23.07.**2011**, Amsterdam, Niederlande, Vortrag
- [5] Katharina Kleine, Wolfgang Bremser ASPM2010, Austrian-Slovenian Polymer Meeting 2010, 08.-10.09.2010, Leoben, Österreich, Posterpräsentation „Novel Cross-linking of PBI“
- [6] Jörg Ressel, Daniel Briesenick, Wolfgang Bremser; poster presentation CoSi **2011** (Noordweijk Netherlands); Posterpresentation "Ultra Low Friction Coatings via Polyamidimid-Polydimethylsiloxane-Block-Copolymers"

FORSCHUNGSPROJEKTE

ZIM-Projekte:

- (1) Entwicklung eines Verfahrens zur Reinigung von Rußpartikelfiltern und Katalysatoren im eingebauten Zustand bei Fahrzeugen, Schiffen und stationären Verbrennungsmotoren
- (2) Hoch beanspruchbare, hochchemikalienbeständige Easy-to-clean- und Schutzbeschichtung für Kunststoffe
- (3) Lignin als nachwachsender Rohstoff - Entwicklung von innovativen Klebsystemen und Beschichtungen mit Hilfe der elektrochemischen Fraktionierung und Modifizierung von Ligninen
- (4) Entwicklung einer Energiesparfarbe auf der Basis von Alumosilikaten und Glasflakes

EU-Projekt:

- (1) Self Repair in Coil Coatings

PATENTANMELDUNGEN

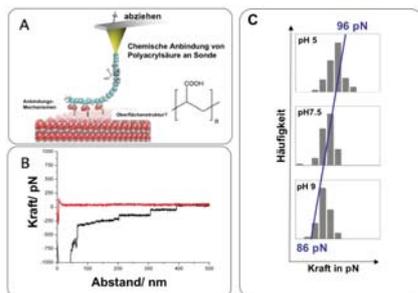
- (1) PCT/EP2011/063796 „Elektroisolierlacke aus modifizierten Polymeren und daraus hergestellte elektrische Leiter mit verbesserter Gleitfähigkeit“

- (2) PCT-Nummer (wurde noch nicht erhalten) aufgrund DE 10 2010 039 169.7 „Selbststrukturierende Oberflächen durch PDMS-Phasentrennungen in harten Polymerbeschichtungen“ Poth, 2010.

KOOPERATIONEN

- (1) Chemetall
(2) Schwering & Hasse
(3) Whitefox
(4) MIG
(5) Mankiewicz

Der Relevanz grenzflächenchemischer Prozesse in der Synthese und für die Funktionalität komplexer Werkstoffe wird durch neue Ansätze in den Bereichen der in-situ Grenzflächenanalytik, Grenzflächensimulation sowie der Messung und quantenmechanischen Berechnung von molekularen Kräften Rechnung getragen. Die interdisziplinären Arbeiten verknüpfen physikalisch-chemische Ansätze im Bereich der Analyse mit neuen Methoden zur Synthese von funktionalen Polymeren, dünnen Schichten sowie Kompositmaterialien. Molekular definierte Modellsysteme werden mittels optischer in-situ Spektroskopie (Grenzflächen FTIR-Spektroskopie, Abbildende Ellipsometrie), Methoden der Raster-Kraftmikroskopie (Messung von Kraft-Abstands-Kurven, lokalen Potentialen sowie lokaler Leitfähigkeit) sowie der Elektrochemie (Ortsaufgelöste Potential- und Stromdichte-Potential-Messungen) hinsichtlich der Korrelation von Strukturen, ihren funktionellen Eigenschaften sowie ihrer Langzeitstabilität untersucht. Dies umfasst auch den Korrosionsschutz von Metallen und Legierungen in mikro- und nanoskopischen Dimensionen. Begleitet werden ausgewählte experimentelle Arbeiten durch Untersuchungen basierend auf DFT-Rechnungen am *Paderborner Center for Parallel Computing PC²*. Beispiele für solche Forschungsarbeiten sind die Messung der Adhäsion einzelner Moleküle auf Oxidoberflächen sowie die optische Spektroskopie von Wasser an Polymer/Metall-Grenzflächen. Mit der Etablierung des Ultrahochvakuum-Analytik-System *PIA-SIS (Paderborn Integrated Analysis – System for Interface Science)* im Jahr 2011 wurde zudem eine experimentelle Basis für die Erforschung von physikalischen sowie chemischen Prozessen an Grenzflächen von mikro- und nanostrukturierten Funktionswerkstoffen geschaffen. Darüber hinaus werden funktionelle Metall/Polymer und Oxid/Polymer Nanokompositschichten synthetisiert.



„Molekulares Fliegenfischen“ - Haftungs-messungen mit Einzelmolekülen auf Oxid- und Metalloberflächen



Foto: Arbeitskreis von Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier

Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier ist seit 12/2006 Professor für Technische und Makromolekulare Chemie (TMC) an der Universität Paderborn. Er studierte von 1988 und 1993 Chemie an der Universität Dortmund und promovierte 1997 an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen. Nach einem Post-Doc Aufenthalt bei den Bell-Laboratorien (Murray Hill, New Jersey, USA) leitete er von 01/1999-06/2001 die Abteilung für Grenzflächenchemie und Elektrochemie als Teil der zentralen Forschung der ThyssenKruppStahl AG. Er wechselte an das MPI für Eisenforschung/Düsseldorf und leitete dort von 07/2001-11/2006 die Arbeitsgruppe für *Adhäsion und Dünne Schichten*. Von 04/2003-03/2010 leitete er dort das Christian-Doppler-Labor für Polymer/Metall-Grenzflächen. Im Juli 2006 schloss er die Habilitation an der Ruhr-Universität Bochum ab. Von 04/2008-12/2009 leitete Prof. Grundmeier die Abteilung für Oberflächentechnik und Materialschutz an der Bundesanstalt für Materialschutz (BAM). Von 06/2009-09/2011 war er Vorstandsvorsitzender des Instituts PMP.

KONTAKT

Universität Paderborn
Fakultät für Naturwissenschaften
Technische und Makromolekulare Chemie
Warburger Str. 100
Raum NW2.881
D-33098 Paderborn
Tel.: +49 5251 60 5700
Email: g.grundmeier@tc.upb.de
<http://chemie.upb.de/grundmeier>

REFERIERTE PUBLIKATIONEN 2011

- [1] A. Pomorska, K. Yliniemi, B. P. Wilson, D. Shchukin, D. Johannsmann, G. Grundmeier, *QCM study of the adsorption of polyelectrolyte covered mesoporous TiO₂ nanocontainers on SAM modified Au surfaces*, Journal of Colloid and Interface Science (2011), 362, 1, 180-187.
- [2] O. Ozcan, K. Pohl, P. Keil, G. Grundmeier, *Effect of hydrogen and oxygen plasma treatments on the electrical and electrochemical properties of zinc oxide nanorod films on zinc substrates*, Electrochemistry Communications (2011), 13, 8, 837-839.
- [3] M. Giza, G. Grundmeier, *Combination of FTIR Reflection Absorption Spectroscopy and Work Function Measurements for In Situ Studies of Plasma Modified Passive Films on MgZn(2)*, Plasma Processes and Polymers (2011), 8, 7, 607-616.
- [4] R. Posner, P.E. Sundell, T. Bergman, P. Roose, M. Heylen, G. Grundmeier, P. Keil, *UV-Curable Polyester Acrylate Coatings: Barrier Properties and Ion Transport Kinetics Along Polymer/Metal Interfaces*, Journal of the Electrochemical Society (2011), 158, 6, C185-C193.
- [5] M. Taryba, S.V. Lamaka, D. Snihirova, M.G.S. Ferreira, M.F. Montemor, W.K. Wijting, S. Toews, G. Grundmeier, *The combined use of scanning vibrating electrode technique and micro-potentiometry to assess the self-repair processes in defects on „smart“ coatings applied to galvanized steel*, Electrochimica Acta (2011), 56, 12, 4475-4488.
- [6] C. Kunze, M. Valtiner, R. Michels, K. Huber and G. Grundmeier, *Self-localization of polyacrylic acid molecules on polar ZnO(0001)-Zn surfaces*, Physical chemistry chemical physics: PCCP (2011), 13, 28, 12959-67.
- [7] M. Maxisch, P. Thissen, M. Giza and G. Grundmeier, *Interface Chemistry and Molecular Interactions of Phosphonic Acid Self-Assembled Monolayers on Oxyhydroxide-Covered Aluminum in Humid Environments*, Langmuir (2011), 27, 10, 6042-6048.
- [8] J. Lackmann, T. Niendorf, M. Maxisch, G. Grundmeier, H.J. Maier, *High-resolution in-situ characterization of the surface evolution of a polycrystalline NiTi SMA-alloy under pseudoelastic deformation*, Materials Characterisation (2011), 62, 3, 298-303.
- [9] M.P. Desimone, G. Grundmeier, G. Gordillo, S.N. Simison, *Amphiphilic amido-amine as an effective corrosion inhibitor for mild steel exposed to CO₂ saturated solution: Polarization, EIS and PM-IRRAS studies*, Electrochimica Acta (2011), 56, 8, 2990-2998.
- [10] H. Itani, M. Santa, P. Keil, G. Grundmeier, *Backside SERS studies of inhibitor transport through polyelectrolyte films on Ag-substrates*, Journal of Colloid and Interface Science (2011), 357, 2, 480-486.
- [11] A. Britze, V. Mollmann, G. Grundmeier, H. Luftmann, D. Kuckling, *Synthesis of Blockcopolymers P3HT-b-PS Using a Combination of Grignard-Metathesis and Nitroxide-Mediated Radical Polymerization*, Macromolecular Chemistry and Physics (2011), 212, 7, 679-690.
- [12] M. Santa, R. Posner, G. Grundmeier, *Wet- and Corrosive De-Adhesion*

Processes of Water-Borne Epoxy Film Coated Steel, Journal of Electrochemical Society (2011), 158, 3, C36-C41.

[13] R. Posner, M. Santa, G. Grundmeier, *Wet- and Corrosive De-Adhesion Processes of Water-Borne Epoxy Film Coated Steel*, Journal of Electrochemical Society (2011), 158, 3, C29-C35.

[14] M. Maxisch, C. Ebbert, B. Torun, N. Fink, T. de los Arcos, J. Lackmann, H.J. Maier, G. Grundmeier, *PM-IRRAS studies of the adsorption and stability of organophosphonate monolayers on passivated NiTi surfaces*, Applied Surface Science (2011), 257, 6, 2011-2018.

AUSGEWÄHLTE EINGELADENE VORTRÄGE

- (1) Galvatech 21.06.-25.06.2011, Genua/Italien, „Surface and thin film engineering of zinc alloy coated steel sheets“
- (2) Polymer Center Leoben, 07.04.2011, Leoben/Österreich, „Surface and Interface Analysis in Advanced Materials Research“
- (3) Korrosionsschutzsymposium, Trent/Rügen/Deutschland, 25.-27.05.2011, „Multilevel Smart coating for Corrosion Protection“.
- (4) 14th European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis (ECASIA), 04.-09.09.2011, Cardiff, Wales/UK, „Molecular understanding and engineering of adhesion at polymer/oxide interfaces“
- (5) GDCH Vortrag an der TU Chemnitz, Institut für Chemie, 01.12.2011, Chemnitz/Deutschland, „Molecular understanding and engineering of adhesion at polymer/oxide interfaces“.

FORSCHUNGSPROJEKTE

- (1) Christian-Doppler-Labor für Polymer/Metall-Grenzflächen am MPI für Eisenforschung sowie an der Universität Paderborn (Christian-Doppler-Forschungsgesellschaft, Wien) mit den Modulen „Struktur und Umformbarkeit von Nanokompositschichten“ und „Adhäsion auf Al- und Cu-Legierungen“
- (2) DFG-Projekt im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Erweiterung der Einsatzgrenzen von Mg-Legierungen“
- (3) DFG-Projekt „Investigation of the formability of thin nanoclay containing polyelectrolyte films on NiTi- substrates in humid environments“
- (4) VW-Stiftungsprojekt: „Formation of bifunctional coatings based on self-locating nano- and microcontainers“
- (5) FP7 Projekt MUST: „Multi-level protection of materials for vehicles by „smart“ nanocontainers“
- (6) RFCS Projekt KINSREP „Prediction of the kinetics of self-repair of forming-induced defects on thin functional primers for advanced automotive applications“
- (7) RFCS Projekt DURADH „Durability of adhesively bonded surfaces finished galvanised steels in corrosive environments“

(8) RFCS Projekt MULTISAVE „Multichannel Spectroscopy and hyperspectral Imaging for improved steel surface states monitoring and cost Savings.“

(9) DFG Projekt BESTKLEB „Grundlegendes Verständnis zur Substratkorrosion und der lokalen Schädigungsprozesse in Klebstoff/Oxid/Metall-Grenzflächenphasen“

(10) DFG Projekt SPP 1486 PiKo „Partikel im Kontakt“

(3) CEST (Center of Electrochemical Surface Technology, Austria):
Member of the Scientific Advisory Board

(4) Gutachter für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

(5) Gutachter für Langmuir, PCCP, Corrosion Science, Journal of Surface and Coatings Technology, Electrochimica Acta, Journal of the Electrochemical Society, The Americas: Chemistry & Synthesis, Advanced Materials.

KOOPERATIONEN

(1) Werkstoffwissenschaften, Christian Albrechts Universität Kiel

(2) Materialwissenschaften, Geowissenschaften, Ruhr Universität Bochum

(3) Instituto Superior Tecnico, Lissabon

(4) Aalto University, Laboratory of Physical Chemistry and Electrochemistry (FyKe), Prof. Kyösti Kontturi, Finnland

(5) MPI für Kolloid- und Grenzflächenchemie, Prof. Dr. Helmut Möhwald, Golm

(6) MPI für Eisenforschung, Prof. Dr. Martin Stratmann, Düsseldorf

(7) Karl Winnacker Institut der Dechema, Frankfurt

(8) BASF AG

(9) ThyssenKrupp Steel Europe AG

(10) Chemetall

(11) Henkel KGaA

(12) voestalpine Stahl Linz AG

(13) BMW AG

(14) Ruhr-Universität Bochum

(15) Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

(16) University of Aveiro

(17) Sika Technology AG

(18) Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH

(19) ArcelorMittal Maizieres Research SA

(20) VTT Technical Research Centre of Finland

(21) SPECIM, Spectral Imaging Oy Ltd

(22) IFAM Bremen

(24) Uni der Bundeswehr WIWEB München

(25) Uni des Saarlandes

(26) Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid, Institut PMP, Universität Paderborn

WEITERE FUNKTIONEN

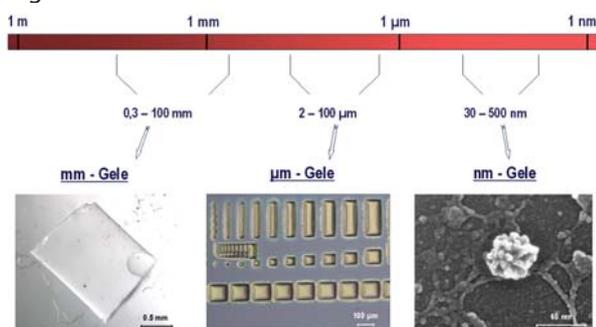
(1) RFCS Projekt DURADH: Koordinator des Projektes

(2) MUST, FP2: Sub project leader “Multilevel protection of materials for vehicles by smart nanocontainers”

(2) RFCS Projekt KINSREP: Leiter des Arbeitspakets (work package) “Self-Repair Rate vs. crack size geometry”

Smarte Polymerstrukturen

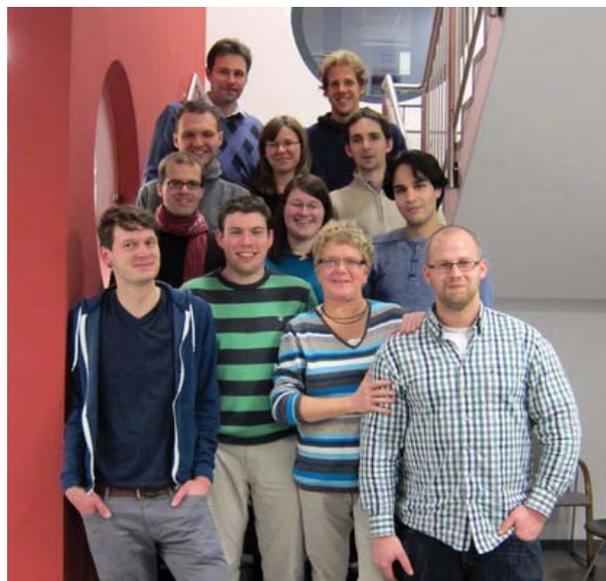
Polymere, die auf einen externen Stimulus durch eine Änderung von physikalischen Eigenschaften reagieren (stimuli-responsive polymers, SRP) kann man als ‚intelligente‘ oder ‚smarte‘ Materialien bezeichnen. Dies besondere Eigenschaftsprofil macht solche Polymere interessant z. B. für Anwendungen als Sensoren und Aktoren. Zusätzlich ermöglicht die Bioverträglichkeit dieser Verbindungen Einsätze z.B. als Medium zur Zellkultivierung und als Komponente im ‚tissue engineering‘



Dimensionen hergestellter smarter Hydrogele

Zum Aufbau neuartiger Nanomaterialien steht die Synthese von smarten Blockcopolymeren im Mittelpunkt, welche definierte Überstrukturen aufbauen können. Systeme aus diesen Polymeren zeichnen sich durch eine besondere Morphologie und damit besondere sensitive Eigenschaften aus. Dabei werden parallel Untersuchungen an dünnen Schichten als auch an kolloidalen Systemen durchgeführt. In wässrigen Systemen aggregieren Blockcopolymer zu Mizellen, deren Struktur durch Vernetzung fixiert werden kann. Diese Core-Shell-Nanopartikel zeichnen sich durch multisensitives Verhalten aus. Dieses Verhalten wird zum Aufbau neuartiger Drug-Delivery-Systeme genutzt. Besondere Spezifität erhalten diese Systeme, wenn an den Mizellen spezielle biologische Rezeptoren angebracht werden.

Weitere Forschungsschwerpunkte werden in den Projekten zur „Nachahmung von Enzymen durch synthetische Makromoleküle“ und zur „Steuerung von biomolekularen Transportsystemen durch Verknüpfung von synthetischen Polymeren und natürlichen Proteinen“ bearbeitet.



Arbeitskreis von Prof. Dr. Dirk Kuckling

Prof. Dr. Dirk Kuckling ist seit März 2008 Professor für Organische und Makromolekulare Chemie an der Universität Paderborn. Er studierte von 1986 bis 1991 Chemie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und promovierte dort 1994 mit einem Thema der Präparativen Organischen Chemie. Danach wechselte er an das Institut für Makromolekulare Chemie der TU Dresden. Nach einem zwischenzeitlichen Aufenthalt (2001-2002) als Visiting Assistant Professor am Department of Chemical Engineering an der Stanford University, Palo Alto, USA erfolgte 2004 der Erwerb der Lehrbefugnis im Fach Makromolekulare Chemie. Sein Hauptinteresse gilt der Synthese und Charakterisierung von Polymerstrukturen mit aktorischen und sensorischen Eigenschaften.

KONTAKT

Universität Paderborn
Fakultät für Naturwissenschaften
Organische und Makromolekulare Chemie
Warburger Str. 100
D-33098 Paderborn
Tel.: +49 5251 60 2171
Email: dirk.kuckling@upb.de
<http://chemie.uni-paderborn.de/fachgebiete/oc/ak-kuckling/>

PUBLIKATIONEN

Zeitschriftenbeiträge

- [1] R. Vukićević, U. Schwadtke, S. Schmücker, P. Schäfer, D. Kuckling, S. Beuermann, „Alkyne–azide coupling of tailored poly(vinylidene fluoride) and polystyrene for the synthesis of block copolymers“ Polym. Chem. 2012, DOI: 10.1039/C1PY00427A.
- [2] T. Korten, W. Birnbaum, D. Kuckling, S. Diez, „Selective Control of Gliding Microtubule Populations“ Nano Lett. **2011**, DOI: 10.1021/nl203632y.
- [3] J. Börner, I. dos Santos Vieira, M. D. Jones, A. Döring, D. Kuckling, U. Flörke, S. Herres-Pawlis, „Zinc complexes with guanidine-pyridine hybrid ligands: Guanidine effect and catalytic activity“ Eur. J. Inorg. Chem. **2011**, 4441–4456.
- [4] O. Bienemann, R. Haase, A. Jesser, T. Beschnitt, A. Döring, D. Kuckling, I. dos Santos Vieira, U. Flörke, S. Herres-Pawlis, „Synthesis and Application of New Guanidine Copper Complexes in Atom Transfer Radical Polymerisation“ Eur. J. Inorg. Chem. **2011**, 2367–2379.
- [5] V. Koul, R. Mohamed, D. Kuckling, H.-J. P. Adler, V. Choudhary, „Interpenetrating polymer network (IPN) nanogels based on gelatin and poly(acrylic acid) by inverse miniemulsion technique: Synthesis and characterization“ Colloids and Surfaces B: Biointerfaces **2011**, 83, 204–213.
- [6] A. Britze, V. Moellmann, G. Grundmeier, H. Luftmann, D. Kuckling, „Synthesis of blockcopolymers P3HT-b-PS using a combination of Grignard-Metathesis and Nitroxide-Mediated Radical Polymerization“ Macrom. Chem. Phys. **2011**, 212, 679–690.
- [7] J. Börner, I. dos Santos Vieira, A. Pawlis, A. Döring, D. Kuckling, S. Herres-Pawlis „Mechanism of the living lactide polymerisation mediated by robust zinc guanidine complexes“ Chem. Europ. J. **2011**, 17, 4507 – 4512.

Buchbeiträge

- (1) D. Kuckling, M. W. Urban, „Synthetic and Physico-Chemical Aspects of Advanced Stimuli-Responsive Polymers“ in Handbook of Stimuli-Responsive Materials, Wiley-VCH **2011**, 1-26.
- (2) J. Börner, I. dos Santos Vieira, U. Flörke, A. Döring, D. Kuckling, S. Herres-Pawlis, „Zinc complexes with mono- and polydentate behaving guanidine ligands and their application in lactide polymerization“ in Renewable and Sustainable Polymers, ACS Symposium Series **2011**, 169-200.

FORSCHUNGSPROJEKTE

- (1) „Active spatio-temporal control of biomolecular transport systems using stimuli-responsive polymers“, VolkswagenStiftung

- (2) „111 project – Advanced Fabrication Technology and Sciences of Fiber Materials“, Ministry of Education of China
- (3) „Synthese von photovernetzbaaren Hydrogelen“, Industriekooperation

KOOPERATIONEN

- (1) Dr. Dietmar Appelhans, Institut für Polymerforschung Dresden
- (2) Prof. Dr. Karl-Friedrich Arndt, Department Chemie und Lebensmittelchemie, TU Dresden
- (3) Prof. Dr. Sabine Beuermann, Institut für Chemie, Universität Potsdam
- (4) Prof. Dr. Veena Choudhary, Center for Polymer Science and Engineering, IIT Delhi, India
- (5) Prof. Dr. Stefan Diez, MPI für Molekulare Zellbiologie und Genetik, Dresden
- (6) Prof. Dr. Filip DuPrez, Department of Organic Chemistry, Ghent University, Belgium
- (7) Prof. Dr. Andrzej Dworak, Polish Academy of Science, Institute for Coal Chemistry, Gliwice, Poland
- (8) Prof. Dr. Gerald Gerlach, Institut für Festkörperelektronik, TU Dresden
- (9) Prof. Dr. Sonja Herres-Pawlis, Department Chemie, Ludwig-Maximilians-Universität München
- (10) Bernhard Menges, MPI für Polymerforschung, Mainz
- (11) Dr. Thomas Schmidt, CIBA VISION
- (12) Prof. Dr. Monika Schönhoff, Institut für Physikalische Chemie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- (13) Prof. Dr. Manfred Stamm, Institut für Polymerforschung Dresden
- (14) Prof. Dr. Meifang Zhu, College of Material Science and Engineering, Donghua University, Shanghai, China

WEITERE FUNKTIONEN

- (1) Mitglied des geschäftsführenden Vorstands des Instituts PMP
- (2) Stellvertretender Sprecher des Departments Chemie
- (3) Vorsitzender der Prüfungsausschusses Chemie

LEHRSTUHL PROF. DR.-ING. ELMAR MORITZER Kunststofftechnologie

Prozesse weiterentwickeln und neue Produkte generieren – zwei bedeutende Bestandteile der Projektarbeit am Lehrstuhl für Kunststofftechnologie. Nur eine kontinuierliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit ermöglicht die Generierung innovativer industrieller Fertigungsprozesse für polymere Werkstoffe. Zu den Schwerpunkten des Lehrstuhls zählen daher die Analyse dieser Prozesse und der dazugehörigen Verarbeitungsmaschinen.

In dem eigens entwickelten Spritzgießsonderverfahren GITBlow konnten umfangreiche neue Erkenntnisse erzielt werden. Das Verfahren ermöglicht das partielle Aufblasen von Spritzgießbauteilen und die Erzeugung komplexer Funktionshöhlräume mit geringen Wanddicken. Eine Weiterentwicklung dieser Technologie führte zu dem sogenannten GRIPBlow-Verfahren, wobei durch ein Hinterblasen von Verstärkungsstrukturen komplexe Tragstrukturen erzeugt werden.

Das Kleben von Kunststoffen stellt ein weiteres Forschungsgebiet des Lehrstuhls dar. Ein aktueller Schwerpunkt liegt in der Vorbehandlung von Thermoplasten durch eine Atmosphärendruck-Plasmabehandlung. Mit diesem Verfahren können die Oberflächeneigenschaften von Kunststoffen verändert werden, um die Adhäsion zwischen den Fügepartnern zu verbessern.



Vollautomatisierte Klebanlage. Die Anlage ist unter anderem mit einer klimatisierbaren Zelle ausgestattet und enthält eine frei programmierbare CNC Steuerung.

Ein Projekt, was in Zusammenarbeit mit dem K-Lab durchgeführt wird, ist die „Produktspezifische Materialentwicklung im Spritzgießprozess“. Hier geht es darum,

eine schnelle, effiziente und vor allem wirtschaftliche Möglichkeit zur produktspezifischen Entwicklung von Kunststoffrezepturen zu erarbeiten. Der Compoundierschritt wird hierbei in den Spritzgießprozess integriert.



Arbeitskreise von Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner und Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer wurde 2008 an die Uni Paderborn zum Professor für Kunststofftechnologie berufen. Er studierte an der Universität Paderborn Maschinenbau und promovierte an der KTP zum Thema „Phänomenorientierte Prozess- und Formteiloptimierung von thermoplastischen GIT-Spritzgießartikeln“. Nach seiner Promotion arbeitete er als Oberingenieur am Lehrstuhl für Konstruktionslehre und Kunststoffmaschinen an der Universität Essen. Während seiner Zeit in der Industrie war Elmar Moritzer in unterschiedlichen Positionen bei der Hella KGaA tätig, zuletzt war er verantwortlich für den Bereich Industrialisierung im Geschäftsbereich Lichttechnik.

KONTAKT

Universität Paderborn
Fakultät für Maschinenbau
Kunststofftechnik Paderborn KTP
Warburger Str. 100
Raum P 15.11.1
D-33098 Paderborn
Tel.: +49 5251 60 2300
Email: elmar.moritzer@ktp.upb.de
www.ktpweb.de

REFERIERTE PUBLIKATIONEN

- [1] Moritzer, E.; Plugge, T.: "Phenomenon-oriented process and part optimization of complex injection moulded parts with thin-walled moulded-on hollow areas (GITBlow), taking into account the residual wall thickness distribution". Antec 2011, Boston, 01.-05. Mai, S. 1692 - 1696
- [2] Moritzer, E.; Leister, C.: "Modelling of the aging process on thermoplastic surfaces after treatment with an atmospheric-pressure plasma". Antec 2011, Boston, 01.-05. Mai, S. 1845-1848

WEITERE PUBLIKATIONEN

- [1] Moritzer, E.; Albring, E.; Kleeschulte, R.: „Kunststoffe nach Maß - Produktspezifische Materialentwicklung im Spritzgießprozess“. plasticter.de, online-resource
- [2] Moritzer, E.; Plugge, T.: „GITBlow – Eine innovative Prozessweiterung für den Spritzgießverarbeiter“. VDI-Wissensforum: „Spritzgießen 2011“, Band 4314, Baden Baden, 2011
- [3] Moritzer, E.; Plugge, T.: „Prozess-Innovationen im Bereich Kunststoff-Leichtbau stützen die Spitzenforschung Wirtschaft Regional“. Juli Ausgabe, Bielefeld, 2011
- [4] Moritzer, E.; Plugge, T.: „Simulation of the GITBlow process based on the Finite Element Method“. Forum: Composite Forschung in der Mechanik, 30.11.-01.12.2011, Paderborn
- [5] Moritzer, E.; Plugge, T.: „Einführung und Weiterentwicklung eines neuentwickelten Kunststoffformgebungsverfahrens (GITBlow) zur ressourcenschonenden Herstellung von komplexen dünnwandigen Kunststoffformteilen“. Abschlussbericht, ktp.uni-paderborn.de, online resource
- [6] Moritzer, E.; Leister, C.; Krugmann, J.: „Alterung von Plasmabehandelten Kunststoffoberflächen: Alles eine Frage der Zeit?“. Adhäsion Ausgabe 3/2011, Seite 44 – 47
- [7] Bause, F.; Rautenberg, J.; Schröder, A.; Olfert, S.; Henning, B.; Moritzer, E.: „Ultrasonic Nondestructive Testing of Composite Materials using Disturbed Coincidence Conditions“. International Congress on Ultrasonics (ICU), 5. - 8. September 2011, Gdansk, Poland
- [8] Moritzer, E.; Albring, E.: „Produktspezifische Materialentwicklung im Spritzgießprozess – Kosten- und Qualitätspotentiale ausschöpfen“. Kunststofftechnologietag Ostwestfalen, Bad Salzuflen, 09. März 2011
- [9] Moritzer, E.; Kleeschulte, R.: "Modeling the interface temperature development and the resulting adhesion mechanisms at multicomponent injection molding". 27th World Congress of the Polymer Processing Society, May 10-14, PPS-27, Marrakech, Marocco, 2011
- [10] Moritzer, E.; Böhm, N.: „Füllverhalten von WPC im Spritzgießprozess“. Einsatz von Biokunststoffen, Kunststoff - Institut Lüdenscheid, 24. November 2011

- [11] Moritzer, E.; Schöppner, V.: „Neue Entwicklung in der Extrusionstechnik“. Bamag-Tagung, Regensburg, März 2011

FORSCHUNGSPROJEKTE

- (1) „Beschreibung und Vorhersage der Kern-/ Hautverteilung bei Sandwichbauteilen mit Hilfe der Ähnlichkeitstheorie“ Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)
- (2) „K-Lab, Labor für Kunststoffe in OWL: Auf- und Ausbau eines Centers of Science to Business, Business to Science“ Förderinstitution: CheK.NRW
- (3) „Verfahrenseffiziente Weiterentwicklung des GITBlow-Verfahrens unter dem Gesichtspunkt der Material- und Ressourcenschonung unter Einsatz variabler Werkzeugtemperiermethoden“ Förderinstitution: CheK.NRW
- (4) „Steuerelemente aus Thermoplast; Entwicklung eines neuen Werkzeugkonzepts für den Präzisions-spritzguss. Untersuchung des Einflusses der Verarbeitungsparameter und der Chargenschwankungen auf die Produktqualität“ Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), ZIM
- (5) „Entwicklung einer neuen mechanischen Befestigungslösung mit gleichmäßig krafeinleitendem, dichtendem Hinterschnitt“ Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), DVS

KOOPERATIONEN

- (1) Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg
- (2) Center for Plastic Science and Engineering e.V. (CPSE)
- (3) Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Heim, Institut für Werkstofftechnik – Kunststofftechnik, Universität Kassel
- (4) Prof. Dr.-Ing. Christian Bonten, Institut für Kunststofftechnik (IKT), Universität Stuttgart
- (5) Prof. Dr.-Ing. Markus Stommel, Lehrstuhl für Polymerwerkstoffe, Universität Saarbrücken

WEITERE FUNKTIONEN

- (1) Mitglied der SPE (Society of Plastic Engineers)
- (2) Mitglied des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kunststofftechnik
- (3) Mitglied im Fakultätentag für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (FTMV)
- (4) Vorstandsvorsitzender des Instituts für Polymere Materialien und Prozesse (PMP)

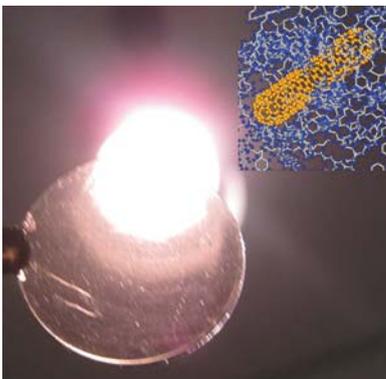
LEHRSTUHL PROF. DR.-ING. HANS-JOACHIM SCHMID Partikelverfahrenstechnik

Der ehemalige Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik wurde zum Ende 2011 umbenannt in Lehrstuhl für *Partikelverfahrenstechnik*. Diese neue Bezeichnung beschreibt den Fokus der Forschungsarbeiten, nämlich physikalische Stoffwandlungsmethoden in partikulären Systemen. Dabei ist das Ziel die Herstellung partikulärer Produkte mit definierten Eigenschaften unter Berücksichtigung von ökologischen Randbedingungen. Es werden partikuläre Systeme von grobdispers bis nanodispers betrachtet. In feindispersen und nanoskaligen Systemen, die eine immer größere Bedeutung erlangen, spielen dabei Grenzflächeneffekte eine dominierende Rolle. Diese Expertise bringt der Lehrstuhl auch als aktives Mitglied im interdisziplinären „Institut für Polymere Materialien und Prozesse“ und im „Direct Manufacturing Research Center“ ein.

Unsere Arbeitsschwerpunkte umfassen

- Partikelsynthese
- Handhabung und Konditionierung partikulärer Systeme
- Herstellung von Compositmaterialien
- Rheologie und Mehrphasenströmungen
- Pulverbasiertes Polymer-Lasersintern
- Mechanische Trennverfahren
- Charakterisierung von Partikeln und dispersen Systemen
- Simulation partikulärer Systeme (Elementarprozess, Unit Operations und Gesamtprozesse)

Des Weiteren konnte die Ausstattung im vergangenen Jahr durch die Anschaffung von Großgeräten zur rheologischen Charakterisierung von Suspensionen in einer Schlitzdüse erweitert werden.



Transparentes, elektrisch leitfähiges PMMA-CNT-Komposit



Arbeitskreis von Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid studierte Chemieingenieurwesen an der Universität Karlsruhe und promovierte dort 1998 am Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik. Von 1999 bis 2006 arbeitete er am Lehrstuhl für Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik der TU München, bzw. der Universität Erlangen-Nürnberg (Arbeitsgebiete: Mehrphasenströmungen, Nanopartikelsynthese, Partikelcharakterisierung und Simulationsmethoden für disperse Systeme). Seit Oktober 2006 ist er Lehrstuhlinhaber an der Universität Paderborn. Er ist Editor der Zeitschrift „Particle & Particle Systems Characterization“.

KONTAKT

Universität Paderborn
Fakultät für Maschinenbau
Mechanische Verfahrenstechnik und Umweltverfahrenstechnik
Warburger Str. 100
Raum N 5.344
D-33098 Paderborn
Tel.: +49 5251 60 2404
Email: hans-joachim.schmid@upb.de
<http://mb.uni-paderborn.de/mvu>

REFERIERTE PUBLIKATIONEN

[1] Bo, Jianquan; Noeke, J.: „Sprachliche Vorbereitung von chinesischen Studierenden auf ein Maschinenbaustudium und auf ein Fachpraktikum in Deutschland“, Chinesisch-Deutsches Forum für Anwendungsorientierte Hochschulausbildung (Hrsg.): Sammlung der Vorträge zur 3. CDAH-Tagung in Nanjing, China, 20.-23. September 2011, S. 219 – 225.

[2] Rüsenberg, S.; Schmid, L.; Hosse, H.; Schmid, H.-J.: „Porosity as a Key to Increase Material Properties of Laser Sintered Parts“, Innovative Developments in Virtual and Physical Prototyping - Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping, Leiria, Portugal, 28. September – 1. Oktober 2011, Hardback: 978-0-415-68418-7, S. 535 ff.

[3] Kirchhof, M.J.; Förster, H.; Schmid, H.-J.; Peukert, W.: Sintering Kinetics and Mechanisms of Vitreous Nanoparticles, J. Aerosol Sci., accepted for Publication Oct. 2011, DOI: 10.1016/j.jaerosci.2011.10.006

[4] Noeke, J.: „Aufbau und Betrieb der Chinesisch-Deutschen Technischen Fakultät Qingdao“, Anwendungsorientierte Hochschulausbildung im Kontext der Kooperation zwischen Hochschulen und Unternehmen, Tagungsband des zweiten Chinesisch-Deutschen Forums in Hannover, Peking, China, 2011, S. 222 – 226.

NICHTREFERIERTE PUBLIKATIONEN

[1] Kirchhoff, N.; Funke, C. ; Albring, E.; Moritzer, E. ; Schmid, H.-J.: „Rheologische Charakterisierung von Wood-Plastic-Composites (WPC)“, Jahrestreffen des Fachausschusses „Rheologie“, Würzburg, Deutschland, 14. - 15. Februar 2011

[2] Gerkens, S.; Schmid, H.-J.: „Charakterisierung von Carbon Nanotubes für Polymersysteme: Transinstrumentale Statische Lichtstreuung (SLS) als Ansatz“, ProcessNet Jahrestagung (Fachausschuss Partikelmesstechnik), Clausthal-Zellerfeld, Deutschland, 28. Februar - 02. März 2011

[3] Grimm, P.; Schmid, H.-J.: „Entwicklung einer Prozesskette zur Herstellung hochwertiger Organosole - Synthese, Konditionierung und Phasentransfer“, Fachausschuss Partikelmesstechnik und Grenzflächenbestimmte Systeme, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland, 28. Februar - 02. März 2011

[4] Knobel, L., Schmid, H.-J.: „Ein Methodenvergleich zur Erzeugung einer reproduzierbaren Ladungsverteilung in einem Nanopartikel-Aerosol“, Jahrestreffen des Fachausschuss Partikelmesstechnik, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland, März 2011

[5] Bo, J.; Noeke, J.: „Kooperation im Studiengang Maschinenbau zwischen der Chinesisch-Deutschen Technischen Fakultät in Qingdao und der Universität Paderborn“, 10-Jahres-Feier der CDTF,

Qingdao, China, 05. Mai 2011

[6] Rüsenberg, S.; Schmidt, L.; Schmid, H.-J.: „Mechanical and Physical Properties – A Way to assess quality of Laser Sintered Parts“. Vortrag International SFF Symposium 2011 – An Additive Manufacturing Conference, Austin, TX, USA, 8. – 10. August 2011

[7] Schmid, H.-J.; Rüsenberg, S.; Sun, Z.: „Powder Aging upon Laser Sintering – Characterization and Consequences“, Vortrag International SFF Symposium 2011 – An Additive Manufacturing Conference, Austin, TX, USA, 8. – 10. August 2011

[8] Zhen, X. Z.; Schmid, H.-J.: „Simulation of binary aerosol droplet formation“. European Aerosol Conference 2011, Machester, England, September 2011

[9] Knobel, L., Schmid, H.-J.: „Bipolar Stationary Charge Distribution - A Closer Look to Relevant und Irrelevant Influences“, European Aerosol Conference, England, Manchester, September 2011

[10] Kirchhoff, N.; Hochstein, B.; Schmid, H.-J.: „Wall-slip effects of highly concentrated suspensions“, European Congress of Chemical Engineering, Deutschland, Berlin, 25. - 29. September 2011

[11] Schiller, S.; Schmid, H.-J.: „Development of a fine particle filter for domestic wood fired heaters“, European Congress of Chemical Engineering 2011, Berlin, Deutschland, 25. – 29. September 2011

[12] Bo, J.; Noeke, J.: „Sprachliche Vorbereitung von chinesischen Studierenden auf ein Maschinenbaustudium und auf ein Fachpraktikum in Deutschland“, 3. CDAH-Tagung, Nanjing, China, 22. September 2011

[13] Gerkens, S.; Schmid, H.-J.: „Experimental Study of Process-Structure Relationships for CNT-Polymer-Nanocomposites“, European Conference on Chemical Engineering 8, Berlin, Deutschland, 26. - 28. September 2011

[14] Bo, J.; Noeke, J.: „Chinesisch-Deutsche Technische Fakultät - Zehn Jahre Brücke für Ingenieure zwischen den Kontinenten“, Absolventenfeier der Fakultät für Maschinenbau der Universität Paderborn, Paderborn, Deutschland, 15. Oktober 2011

[15] Jesinghausen, S.; Schmid, H.-J.: „Rheologische Charakterisierung hoch-gefüllter Suspensionen unter kontinuierlichem Fluss mit Hilfe optischer Methoden“, Partikel/Matrix – Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe – PMP Kolloquium, Paderborn, Deutschland, 5. Dezember 2011

[16] Kirchhoff, N.; Hochstein, H.; Schmid, H.-J.: „Wandgleiteneffekte hochkonzentrierter Suspensionen in einer Schlitzdüse“, Partikel/Matrix – Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe – PMP Kolloquium, Paderborn, Deutschland, 5. Dezember 2011

[17] Gerkens, S.; Schmid, H.-J.: „Strukturcharakterisierung der Nanopartikel für MWNT-PMMA-Komposite“, Partikel/Matrix – Wechselwirkungen und Verbundwerkstoffe – PMP Kolloquium, Paderborn, Deutschland, 5. Dezember 2011

AKTUELLE FORSCHUNGSPROJEKTE

- (1) „Wandgleiten in hochgefüllten Polymeren“: Bei der Verarbeitung von hochviskosen Massen wird manchmal eine Verletzung der No-Slip-Bedingung beobachtet, welche in veränderten Produkteigenschaften resultiert. Der Einsatz partikulärer Füllstoffe verstärkt diesen Effekt zunehmend. Gezielte rheologische Untersuchungen an speziellen Messdüsen erlauben ein grundlegendes Verständnis dieser Gleitvorgänge, um sie technologisch nutzbar zu machen.
- (2) „Optische Untersuchung der Fließigenschaften in einer Schlitzdüse“ Mittels eines Particle Image Velocimetry Systems soll die Geschwindigkeitsverteilung in einer Schlitzdüse bestimmt werden. Durch die Kenntnis der Geschwindigkeitsverteilung ist es möglich bei bekanntem Druckverlust die Viskosität orts aufgelöst zu bestimmen und die vielen Modellen zu Grunde liegenden Annahmen zu überprüfen. Darüber hinaus sollen mit Hilfe eines Fernfeldmikroskops die Partikelmigration in Wandnähe und das Einsetzen von Wandgleiten untersucht werden.
- (3) „Untersuchung der dispersen Eigenschaften nanoskaliger Suspensionen mit Hilfe der Fourier Transformationsrheologie“ In diesem Projekt sollen die rheologischen Informationen aus konventionellen Untersuchungsmethoden mit Hilfe der FT-Rheologie um Kenngrößen aus dem nichtlinear viskoelastischen Bereich erweitert werden. Ziel ist es ein Modell zu entwickeln, welches die dispersen und rheologischen Eigenschaften von nanoskaligen Suspensionen verknüpft.
- (4) „Verständnis und Beeinflussung von Partikel-Partikel-Wechselwirkungen und entsprechender Fließigenschaften von photokatalytischen Nanopartikeln unter kontrollierter Luftfeuchte und UV-Licht“: Anhand von Titandioxid-Nanopartikeln werden die Haftkräfte einzelner Partikel und das Fließverhalten von Partikelkollektiven untersucht. Ziel des Projektes ist ein besseres Verständnis der Haftkräfte von Nanopartikeln. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft.
- (5) „Nanocomposit auf Polymerbasis“: Das Prozessieren eines Polymeres mit Carbon Nanotubes ermöglicht die Herstellung eines elektrisch leitfähigen Composites unter Beibehaltung der opt. Transparenz. Durch systematische Untersuchungen der Prozess-Struktur-Eigenschaftsfunktionen werden eine verbesserte Prozesskontrolle und optimierte Materialeigenschaften angestrebt, um den Weg zu technischen Anwendungen zu ebnen. Die Etablierung unkonventioneller Methoden zur Strukturcharakterisierung stellt einen Schwerpunkt dar.
- (6) „Herstellung linearer, strukturierter Nanopartikel-Aggregate“: Übergeordnetes Ziel ist die Erzeugung eines lamellar strukturierten Kunststoffes mit neuartigen Eigenschaften. Dessen Struktur soll durch die Zugabe von linear angeordneten Aggregaten während der Polymerisation definiert eingestellt werden. Die eindimensionale Kettenstruktur wird durch alternierende Aneinanderreihung von unterschiedlichen, wechselseitig geladenen Nanopartikeln realisiert. Hierfür werden Aerosole zunächst definiert bipolar aufgeladen. Institut für Polymere Materialien und Prozesse.
- (7) „Numerische Untersuchung der Aerosolbildung aus einem binären Dampfgemisch“: Ziel des Projektes ist eine numerische Untersuchung der Aerosolbildung aus einem binären Dampfgemisch aus Wasserdampf und Glycerin, die sich in teilweise parallel ablaufende Schritte gliedert: Homogene Keimbildung, Wachstum durch Kondensation des Dampfes auf die Tropfenoberfläche und Koagulation. Das Wechselspiel dieser Mechanismen führt zu einer charakteristischen Prozess- und Eigenschaftskorrelation, deren detailliertes Verständnis eine entscheidende Voraussetzung für die gezielte Steuerung von Partikeleigenschaften, welche die Anwendungsbereiche eines Produktes und deren Qualität beeinflussen, darstellt. Die Simulation soll durch Laborexperimente belegt werden.
- (8) „Prozessentwicklung zur Herstellung hochwertiger Organosole“: In einem neuartigen Prozess werden Partikel aus einer wässrigen in eine organische Phase mittels Stabilisierung überführt. Durch die Vermeidung irreversibler Agglomeratbildung und Sauerstoffexposition führt dieser Prozess zu einer deutlichen Qualitätssteigerung des Organosols. Im Vordergrund steht ein vertieftes Verständnis der relevanten Elementarprozesse für ein späteres Scale-Up. Förderinstitution: DFG.
- (9) „Entwicklung eines Feinstaubfilters für Holzfeuerungsanlagen von Ein- und Mehrfamilienhäusern“: Im Rahmen eines zweijährigen Projektes ist in Zusammenarbeit mit der Industrie ein Schlauchfiltersystem für den häuslichen Gebrauch entwickelt worden, welches den aus Holzfeuerungsanlagen entstehenden Feinstaub zu über 99% abscheidet. Ein zur Filtration benötigtes Filterhilfsmittel wird mittels einer Dosierwaage und eines Injektors vollautomatisch portioniert, dispergiert und dem Prozess zugeführt. Mit dieser Technik ist es möglich, den Feinstaubgehalt auf unter 1 mg/Nm^3 zu senken. Kooperation: PEK Pneumatik- und Entstaubungstechnik GmbH. Förderinstitution: AIF.
- (10) „Determination of Material Properties of Laser Sintered Parts by References to a Real Product“: Innerhalb dieses Projektes wird ein komplettes Spektrum an Materialeigenschaften ermittelt, welche in Abhängigkeit verschiedener Temperaturen wiedergegeben werden sollen. Weiterhin soll das Ausgangsmaterial beim Laser Sintern durch sinnvolle Kennwerte qualifiziert werden. Dadurch soll der Einfluss der Pulveralterung eliminiert und die Materialeigenschaften des Bauteils selber vom Alterungszustand des Ausgangswerkstoffes unabhängig sein. Förderinstitution: Firmenkonsortium des DMRC und das Land Nordrhein-Westfalen.

(11) „Quantification of Surface Quality obtained by Post Processing of Laser Sintered Parts“: Der Einsatz von Laser-Sinter-Bauteilen im Sichtbereich stellt besondere Anforderungen an die haptischen und optischen Eigenschaften. Im Rahmen des Projektes sollen die Einflussfaktoren auf die Oberflächengüte untersucht und geeignete Nachbehandlungsverfahren zur Verbesserung der Oberflächengüte aufgezeigt werden. Das Ziel ist ein Vergleich zwischen Aufwand und erreichbarer Verbesserung der Oberflächenqualität. Förderinstitution: Firmenkonsortium des DMRC und das Land Nordrhein-Westfalen.

MESSEN/TAGUNGEN/SEMINARE

- (1) ProcessNet Jahrestagung „Fachausschuss Partikelmesstechnik“, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland, 28. Februar – 2. März 2011
- (2) Jahrestreffen des Fachausschusses ‚Rheologie‘ „Rheologische Charakterisierung von Wood-Plastic-Composites (WPC)“, Würzburg, Deutschland, 14.-15. Februar 2011
- (3) 10-Jahres-Feier der CDTF „Kooperation im Studiengang Maschinenbau zwischen der Chinesisch-Deutschen Technischen Fakultät in Qingdao und der Universität Paderborn“, Qingdao, China, 05. Mai 2011.
- (4) Rapid.Tech “Fachmesse und Anwendertagung für Rapid Technologie“, Erfurt, Deutschland, 24.-25. Mai 2011
- (5) DAAD-finanzierte “Sommerschule zur Weiterbildung von chinesische Deutschlehrende der CDTF“, Paderborn, Deutschland, 16. Juli - 20. August 2011.
- (6) International SFF Symposium 2011 “An Additive Manufacturing Conference“, USA, Texas, Austin, 8.-10. August 2011
- (7) European Aerosol Conference “Bipolar Stationary Charge Distribution - A Closer Look to Relevant und Irrelevant Influences“, Manchester, England, September 2011
- (8) 3. CDAH-Tagung „Sprachliche Vorbereitung von chinesischen Studierenden auf ein Maschinenbaustudium und auf ein Fachpraktikum in Deutschland“, Nanjing, China, 22. September 2011.
- (9) European Conference on Chemical Engineering 8 „Verfahrenstechnik allgemein“, Berlin, Deutschland, 26.-28. September 2011
- (10) European Congress of Chemical Engineering “Wall-slip effects of highly concentrated suspensions“, Berlin, Deutschland, 25.-29. September 2011
- (11) International Conference “Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping VR@P 2011“, Leiria, Portugal, 28. September - 1. Oktober 2011
- (12) Festvortrag anlässlich der Absolventenfeier der Fakultät für Maschinenbau der Universität Paderborn „Chinesisch-Deutsche Technische Fakultät - Zehn Jahre Brücke für Ingenieure zwischen den Kontinenten“, Paderborn, Deutschland, 15. Oktober 2011.

(13) Euromold 2011 „Weltmesse für Werkzeug- und Formenbau, Design und Produktentwicklung“, Frankfurt, Deutschland, 29. November - 3. Dezember 2011

(14) Auswahl und Betreuung von zwanzig chinesischen Studierenden im Rahmen des vom DAAD finanzierten Stipendienprogramms für Teilnehmer an deutschen Studiengängen im Ausland, Paderborn, Deutschland, 2011.

(15) Auswahl, Vorbereitung und Betreuung von zehn deutschen Studierenden im Rahmen eines Auslandssemesters an der Chinesisch-Deutschen Technischen Fakultät (CDTF) in Qingdao, China.

WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN:

- (1) Prof. U. Peuker, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg, Deutschland
- (2) Prof. Wolfgang Peukert, Lehrstuhl für Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg, Deutschland
- (3) Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier, Arbeitskreis für Technische und Makromolekulare Chemie, Universität Paderborn, Deutschland

PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

Ernennung zum Mitglied der Innovationsallianz Nordrhein-Westfalen

FUNKTIONEN

- (1) Berufenes Mitglied in den ProcessNet-Fachausschüssen „Partikelmesstechnik“ und „Mehrphasenströmung“
- (2) Mitglied im Scientific Committee des World Filtration Congress sowie der Filtech Europa
- (3) Editor der Zeitschrift „Particle & Particle Characterization“
- (4) Wissenschaftlicher Leiter des Direct Manufacturing Research Center (DMRC)
- (5) Vorsitzender Studienkommission und Prüfungsausschuss, Chemieingenieurwesen; Studiendekan Maschinenbau

LEHRSTUHL PROF. DR.-ING. VOLKER SCHÖPPNER
Kunststoffverarbeitung

Polymere sind innovative Werkstoffe, deren Potential noch lange nicht erschöpft ist. Sie erlangen stetig größere Bedeutung im modernen Maschinenbau. Die physikalischen Eigenschaften von Kunststoff- und Kautschukprodukten werden ganz wesentlich durch die Verarbeitung geprägt. Bei der Auslegung von Produktionsprozessen bestimmen die Anforderungen an die Produktqualität und die Herstellkosten die Technologie. Ziel der Arbeiten im Fachgebiet Kunststoffverarbeitung ist die Modellierung von Fertigungsprozessen zur Herstellung von Produkten aus Kunststoff. Mit den in der Forschung gewonnenen Erkenntnissen entsteht ein besseres Prozessverständnis, das häufig in Form von Anwendersoftware der interessierten Industrie angeboten wird. Im Bereich Extrusion kann die gesamte Prozesskette experimentell analysiert werden. Eine zentrale Rolle spielen dabei neue Extruderkonzepte sowie Schnecken. In der Fügetechnik befasst sich das KTP mit der Verbesserung der Kunststoffschweißverfahren.

Ein neuer Schwerpunkt am KTP wird zukünftig die Hochgeschwindigkeitsextrusion sein. Hierzu wurde bereits 2010 ein neuer Extruder mit einer Schneckendrehzahl von maximal 2100 U/min angeschafft. Ziel dieser signifikanten Erhöhung der Schneckendrehzahl ist die Maximierung des Materialdurchsatzes bezogen auf die Maschinengröße. Des Weiteren wird seit 2011 vertieft das Materialverhalten in der Einzugszone erforscht. Mit Hilfe von DEM-Simulationen wird dabei das Einrieselverhalten des Granulats bis zu hohen Drehzahlen untersucht und modelliert. Daraus wird eine optimale Einzugszonengeometrie abgeleitet, die eine verbesserte Befüllung des Schneckenkanals erlaubt.



Versuche am schnelllaufenden Extruder.



Arbeitskreise von Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner und Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer

Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner ist seit Februar 2007 Professor für Kunststoffverarbeitung am KTP. Nach seinem Diplom an der Universität Paderborn (1989) arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Oberingenieur am KTP. 1995 promovierte er dort zum Thema „Simulation der Plastifiziereinheit von Einschneckenextrudern“. Nach einer Tätigkeit in Remscheid bei der Barmag AG folgte im Jahr 2000 die Habilitation zum Thema „Verfahrenstechnische Auslegung von Extrusionsanlagen“. Von 1999 bis 2007 war Volker Schöppner in verschiedenen Positionen bei der Hella KGaA in Lippstadt tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte am KTP liegen in der nachhaltigen Verbesserung und Weiterentwicklung kunststofftechnischer Verarbeitungsprozesse, insbesondere Extrusion und Schweißen thermoplastischer Kunststoffe. Seit Oktober 2011 ist Volker Schöppner Dekan der Fakultät für Maschinenbau an der Universität Paderborn.

KONTAKT

Universität Paderborn
Fakultät für Maschinenbau
Kunststofftechnik Paderborn KTP
Warburger Str. 100
Raum P 15.11.3
D-33098 Paderborn
Tel.: +49 5251 60 3057
Email: volker.schoeppner@ktp.upb.de
www.ktpweb.de

REFERIERTE PUBLIKATIONEN

- [1] Schöppner, V.; Lakemeyer, C.; Hörmann, H.; Anger, K.: "Thermal considerations of tempered single extruding screws: influence of screw tempering to melt temperature". WAK-Internetzeitschrift, Ausgabe 04/2011, S. 137-159, Carl Hanser Verlag, München, 2011
- [2] Schöppner, V.; Bagsik, A.; Klemp E.: „Schicht für Schicht“. Kunststoffe Ausgabe 10/2011, S. 178 – 182, Carl Hanser Verlag, München, 2011
- [3] Schöppner, V.; Potente, H.; Hoffschlag, R.: „Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen“, „Self-optimisation and quality assurance on the basis of a new machine concept in the case of heated tool welding“. Joining Plastics Ausgabe 3-4/2011, S. 208-214, DVS Verlag 2011
- [4] Schöppner, V.; Hoffschlag, R.; Krugmann, J.: "Welding of flame-retarding PP". Antec 2011, Boston, 01.-05. Mai 2011
- [5] Schöppner, V.; Bagsik, A.: "Mechanical Properties of Fused Deposition Modeling Parts Manufactured with Ultem 9085". Antec 2011, Boston, 01.-05. Mai 2011
- [6] Schöppner, V.; Korsmeier, A.: "Investigation of the Throughput from a Single-Screw Extruder Taking Account of the Pressure Variations". Antec 2011, Boston, 01.-05. Mai 2011
- [7] Schöppner, V.; Potente, H.; Bonefeld, D.; Wilke, L.: „Das Spiel mit dem Druck“. Kunststoffe Ausgabe 3/2011, S. 58 – 61, Carl Hanser Verlag, München, 2011
- [8] Schöppner, V.; Potente, H.; Bonefeld, D.; Wilke, L.: "Playing with Pressures". Kunststoffe international Ausgabe 3/2011, S. 32 – 35, Carl Hanser Verlag, Munich, 2011
- [9] Schöppner, V.; Potente, H.; Kloke, P.; Rudloff, J.; Kretschmer, K.; Heidemeyer, P.; Bastian, M.: „Faserschonend compoundieren“. Kunststoffe Ausgabe 2/2011, S. 66 – 69, Carl Hanser Verlag, München, 2011
- [10] Schöppner, V.; Potente, H.; Kloke, P.; Rudloff, J.; Kretschmer, K.; Heidemeyer, P.; Bastian, M.: "Gentle Fiber Compounding". Kunststoffe international Ausgabe 2/2011, S. 35 – 67, Carl Hanser Verlag, Munich, 2011
- [11] Schöppner, V.; Potente, H.; Kloke, P.; Thümen, A.: "Calculation of the temperature at the barrel's inner surface of co-rotating twin-screw extruders". 27th World Congress of the Polymer Processing Society, PPS 27, Marrakech, Morocco, May 10-14, 2011
- [12] Schöppner, V.; Lakemeyer, C.; Hörmann, H.: "Coupled computation for internally tempered single extrusion-screws". 27th World Congress of the Polymer Processing Society, PPS 27, Marrakech, Morocco, May 10-14, 2011
- [13] Schöppner, V.; Wibbeke, A.; Sasse, M.: "Manufacture of self-strengthened polycarbonate by extrusion". 27th World Congress of the Polymer Processing Society, PPS 27, Marrakech, Morocco, May 10-14, 2011
- [14] Heim, H.-P.; Schöppner, V.; Ries, A.; Wibbeke, A.: "Hot-Compaction of self-reinforced polycarbonate films". 27th World Congress of the Polymer Processing Society, PPS 27, Marrakech, Morocco, May 10-14, 2011
- [15] Schöppner, V.; Sasse, M.; Seibel, S.: "Process and control engineering model of an integrated fully automated pipe-extrusion line". 27th World Congress of the Polymer Processing Society, PPS 27, Marrakech, Morocco, May 10-14, 2011

WEITERE PUBLIKATIONEN

- [1] Hoffschlag, R.: „Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen“. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben AiF: 15.561, 2011
- [2] Schöppner, V.; Hörmann, H.: „Analyse des Prozessverhaltens schnelllaufender Einschnuckenextruder“. Tagungsband „VDI-Berichte“ zur Tagung Extrusionstechnik, 2011
- [3] Schöppner, V.; Moritzer, E.: „Neue Entwicklung in der Extrusionstechnik“. Bamag-Tagung, Regensburg, März 2011
- [4] Schöppner, V.: „Kabelextrusion“. Uni Tomsk, 22. – 25. Juni 2011
- [5] Schöppner, V.: "Heated Tool Welding – Operating point determination using an innovative actuation concept". IIW, Chennai, 17. – 22. Juli 2011
- [6] Schöppner, V.; Bagsik, A.: „Das Ultem 9085 als luftfahrtgeeignetes FDM-Material“. 16. Fachtagung Rapid Prototyping, 18. November, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Deutschland, 2011
- [7] Bagsik, A.; Klemp E.: „Direct Manufacturing im Flugzeugbau - Serienteile aus Ultem 9085“. Rapid Prototyping Forum "i-manufacturing", 8. September, Hochschule Merseburg, Deutschland, 2011
- [8] Schöppner, V.; Kleeschulte, R.: "Modeling of the bonding strength from rigid and soft polymeric materials". Advances in Polymer Science and Technology (APST) 2, 28.-30. September, Linz, Österreich, 2011
- [9] Friedrich, N.: „Zykluszeit ohne Qualitätsverlust beim Heizelementschweißen durch Zwangskühlung mittels Druckluft“. DVS FA11, Düsseldorf, 08. Februar 2011
- [10] Schöppner, V.; Krugmann, J.: „Entwicklung einer neuen mechanischen Befestigungslösung mit gleichmäßig krafteinleitendem, dichtenden Hinterschnitt“. DVS FA11 Sitzung, Düsseldorf, 20. September 2011
- [11] Schöppner, V.; Krugmann, J.: „Entwicklung einer neuen mechanischen Befestigungslösung mit gleichmäßig krafteinleitendem, dichtenden Hinterschnitt“. DVS AG W 4.11 Sitzung, Bielefeld, 05. Oktober 2011
- [12] Schöppner, V.; Hallmann, T.: „Rheologie von Kunststoffschmelzen“. VDI-Wissensforum, Extrusionswerkzeuge für Rohre und Profile, München, 22.-23. Februar 2011
- [13] Schöppner, V.; Hallmann, T.: „Rheologie von Kunststoffschmelzen“. VDI-Wissensforum, Extrusionswerkzeuge für Folien und Platten, Frankfurt, 16.-17.11.2011

[14] Henke, B.: „Auslegung eines Breitschlitzwerkzeuges mittels GEB“. VDI-Wissensforum, Extrusionswerkzeuge für Folien und Platten, Frankfurt, 16.-17.11.2011

[15] Kloke, P.: „SIGMA – Simulation gleichläufiger Doppelschneckenmaschinen“. VDI-Forum „Der gleichläufige Doppelschneckenextruder“. 13. - 14. September, Leverkusen, 2011

[16] Schöppner, V.; Mahnken, R.; Wibbeke, A.: „Gradierte Strukturen in amorphen Kunststoffen: Herstellung von eigenverstärktem Polycarbonat.“ 24. Workshop Composite Forschung in der Mechanik, 5. Forum Metallplastizität/Funktional gradierte Strukturen, Paderborn, 30.11.-01.12.2011

KOOPERATIONEN

- (1) Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg
- (2) Center for Plastic Science and Engineering e.V.

WEITERE FUNKTIONEN

- (1) Dekan der Fakultät Maschinenbau;
- (2) Mitglied der PPS (Polymer Processing Society);
- (3) Mitglied des DVS-AGW4;
- (4) German Delegate bei der IIW zum Thema Kunststoffschweißen;
- (5) Chairman der Kommission XVI Kunststofffügen und Kleben des „International Institute of Welding“ (IIW);
- (6) Mitglied des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kunststofftechnik

FORSCHUNGSPROJEKTE

- (1) „Entwicklung eines Anlagenüberwachungssystems zur Identifizierung von Fehlern auf PE- und PP- Kunststoffrohroberflächen mit Hilfe von Bildverarbeitungs- und Sensorfusionsmethoden zur Qualitätssicherung: und Rückkopplung auf die Prozessführung (FeKuBiQu)“. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)
- (2) „Sonderforschungsbereich Transregio 30: Gradierte Strukturen in amorphen Kunststoffen – Herstellung von eigenverstärktem Polycarbonat“. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- (3) „Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Einsatz temperierter Einschnellen in der Kunststoffverarbeitung, Zykluszeitverkürzung ohne Qualitätsverlust beim Heizelementschweißen durch Zwangsabkühlung mittels Druckluft (Heatpipe)“. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)
- (4) „Umsetzung und Anwendung halbleiterbasierter Hochfrequenzschweißtechnik für neue Materialien und Nahtgeometrien im Be-

reich der Kunststoffe“. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), ZIM

(5) „Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Aufschmelzverhalten wandgleitender Materialien in Einschnellenmaschinen (Wandgleiten)“. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

(6) „Modellierung des Molekulargewichtsverlustes in Einschnellenextrudern (Molekulargewicht)“. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

(7) „Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen“. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)

(8) „Qualitätsverbesserung von Wood-Plastic-Composites (WPC) durch innovative Compoundiertechnik im Innenmischer (WPC)“. Förderinstitution: NRWBank

(9) „Fortschritte in der Durchsatzregelung von Einschnellenextrudersystemen (Durchsatzregelung)“. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)

(10) „Influence factors on FDM part quality manufactured with UL-TEM* 9085 (DMRC)“. Förderinstitution: Firmenkonsortium

(11) „Selbstlernende Rohretrusionslinie“. Förderinstitution: Industrie

(12) „Herstellung rohstoffsparender Verpackungsfolien aus neuen, partiell funktionalisierten Werkstoffen (HEROFOL)“. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)

(13) „Energetische Optimierung des diskontinuierlich compoundierenden Kautschuk-Innenmischer“. Förderinstitution: NRW-Bank

(14) „Analyse und Modellierung der Glasfaserlängenverteilung bei der Aufbereitung mit gleichläufigem Doppelschneckenextrudern“. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

(15) „Optimierung und Modellierung der geometrischen Gestaltung der Einzugszone bei einem Einschnellenextruder im Hochgeschwindigkeitsbereich“. Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

(16) „Energieeffiziente Hochgeschwindigkeits-Extrusion; Messtechnisch basierte Auslegung von Entgasungseinheit und Schneckengeometrie für Highspeed- Extruder“. Förderinstitution: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)

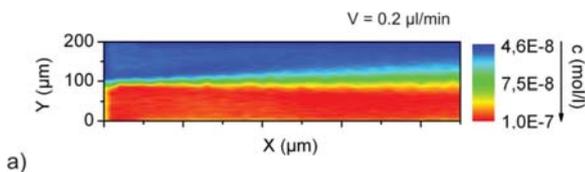
(17) „K-Lab, Labor für Kunststoffe in OWL: Auf- und Ausbau eines Centers of Science to Business, Business to Science“ Förderinstitution: CheK.NRW

Intensivierung strömungsbasierter Prozesse der Chemischen Technik/ Polymerreaktionstechnik

Selbst etablierte Verfahren der chemischen Industrie bedürfen aus ökonomischen und ökologischen Zwängen dringend weiterer Optimierung. Die dafür notwendige Prozessintensivierung erfordert neben experimentellen Untersuchungen die theoretische Durchdringung des komplexen Zusammenspiels zwischen Hydrodynamik, konvektivem und diffusivem Stofftransport sowie chemischer Reaktion. In Mehrphasensystemen kommen Stoffaustausch sowie dynamische Verformung der Phasengrenzfläche hinzu. Eine große Herausforderung ist dabei die oftmals enorme Mehrskaligkeit solcher strömungsbasierten technisch-chemischen Prozesse, bei der relevante Teilprozesse auf räumlich und/oder zeitlich weit auseinander liegenden Skalenbereichen ablaufen. Ziel ist es, auf Grundlage von Experimenten, theoretischer Analyse und numerischer Simulationen mittels vereinfachender mathematisch-mechanistischer Modellierung die Lücke zwischen den in praktischen Anwendungen eingeführten integralen Prozessmodellen und den in der akademischen Forschung aktuell genutzten mathematisch-mechanistischen Modellen zu schließen.

Aktuelle Forschungsgebiete:

- Hochviskose Prozesse in Knetern
- Bestimmung inhärenter Kinetiken in Flachbett-Mikroreaktoren
- Stoffaustausch aus aufsteigenden Gasblasen
- Nachhaltige Aufbereitungsprozesse



$[CaFluo-4]^{2+}$ Konzentrationsprofile gemäß der chemischen Reaktion $Ca^{2+} + Fluo-4 \rightarrow [CaFluo-4]^{2+}$ im Mischrohr des T-Mikroreaktors



Arbeitskreis von Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke ist seit 1998 Professor für Technische Chemie und Chemische Verfahrenstechnik in der Universität Paderborn.

Werdegang:

- Studium der Chemie und Chemischen Verfahrenstechnik an der TU Berlin
- 1974 Promotion Dr.-Ing. am Institut für Technische Chemie, TU Berlin, Prof. Dr. Kölbel
- Akademischer Rat/Direktor im Fachgebiet Technische Chemie und Chemische Verfahrenstechnik der Universität Paderborn
- 1990 Habilitation 1992 - 1995 Direktor (in Vertretung) des Instituts für Chemische Technik, Universität Karlsruhe
- C4-Rufe an die TU Chemnitz und die Universität des Saarlandes.
- Von Okt. 2003 – Sept. 2011 Dekan der Fakultät Naturwissenschaften der Universität Paderborn.
- Arbeitsgebiet: Reaktionstechnik ein- und mehrphasiger Systeme - Experimente, Modellierung, Simulation.

KONTAKT

Universität Paderborn
Fakultät für Naturwissenschaften
Technische Chemie und Chemische Verfahrenstechnik
Warburger Str. 100
Raum NW2.875
D-33098 Paderborn
Tel.: +49 5251 60 5704
Email: hans.joachim.warnecke@upb.de
<http://chemie.upb.de/warnecke>

REFERIERTE PUBLIKATIONEN

- [1] D.Bothe, M. Kröger, H.-J. Warnecke: A VOF-Based Conservative Method for the Simulation of Reactive Mass Transfer from Rising Bubbles. *Fluid Dynamics & Materials Processing*, 7 (3), 303-316 (2011)
- [2] U.D. Kück, M. Kröger, M. Schlüter, N. Rübiger, D. Bothe, H.-J. Warnecke: Skalenübergreifende Transportprozesse bei Gas-Flüssig Reaktionen. *Chem. Ing. Tech.*, 83 (7), 1084-1095 (2011)
- [3] D. Bothe, A. Lojewski, H.-J. Warnecke: Fully resolved numerical simulation of reactive mixing in a T-shaped micromixer using parabolized species equations. *Chem. Eng. Science*, 66 (24), 6424-6440 (2011)

FORSCHUNGSPROJEKTE

- (1) EU-FP7-Projekt F3-Factory, Subproject High viscous processing in kneaders, Grant agreement n° 228867
- (2) Reaktiver Stoffübergang aus aufsteigenden Gasblasen, DFG PAK 119
- (3) Knetertechnologie: BASF, BTS, SMS
- (4) Nachhaltige Wasseraufbereitung: PFT, Kommune, Industrie

WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONEN

- (1) Prof. Dr. P. Anderson, TUE Eindhoven, NL
- (2) Prof. Dr. D. Bothe, CSI, TU Darmstadt
- (3) Prof. Dr. N. Rübiger, IUV, Universität Bremen
- (4) Prof. Dr. M. Schlüter, TU Hamburg-Harburg
- (5) Prof. Dr. H. Viljoen, Chemical Engineering, University of Lincoln, USA
- (6) Prof. Dr. B. Weigand, ITLR, Universität Stuttgart

INDUSTRIELLE KOOPERATIONEN

- (1) BASF AG, Ludwigshafen
- (2) BTS, Leverkusen
- (3) BUSS-SMS-Canzler, Butzbach
- (4) Zimmermann GmbH & Co., Gütersloh

WEITERE FUNKTIONEN

- (1) Dekan der Fakultät für Naturwissenschaften Oktober 2003 – September 2011
- (2) Stellvertretender Vorsitzender des Westfälischen Umweltzentrums (WUZ)

Im Laufe des Jahres 2011 konnten in Paderborn im Institut PMP sechs Dissertationen erfolgreich abgeschlossen werden.

Lehrstuhl Prof. Dr. Wolfgang Bremser

- Sabine Zischka
Korrosionsvorhersage und Modellierung bei beschichteten Automobilsubstraten

Lehrstuhl Prof. Dr. Dirk Kuckling

- Dr. Wolfgang Birnbaum
Synthese von α,ω -funktionalisierten Poly-(ethylenglykol-co-N-isopropylacrylamid) Blockcopolymeren

Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer

- Rainer Kleeschulte
Modellierung der Verbundfestigkeit von Hart-Weich-Kombinationen polymerer Werkstoffe

Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Volker Schöppner

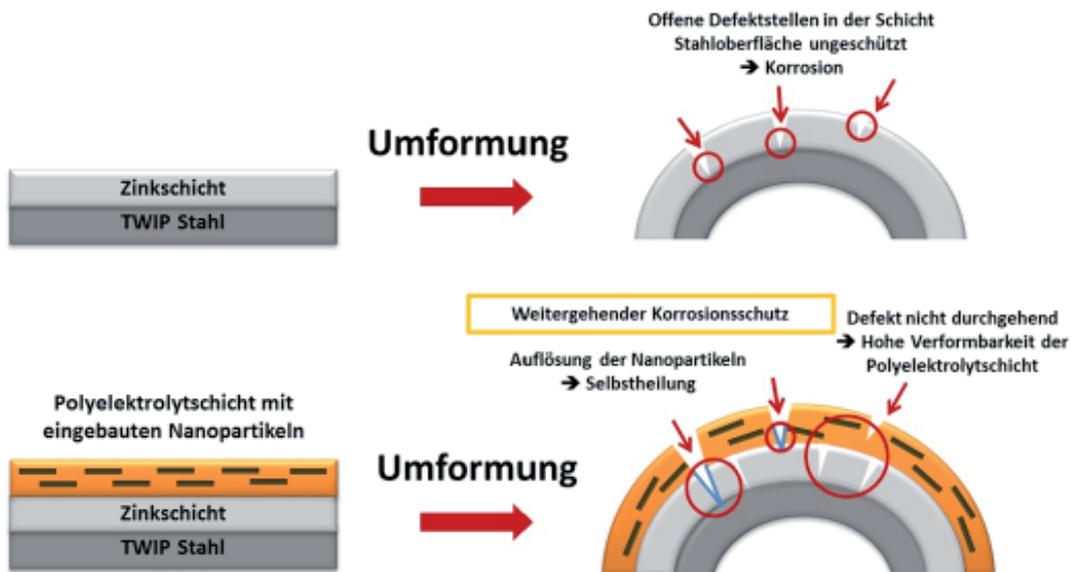
- Markus Bornemann
Erweiterung der modelltheoretischen Grundlagen zur Durchsatz- und Leistungsberechnung von Einschneckenplastifiziereinheiten
- Dirk Bonefeld
Eigenspannung, Spaltüberbrückung und Strahloszillation beim Laserdurchstrahlschweißen

Lehrstuhl Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke

- Oliver Seck
Methodenentwicklung- und Anwendung zur Untersuchung des Misch- und Entgasungsverhaltens in Knetreaktoren

Mit dem Forschungspreis der Universität Paderborn wurden dieses Jahr zwei fächerübergreifende Projekte an der Universität Paderborn ausgezeichnet. Eines dieser Projekte mit dem Titel „Entwicklung von selbstheilenden flexiblen Barrierschichten für hochduktilen TWIP-Stahl auf Basis von Polyelektrolyt-Nanokomposit-schichten“ wird von Frau Dr.-Ing. Özlem Özcan (Fakultät für Naturwissenschaften/Technische und Makromolekulare Chemie/Arbeitskreis Herr Prof. Dr.-Ing. Grundmeier) und Dr.-Ing. Thomas Niendorf (Fakultät für Maschinenbau/ Lehrstuhl für Werkstoffkunde/Arbeitskreis Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Maier) geleitet. Das Projekt wird im Jahr 2012 für 6 Monate mit ca. 60.000 € gefördert.

Das Ziel in diesem kooperativen Projekt ist es, nanoskalige Polyelektrolytschichten auf TWIP Blechen abzuscheiden. Diese Schichten versehen die Bleche direkt nach der Herstellung mit einer temporären Schicht, sodaß die TWIP Stahl-Oberfläche bis zur Endbeschichtung vor korrosiven Einflüssen geschützt wird. Im Weiteren kann das Einbauen von Nanopartikeln in die Polyelektrolytschichten, den Vernetzungsgrad des Kompositsystems erhöhen und dabei dessen mechanische Eigenschaften verbessern. Außerdem ist es mit der Anwendung von inhibitor-geladenen Nanopartikeln möglich, die Korrosionsprozesse an der Defektstelle zu unterbinden. Der vorgeschlagene Ansatz stellt ein innovatives Konzept der „Selbstheilung mittels Nanotechnologie“ dar, das auch in der Zukunft auf ähnliche Systeme übertragen werden kann.



Idee des Projektes „Entwicklung von selbstheilenden flexiblen Barrierschichten für hochduktilen TWIP-Stahl auf Basis von Polyelektrolyt-Nanokompositschichten“ von Frau Dr.-Ing. Özlem Özcan und Herr Dr.-Ing. Thomas Niendorf

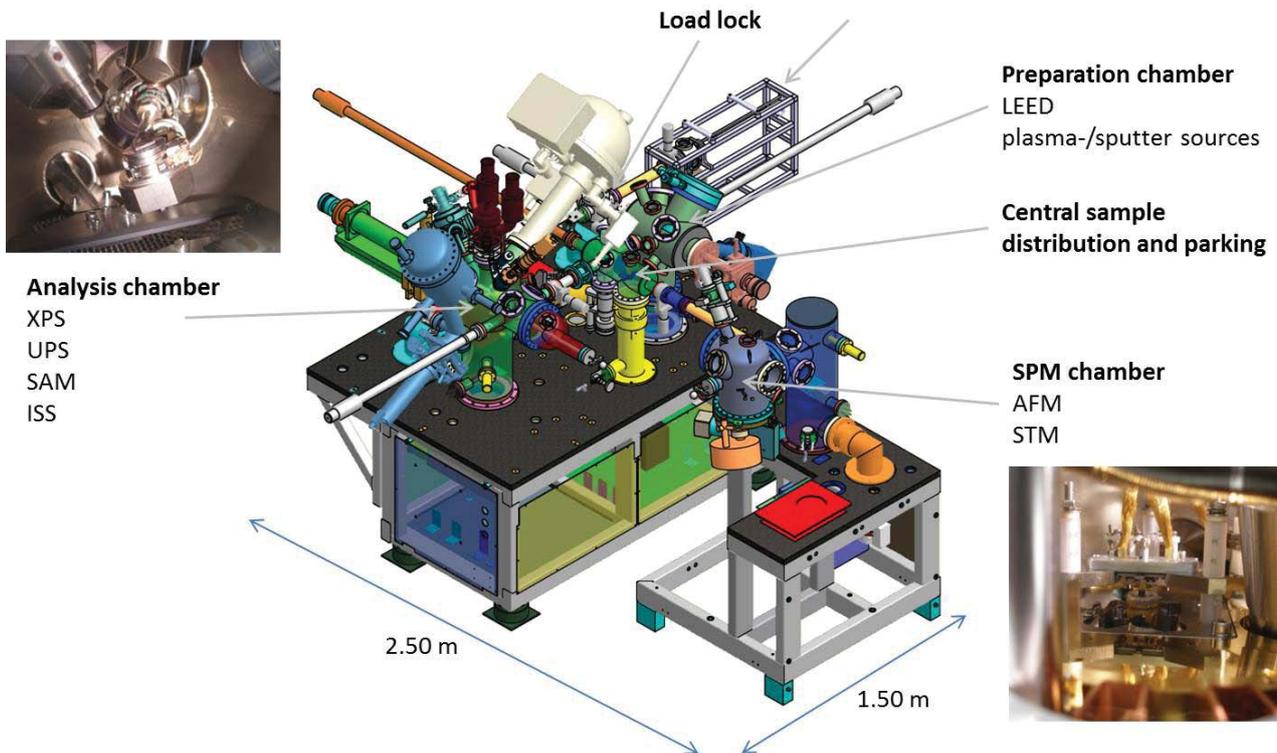
PIA-SIS (PADERBORN INTEGRATED ANALYSIS - SYSTEM FOR INTERPHASE SCIENCE)

Am 12. Juli 2011 wurde am Institut für Technische und Makromolekulare Chemie unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier das Ultrahochvakuum-Analytik-System „PIA-SIS“ im Rahmen des Labs für Oberflächen- und Grenzflächenanalytik eingeweiht. Der Name PIA-SIS steht dabei für „Paderborn Integrated Analysis – System for Interface Science“. Mit der Etablierung dieses hochausgestatteten Systems wird eine experimentelle Basis für die Erforschung von physikalischen sowie chemischen Prozessen an Grenzflächen von mikro- und nanostrukturierten Funktionswerkstoffen geschaffen. Die Kombination von Oberflächenpräparation, Elektronenmikroskopie und –spektroskopie sowie Rastersondenmikroskopie ermöglicht zudem den Brückenschlag zwischen der experimentellen Charakterisierung von Materialien zu ihrer theoretischen Beschreibung. Insbesondere Fragestellungen zur Adhäsion und Korrosion an Oberflächen

können im Hinblick auf die Oberflächenchemie und –physik untersucht werden. Somit dient das UHV-Analytik-System sowohl der Materialentwicklung als auch ihrer Simulation.

Das System besteht aus drei voneinander unabhängigen Ultrahochvakuum-Kammern die zur Präparation und Analyse von Oberflächen genutzt werden können. Detailliert stehen folgende Methoden zur Verfügung:

- Niedrigenergie-Elektronenbeugung: LEED
- Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie: XPS
- Ultraviolett-Photoelektronen-Spektroskopie: UPS
- Raster-Augerelektronen-Spektroskopie: SAM
- Rasterelektronenmikroskopie: SEM
- Ionenstreuungs-Spektroskopie: ISS
- Rasterkraft-Mikroskopie: AFM
- Rastertunnelmikroskopie: STM



UHV-System Setup (technische Zeichnung in der Mitte Omicon NanoTechnology GmbH)

NEUE GROSSGERÄTE IM JAHR 2011

NEUES HOCHAUFLÖSENDES SEKTORFELD-MASSENSPEKTROMETER UND ESI/MALDI-TOF-MASSENSPEKTROMETER

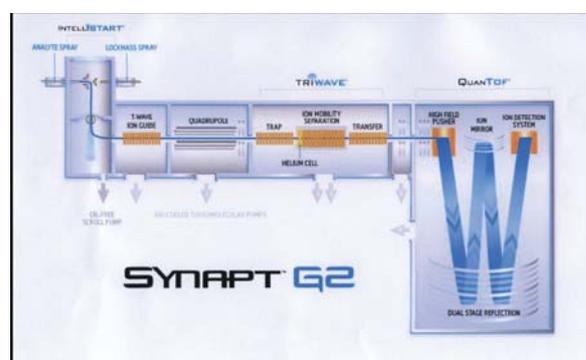
Das Department Chemie hat sich im Jahr 2011 im Bereich Massenspektrometrie verstärkt. Mit dem neuen doppeltfokussierenden Sektorfeldmassenspektrometer wird die präzise Massenbestimmung und Strukturaufklärung der im Department synthetisierten und isolierten Verbindungen mit Hilfe der Elektronenstoß- und Chemischen Ionisation erfolgen. Mit diesen massenspektrometrischen Grundroutinen werden gegenwärtig ca. 75 % der im Department anfallenden Aufgabenstellungen erfolgreich gelöst. Um auch höhermolekulare Verbindungen massenspektrometrisch untersuchen zu können, wurde der Bereich um ein zweites Massenspektrometer mit den modernen weichen Ionisationstechniken wie die Elektrospray-Ionisierung (ESI), die Chemische Ionisierung unter Atmosphärendruck (APCI) und der Matrix-Assisted-Laser-Desorption-Ionisation (MALDI) erweitert. Desweiteren ist das neue Gerät mit Experimentalkonzepten, wie der nachträglichen Fragmentierung einer Verbindung mit Stoßgas, einer GPC-Kopplung, dem MALDI-Imaging und der Ionenmobilitätsseparation, ausgestattet.



Waters MALDI-SYNAPT G2 HDMS inkl. GPC-Kopplung

Die SYNAPT™-G2-Plattform von Waters ist die zweite Generation des erfolgreichen SYNAPT-Systems und liefert eine neue Leistungsdimension. QuanTof™ wurde mit verbesserten High-Definition-MS™-Technologien kombiniert und ermöglichen damit eine intuitive Bedienung, flexible Anwendungen und ein völlig neues Leistungsniveau für viele Anwendungen. Engineered

Simplicity™, die eingebaute Einfachheit, macht das SYNAPT G2 MS zu einem hochauflösenden massengenauen MS/MS-System, das so konzipiert wurde, dass schneller korrekte Ergebnisse erhalten werden, auch bei anspruchsvollsten Anwendungen in den Bereichen Metabolitenprofiling, Proteomforschung, Identifizierung von Biomarkern, Biopharmazeutik, bei Screening-Anwendungen oder der Polymerforschung.



Schematischer Aufbau des Waters MALDI-Synapt G2 HDMS



CIW - DER STUDIENGANG FÜR BRÜCKENBAUER ZWISCHEN DEN DISZIPLINEN

In einer hochspezialisierten Industrie, die sich rasch fortentwickelt, gibt es einen großen Bedarf an Ingenieuren, die eine solide und breite Grundausbildung aufweisen können. Dabei ist insbesondere das Verständnis der Grundlagen und deren Anwendung notwendig, um in einem sich schnell ändernden Umfeld nachhaltig erfolgreich zu sein.

Der Studiengang CIW wurde in enger Kooperation der Fakultäten für Maschinenbau und für Naturwissenschaften konzipiert. Verantwortlich für die Konzeption des neuen Studienganges waren alle Lehrstühle des PMP, die Lehrstühle für Fluidverfahrenstechnik sowie Thermodynamik und Energietechnik unter der Federführung von Prof. Hans-Joachim Schmid. Der Studiengang ist konsequent interdisziplinär aufgebaut.

Das Bachelorstudium enthält neben den mathematischen Grundlagen und den klassischen ingenieurwissenschaftlichen Fächern des Maschinenbaus einen zusätzlichen Schwerpunkt in der Chemie und der Physik sowie in den verfahrenstechnischen Grundlagen. In naturwissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Praktika werden zusätzlich die Inhalte der Vorlesungen ergänzt und vertieft.

Die erste Phase des Bachelorstudiums bildet das Grundstudium mit Pflichtmodulen aus den Bereichen Maschinenbau und Chemie.

Während der zweiten Phase, dem Vertiefungsstudium, werden neben den drei Pflichtmodulen Regelungstechnik, Physikalische Chemie und Einführung in die chemische, thermische und mechanische Verfahrenstechnik zahlreiche Wahlmöglichkeiten angeboten.

Die Studierenden lernen somit von Anfang an die – manchmal doch unterschiedlichen – Arbeits- und

Denkweisen von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern kennen. Damit sollen Chemieingenieure in die Lage versetzt werden, eine Brückenfunktion zwischen den Disziplinen wahrzunehmen.

Das Masterstudium soll wissenschaftlich vertiefende Themen vermitteln. Dabei wird auch Wert auf moderne experimentelle und Simulationsmethoden gelegt. Hier gibt es die Möglichkeit für die Studierenden zwischen drei stark ausgeprägten Vertiefungsrichtungen zu wählen. Dabei stellt die Vertiefungsrichtung Polymer-technologie sogar ein Alleinstellungsmerkmal unter den in Deutschland etablierten Chemieingenieur Studiengängen dar, wobei die Expertise des PMP hier entscheidend für die erfolgreiche Realisierung war. Aber auch die anderen Vertiefungsrichtungen Verfahrenstechnik und insbesondere Nanotechnologie werden maßgeblich von Professoren aus dem PMP getragen.

Nachdem im Wintersemester 2010/2011 der Bachelor-Studiengang „Chemieingenieurwesen“ an der Universität Paderborn mit 16 eingeschriebenen Studenten gestartet ist, soll zum Sommersemester 2012 der Master-Studiengang eingeführt werden.

Insgesamt ergänzt der neue Studiengang CIW mit den Vertiefungsrichtungen Verfahrenstechnik und Kunststofftechnik optimal die Studiengänge Chemie und Maschinenbau.

Weitere Informationen finden Sie unter www.mb.uni-paderborn.de/ciw.



Beim Schülerinfotag informieren sich Schüler über den Studiengang CIW.

ZLH - ZENTRUM FÜR LEICHTBAU MIT HYBRIDSYSTEMEN



Einige der im PMP vertretenden Lehrstühle beteiligen sich am Zentrum für Leichtbau mit Hybridsystemen im Hinblick auf die Entwicklung von Werkstoffen und Produktionstechnologien sowie der Untersuchung von Grenzflächeneigenschaften.

Pressemitteilung der Universität Paderborn vom 12.01.12:

AUFNAHME IN DIE FINALE AUSWAHLRUNDE

Wissenschaftsrat empfiehlt Neubau eines Forschungsgebäudes für Leichtbau – Entscheidender Schritt für Forschungscluster Zukunftsmeile Fürstenallee

Am Dienstag, 11.1.2012, hat sich der Wissenschaftsrat in Berlin dafür ausgesprochen, den Forschungsbau „Zentrum für Leichtbau mit Hybridsystemen (ZLH)“ der Universität Paderborn an der Zukunftsmeile Fürstenallee in die nächste Auswahlrunde für eine Förderung durch Bund und Länder aufzunehmen. Damit hat es der Antrag der Universität Paderborn in die letzte und entscheidende Runde geschafft. Die Hochschule ist nun dazu aufgefordert, einen Vollertrag zu stellen.

Die Gesamtkosten für das neue Forschungsgebäude werden auf 37,6 Millionen Euro geschätzt, wobei circa 22,6 Millionen Euro auf den Bau und 13 Millionen Euro auf die Ausstattung entfallen. Bezug und Inbetriebnahme des 4.729 Quadratmeter großen Gebäudes sind für 2015 geplant. Der Standort des neuen Forschungsbaus ist innerhalb des Forschungsclusters Zukunftsmeile Fürstenallee in Paderborn vorgesehen. Zu Beginn werden ungefähr 110 Personen, mittelfristig insgesamt bis zu 160 Personen im Gebäude tätig sein.

„Wir freuen uns sehr darüber, dass sich der Wissenschaftsrat für eine Förderung des Zentrums für Leichtbau mit Hybridsystemen ausgesprochen hat. Das zeigt, dass unsere exzellente Forschung im Bereich Leichtbau auch über die Grenzen Nordrhein-Westfalens

immer mehr wahrgenommen wird“, so Prof. Dr. Nikolaus Risch, Präsident der Universität Paderborn. Es sei eine richtige Entscheidung gewesen, den Leichtbau als strategischen Schwerpunkt zu definieren. Im Zusammenspiel mit den Bereichen Mechatronik sowie Intelligente Technische Systeme definiere dieser Dreiklang die strategische Weiterentwicklung der Universität. Insgesamt weise das Projekt eine sehr hohe gesellschaftliche Relevanz auf. Auch würden bestehende Kompetenzen neu gebündelt und forciert. „Die Hochschule hat bereits in der Vergangenheit mit dem Institut für Polymere Materialien und Prozesse sowie weiteren Einrichtungen die Weichen für den Bereich Leichtbau gestellt“, fügte Risch hinzu.

Ziel des Zentrums für Leichtbau mit Hybridsystemen (ZLH) ist es, Grundlagen für den effizienten Extremleichtbau auch für breite Anwendungen zu schaffen. Diese Art von Extremleichtbau basiert auf der Umsetzung energie- und ressourcenschonender Prozesse zur Herstellung von belastungsangepassten Strukturen. Das ist erforderlich, um eine vollständige Materialausnutzung und damit einen Extremleichtbau zu erzielen, der aus heutiger Sicht Massereduktionen von bis zu 50 Prozent ermöglichen kann.

Im Vergleich zu aktuellen Mischbauweisen müssen dazu neue Konzepte entwickelt werden, die viel weiter gehende lokale Eigenschaftsvariationen ermöglichen. Das bedeutet, dass nicht nur die Eigenschaften eines Werkstoffes, sondern auch die artverschiedenen Werkstoffe selbst lokal variabel kombiniert werden, sodass ein Übergang zur Hybridbauweise erfolgt. Da als weiteres wesentliches Kriterium die Effizienz der Prozesse über deren Umsetzbarkeit entscheiden wird, sollen energie- und ressourcenschonende Prozesse erforscht und Hybridsysteme ganzheitlich qualifiziert werden.

Der Themenschwerpunkt Leichtbau ist in dieser Folge Kernbestandteil der Zukunftsmeile Fürstenallee. Mit der Zukunftsmeile Fürstenallee wird ein Forschungscluster für Produkt- und Produktionsinnovationen aufgebaut. Gemeinsam mit dem Forschungszentrum für Intelligente Technische Systeme soll das Zentrum für Leichtbau mit Hybridsystemen den Nukleus dieses Clusters bilden.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Institut für Polymere Materialien und Prozesse (PMP)
Universität Paderborn

KOORDINATION UND REALISIERUNG

Dr. Silvia Dohmeier-Fischer, Geschäftsführung

ANSCHRIFT

Institut für Polymere Materialien und Prozesse (PMP)
Universität Paderborn
Warburger Straße 100
33098 Paderborn

Telefon +49-5251-60-3937
Telefax +49-5251-60-2821
<http://pmp.uni-paderborn.de/>

DRUCK

W. V. Westfalia Druck, Paderborn

BERICHTSZEITRAUM

01. Januar 2011 bis 31. Dezember 2011

PMP Jahresbericht 2011



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

Institut für Polymere Materialien und Prozesse (PMP)
Universität Paderborn
Warburger Straße 100
33098 Paderborn

Telefon +49-5251-60-3937
Telefax +49-5251-60-3821
<http://pmp.uni-paderborn.de/>