



Leibniz-Institut
für Polymerforschung
Dresden

Jahresbericht 2020





Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.

Jahresbericht 2020

**Funktionale
nanostrukturierte
Grenzflächen und
Polymersysteme**

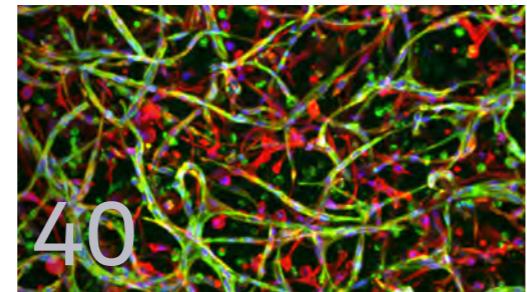


- 4 Inhalt
- 6 Vorwort | Preface
- 8 Schlaglichter | Highlights
- 10 Organe
- 11 Personal und Finanzen
- 12 Organigramm

- 16 Funktionale Polyester aus der radikalischen Ringöffnungs-Polymerisation
- 18 Weiche und intrinsisch flexible polymere Halbleiter für tragbare Elektronik
- 20 Morphology of ellagic acid template layers for organic photovoltaics
- 22 Perspektiven gekoppelter organisch-anorganischer Nanostrukturen für Ladungs- und Energietransferanwendungen
- 24 Advances in thermal field-flow fractionation for the analysis of complex polymer systems
- 26 Marangoni effects influencing the dynamics of drops
- 28 Plasmonische Oberflächenstrukturen Funktionale nanostrukturierte Oberflächen mit neuen spektroskopischen Eigenschaften
- 30 Novel iron- and enzyme-based ceramic hybrid materials for the degradation of organic trace pollutants
- 32 Eisadhäsionsmessungen an glatten hydrophilen Schichten
- 34 LDH - Vom Flammhemmer zur Solarzelle
- 36 Self-stratifying powder coatings
- 38 End-adsorbing chains in polymer brushes: Pathway to highly metastable switchable surfaces

INHALT

**Biologie-inspirierte
Grenzflächen- und
Materialgestaltung**



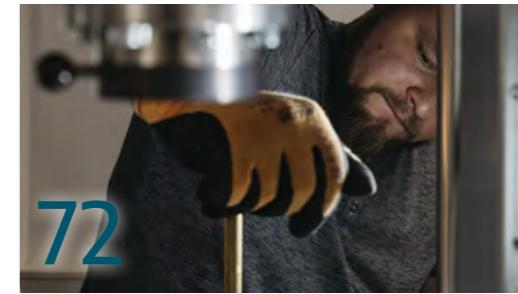
- 42 FRET experiments for understanding diffusion process of bio(macro)molecules through polymersome membraner
- 44 Bio-inspirierte Haftvermittler für Chrom(VI)-freie Metallisierung von Kunststoffen
- 46 Mean-field model of the collapse transition of brushes inside cylindrical nanopores
- 48 Artificial neural networks learning sequence-controlled polymer translocation through lipid membranes
- 50 Injectable microcarriers for controlled delivery of IL13 to the brain
- 52 Growth factor concentration gradients within glycosaminoglycan-based hydrogels to modulate endothelial cell morphogenesis
- 54 Polymer hydrogels to guide organotypic and organoid cultures
- 56 Conductive hydrogels for bioelectronic interfaces
- 58 Discovery of hemocompatible bacterial biofilm-resistant copolymers

**Polymere Netzwerke
und übermolekulare
Strukturen**



- 62 Stimuli-responsive hydrogels through cleavable covalent and non-covalent cross-linkers
- 64 Funktionale suprakolloidale Cluster
- 66 Systematic combination of theory and experiment clarifies field-induced effects in magnetic elastomer
- 68 A novel approach to introduce UCST behavior into polymer brushes
- 70 Polymer phase separation in competitive solvents

**Prozessgeführte
Strukturbildung
polymerer Materialien**



- 74 Additive Fertigung von Mikroflusszellen mittels Mikrostereolithographie für die Produktion von Mikroemulsionen und Polymermikropartikeln
- 76 Robuste funktionelle Mikrostrukturen an Kunststoffteilen durch 3D-Druck
- 78 Korrelative Visualisierung von prozess-gesteuerten Morphologien im Polyamid
- 80 Kontinuierliche elektroneninduzierte reaktive Aufbereitung – ein Prozess zur nachhaltigen Modifizierung von Polymerwerkstoffen
- 82 Numerical simulation of multiphase flows – An approach for modelling and simulation of micro- and macro-mixing in polymer processing
- 84 Beanspruchungsgerecht verstärkte Vliesstoffe aus recycelten Carbonfasern
- 86 Light-induced order-disorder transitions in azobenzene-containing systems in solution and solid state
- 88 Fibre-matrix interaction in mineral-bonded composites under dynamic loading

- 90 Ergebnisse in Zahlen
- 91 Publikationen
- 119 Graduierungsarbeiten
- 121 Preise und Auszeichnungen
- 124 Wissenschaftleraustausch
- 129 Veranstaltungen
- 130 Lehrtätigkeit
- 132 Impressum

VORWORT

Liebe Leser, liebe Mitarbeiter,
Partner und Freunde,

2020 war für uns alle ein außergewöhnliches Jahr. Die Corona-Pandemie hatte Auswirkungen auf alle Lebensbereiche. Im ersten Lockdown im März wurde zur Kontaktminimierung die Arbeit soweit wie möglich nach zu Hause verlagert. Der Laborbetrieb wurde zeitweise weitgehend eingestellt, Veranstaltungen und Dienstreisen wurden abgesagt und Besprechungen online durchgeführt. Viele Umstellungen in sehr kurzer Zeit brachten für Leitung und Mitarbeiter große Herausforderungen mit sich, die aufgrund des Engagements aller sehr gut gemeistert wurden. Über das ganze Jahr wurden dann Schutzmaßnahmen und arbeitsorganisatorische Lösungen der Pandemieentwicklung und den staatlichen Vorgaben jeweils angepasst. So konnte eine Weiterverbreitung von Infektionen im Institut verhindert und auch in der zweiten Corona-Welle die Arbeit erfolgreich fortgeführt werden. Die wissenschaftlichen Ergebnisse und Zahlen in Kernbereichen wie Publikationen und Projektfinanzierung, wo es mit 10,7 Mio. EUR erneut ein Rekordergebnis gab, weisen dies eindrucksvoll aus.

Die strategische Planung der Institutsentwicklung wurde mit vollem Einsatz weitergeführt. Ende des Jahres stimmten die Mittelgeber im Kuratorium den Plänen zu, die eine fachliche Erweiterung des Instituts in den Bereichen Systemintegration und datenwissenschaftsbasierte Materialforschung beinhalten. In den für 2021 neu definierten strategischen Themen werden zudem Nachhaltigkeitsaspekte stärker fokussiert:

- ST1** Grundlegende Konzepte der weichen Materie
- ST2** Bioinspirierte Materialien
- ST3** Funktionsmaterialien und Systemintegration
- ST4** Prozesskontrollierte Strukturmaterien
- ST5** Datenwissenschaftsbasierte Materialforschung
- ST6** Nachhaltigkeit und Umweltschutz

Auch eine weitere räumliche Erweiterung ist angeplant und wird planerisch vorbereitet, nachdem 2020 Bezug und Inbetriebnahme des neuen Gebäudes Kaitzer Straße umgesetzt wurden.

Im März trat Herr Professor Markus Stommel sein Amt als Leiter des Instituts für Polymerwerkstoffe (IPW) an: Keine leichte Zeit zur Einarbeitung in eine neue Funktion in ganz neuer Umgebung. Trotzdem konnte er wichtige Weichen für die Weiterentwicklung des Instituts stellen, und zu Beginn des Jahres 2021 wurde im IPW der Abteilungszuschnitt geändert. Vgl. Organigramm auf www.ipfdd.de.

Wie immer dankt der Vorstand des IPF an dieser Stelle den Zuwendungsgebern, Förderern und Partnern des IPF für die gute Zusammenarbeit.

Ein besonderer Dank gilt nach diesem besonderen Jahr allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IPF für das engagierte, verantwortungsvolle Verhalten, die Anpassung an veränderte, teilweise schwierige Bedingungen und die erfolgreiche Fortsetzung der Arbeit! ■

Prof. Dr. Brigitte Voit und Dr. Lilla Farkas

Vorstand des IPF



Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden

Dear readers, dear coworkers,
partners, and friends,

2020 was an exceptional year for all of us. The corona pandemic affected all aspects of life. During the first lockdown in March, the IPF staff started working in home office whenever possible to avoid infections. Experimental work in the laboratories was suspended, events and business trips were cancelled, and meetings were held online. A lot of changes had to be realized within very short time. This tremendous challenge to the institute's management and employees were met due to the committed work of everyone. The safety measures as well as organization and regulations of work were adapted to the respective pandemic situation and the government guidelines. Thus, infections have not been spread in the institute, and even in the second corona wave the work was continued with good success. This is illustrated by the scientific results and important figures, such as the number of publications in journals and the amount of project funds acquired: 10.7 million Euro are again a new record in this field.

Also, the strategic planning of the further development of the institute was pushed on with full commitment. In the end of 2020, the plans were approved by the representatives of the Saxon and Federal governments in the board of trustees of the IPF. The strategy includes an amplification of the institute's research

activities in the areas of system integration and data science-based material research. In addition, aspects of sustainability get a stronger focus in the updated definition of the strategic goals of research at the IPF:

- ST1** Basic concepts of soft matter
- ST2** Bio-inspired materials
- ST3** Functional materials and system integration
- ST4** Process controlled structural materials
- ST5** Data science-based material research
- ST6** Sustainability and environment protection

The future plans also include a further extension of the campus. The respective planning has begun right after starting work in the new IPF building at Kaitzer Straße. In March 2020, Professor Markus Stommel took office as head of the IPF Institute of Polymer Materials. Despite the quite adverse conditions for starting in a new environment, he has managed to set the course for further successful development of the institute. A change in the organizational structure within his institute became valid in January 2021 (cf. organizational chart at www.ipfdd.de).

The Board of Management thanks again all sponsors, supporters, and partners for the good cooperation in the past year.

At the end of this challenging year, special thanks go to all employees of the IPF for their commitment and sense of responsibility, their adaptation to changed and sometimes difficult conditions and the continuation of the successful work! ■

Prof. Dr. Brigitte Voit and Dr. Lilla Farkas
Board of the IPF

PREFACE

HIGHLIGHTS SCHLAGLICHTER

- Sebastian Gemkow, Sächsischer Staatsminister für Wissenschaft, traf sich am IPF mit Leitern der sächsischen Leibniz-Institute: Fachliche Expertise, Wissenstransfer und interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Lösung gesellschaftlicher und technologischer Herausforderungen gewürdigt.
Sebastian Gemkow, Saxon State Minister for Science, met with the heads of the Saxon Leibniz institutes at the IPF and recognized expertise, knowledge transfer and interdisciplinary cooperation to solve social and technological challenges.



Bundestagsabgeordneter Andreas Lämmel (CDU) im Rahmen eines IGF-Matchings der AiF zu Gast am IPF:

Aktuell 15 AiF-Projekte am IPF. Seit 2011 AiF-Projekte im Umfang von 7,65 Mio. EUR eingeworben.

Member of the Bundestag Andreas Lämmel (CDU) visits the IPF within an IGF matching of AiF:

Currently 15 AiF projects at the IPF. Since 2011 there has been raised worth of 7.65 Mio. EUR of AiF projects.

- Auszeichnungen für Frau Professor Brigitte Voit:** Macher30-Preis – Ehrenpreis des Ostens in der Kategorie Wissenschaft und PTN Medema Lecture Award (vgl. S. 122)
Awards for Professor Brigitte Voit: Macher30 Prize – Honorary Prize of the East in the science category and PTN Medema Lecture Award

- NanoMatFutur-Forschergruppe am IPF etabliert:** Dr. Elisha Krieg erhält Förderung für sein Projekt „Programmierbare DNA-basierte Nanomaterialien“.
NanoMatFutur research group established at IPF: Dr. Elisha Krieg receives funding for his project "Programmable DNA-based nanomaterials".



- Professur in Südafrika für Dr. Albena Lederer:** Leiterin der Abt. Analytik wurde im Rahmen einer gemeinsamen Berufung als Professorin für Analytical Polymer Science an das Department of Chemistry and Polymer Science der Universität Stellenbosch, berufen.
Professorship for Dr. Albena Lederer: Head of the Analytical Department of the IPF was appointed professor for Analytical Polymer Science at the Department of Chemistry and Polymer Science at the University of Stellenbosch, South Africa.

- Corona-Nothilfe:** Wissenschaftler aus DRESDEN-concept-Einrichtungen unterstützten im März / April den Kampf gegen das Coronavirus durch 3D-Druck von Gesichtsschilden für medizinisches Personal.
Corona emergency aid: Scientists from DRESDEN-concept institutions supported the fight against the coronavirus in March / April by 3D printing of face shields for medical staff.



- Internationales Projekt microplastiX:** 15 Partner aus sieben Ländern erforschen Mikroplastik im Atlantischen Ozean. Sie entwickeln neue Methoden zur Bestimmung von Mikroplastikpartikeln und leisten einen Beitrag für gesunde marine Ökosysteme.
International project microplastiX: 15 partners from seven countries research microplastics in the Atlantic Ocean. They develop new methods for the determination of microplastic particles and make a contribution for a healthy marine ecosystems.



- Mitwirkung an neuen DFG-Sonderforschungsbereichen**
Participation in new DFG Collaborative Research Centers

SFB / TRR 280

Konstruktionsstrategien für material-minimierte Carbonbetonstrukturen – Grundlagen für eine neue Art zu bauen
Construction strategies for material-minimized carbon concrete structures - foundations for a new way of building

SFB 1415

Chemie der synthetischen 2D-Materialien
Chemistry of synthetic 2D materials

- DRESDEN-concept-Wissenschaftsausstellung „Wie werden wir in Zukunft leben?“ auf dem Dresden Altmarkt**
DRESDEN-concept science exhibition “How will we live in the future?” on Dresden's Altmarkt square



- Zertifikat berufundfamilie zum dritten Mal erfolgreich verteidigt – IPF als familienfreundliche Einrichtung anerkannt.**
Work and family certificate successfully defended for the third time - IPF recognized as a family-friendly institution.



- Neue IPF-Fellows ernannt (vgl. S. 124)**
New IPF Fellows appointed
Prof. Ivan Minev
University Sheffield, GB
Prof. Dr. Mahmoud Al-Hussein
University of Jordan, JOR
Prof. Kim R. Williams
Colorado School of Mines in Golden, USA



- VIP+ Projekt:** Validierung von Hydrogelmatrix-3D-Zellkulturen für Hochdurchsatz-Toxizitätsanalysen
VIP+ project: Validation of hydrogel matrix 3D cell cultures for high throughput toxicity analyzes

- Mitwirkung an neuen EU-Projekten**
Participation in new EU projects

- PepsaMate**
Sustainable bio-based nano-structured functional materials

- InComEss**
Materials for energy generation and storage

- USOME**
Analysis methods for biohybrid vesicles

- MultiMat³**
Multi-Material Additive Manufacturing

ORGANE

Das Institut wurde auf Empfehlung des Wissenschaftsrates mit Wirkung vom 1.01.1992 als eingetragener Verein gegründet. Es gehört der Leibniz-Gemeinschaft an und wird zu gleichen Teilen von Bund und Ländern institutionell gefördert. Die Organe des Vereins sind die Mitgliederversammlung, das Kuratorium, der Vorstand und der Wissenschaftliche Beirat.

Dem Verein gehörten im Berichtsjahr ab dem 1.01.2020 zwölf stimmberechtigte Mitglieder und zwei Mitglieder ohne Stimmrecht an. Der Freistaat Sachsen ist als juristische Person Mitglied des Vereins.

Das **Kuratorium** hatte 2020 folgende Mitglieder:

- Freistaat Sachsen – vertreten durch das Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus, vertreten durch Ministerialrat Christoph Meier (bis März 2020) bzw. Axel Bergmann, Dresden, Vorsitzender
- Bundesrepublik Deutschland – vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Dr. Peter Schroth, Bonn, stellvertretender Vorsitzender
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Gerhard Rödel, Technische Universität Dresden, von der Mitgliederversammlung gewähltes Mitglied des Vereins
- Prof. Dr. Dr. h. c. Peter Fratzl, Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam, von der Mitgliederversammlung gewählter Sachverständiger

Als Mitglieder im **Vorstand** waren bestellt:

als **Wissenschaftliche Direktorin**:

Prof. Dr. Brigitte Voit

als **Kaufmännische Direktorin**:

Dr. Lilla Farkas

Der **Wissenschaftliche Beirat** setzt sich aus sechs bis zehn stimmberechtigten ausgewiesenen

externen Fachleuten des In- und Auslandes in den verschiedenen Arbeitsgebieten des Vereins zusammen. Die Mitglieder werden im Benehmen mit dem Vorstand berufen. Im Berichtsjahr gehörten dem Wissenschaftlichen Beirat folgende Mitglieder an:

- Prof. Dr. Matthias Ballauf, Freie Universität Berlin,
- Prof. Dr.-Ing. Christian Bonten, Universität Stuttgart,
- Prof. Claudia Fischbach-Teschl, Cornell University, USA,
- Prof. Dr. Katharina Landfester, Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz,
- Prof. Dr. Matthias Lütfolf, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Schweiz,
- Prof. Dr. Wolfgang Paul, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
- Dr. Jens Rieger, BASF SE, Ludwigshafen,
- Dr. Georges Thielen, Goodyear Innovation Center, Luxemburg,
- Dr. Matthias Ullrich, Evonik Resource Efficiency GmbH, Marl,
- Prof. Dr.-Ing. Matthias Wessling, RTWH Aachen.

Weitere **Gremien am Institut** sind Kollegium und Wissenschaftlich-Technischer Rat. Das Kollegium, das durch die Leiter der fünf IPF-Institute und den Leiter des Forschungsbereichs gebildet wird, wirkt mit bei der Forschungsplanung, berät und unterstützt den Vorstand bei Aufstellung, Vollzug und wissenschaftlichem Controlling des Programmbudgets. Der Wissenschaftlich-Technische Rat besteht aus gewählten wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts und berät den Vorstand in wissenschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Fragen.

Förderverein

Dem Verein zur Förderung des IPF gehörten im Berichtsjahr 24 Firmen und Institutionen sowie 20 Privatpersonen an. (Mitgliederliste im Internet unter „Organisation“)



Personal

Im Institut arbeiteten zum 31.12.2020 470 Mitarbeiter; davon waren 230 Wissenschaftler.

Zum Stichtag am Jahresende verzeichnet die Statistik 95 Doktoranden und 39 Postdoktoranden. 292 Mitarbeiter wurden aus institutionellen Mitteln und 178 Mitarbeiter aus Drittmitteln finanziert. Der Anteil weiblicher Mitarbeiter lag bei 47,5 % aller Beschäftigten, der von Beschäftigten mit ausländischer Staatsangehörigkeit bei 21,5 %.

Über das Jahr waren insgesamt 152 Gastwissenschaftler und -studenten für kürzere (24) oder längere (128) Zeiträume* im Rahmen von Gastaufenthalten am IPF tätig. Außerdem beschäftigte das Institut im Jahr 2020 insgesamt 100 studentische Hilfskräfte und Praktikanten.

Zum Stichtag 31.12.2020 hatten 23 Auszubildende einen Ausbildungsvertrag mit dem Institut: 12 Chemielaboranten, 9 Biotechnikstudenten und 2 Verfahrensmechaniker.

Das Institut ist nach dem audit berufundfamilie als familienfreundliche Einrichtung zertifiziert.

Mitarbeiter nach Beschäftigungsgruppen

Stand 31.12.2020

Auszubildende und Berufsakademiestudenten

 23

Interner Service

 30

Administration

 49

Wissenschaftlich-technisches Personal

 75

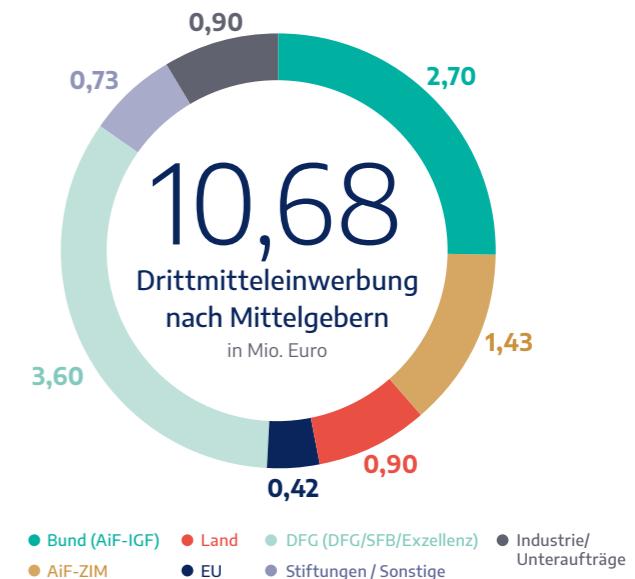
Studenten

 63

Wissenschaftler

 230

PERSONAL UND FINANZEN



Finanzen

Im Haushaltsjahr 2020 erhielt das IPF für laufende Maßnahmen eine institutionelle Förderung in Höhe von 26,8 Mio. EUR. Diese Mittel wurden zu 56 % für Personal, zu 31 % für sachliche und Verwaltungsausgaben und zu 13 % für Investitionen verwendet. Außerdem wurden dem IPF für 2020 finanzielle Mittel in Höhe von 0,85 Mio. EUR für die Baumaßnahme Gebäude Kaitzer Straße 4 bewilligt.

Aus öffentlich geförderten Projekten und Industrieverträgen im Drittmittelbereich konnten 10,7 Mio. EUR eingeworben werden. Damit erreichten die Drittmittel einen Anteil von 28,5 % am Gesamtetat.

9,8 Mio. EUR der eingeworbenen Mittel entstammen öffentlich geförderten Projekten der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Europäischen Union, der Bundesministerien für Bildung und Forschung, für Ernährung und Landwirtschaft sowie für Wirtschaft und Energie (über AiF Projekt GmbH), des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, der Volkswagen-Stiftung, der Alexander von Humboldt-Stiftung oder des Deutschen Akademischen Austauschdienstes. Über direkte Kooperationen mit der Industrie wurden 0,9 Mio. EUR eingenommen. ■

ORGANIGRAMM

Stand: 31.12.2020

MITGLIEDERVERSAMMLUNG

KURATORIUM

VORSTAND

Wissenschaftliche Direktorin

Prof. Dr. Brigitte Voit

Kaufmännische Direktorin

Dr. Lilla Farkas

Prof. Dr. Brigitte Voit

Institut
Makromolekulare
Chemie

Abteilung
Polymerstrukturen
Dr. Anton Kiriy

Abteilung
**Bioaktive und
responsive Polymere**
Dr. Dietmar Appelhans

Abteilung
**Funktionale
Nanokomposite
und Blends**
Dr. Petra Pötschke

Abteilung
Analytik
Prof. Dr. Albena Lederer

Prof. Dr. Andreas Fery

Institut
Physikalische Chemie
und Physik der Polymere

Abteilung
**Funktionale Kolloidale
Materialien**
Prof. Dr. Andreas Fery

Abteilung
Polymergrenzflächen
PD Dr. Alla Synyska

Abteilung
**Nanostrukturierte
Materialien**
Dr. Petra Uhlmann

Zentrum
**Multi-Skalen-
Charakterisierung**
Dr. Ulrich Scheler

Prof. Dr.-Ing. Markus Stommel

Institut
Polymerwerkstoffe

Abteilung
Verarbeitungsprozesse
Dr.-Ing. Ines Kühnert

Abteilung
Reaktive Verarbeitung
Prof. Dr.-Ing. Udo Wagenknecht

Abteilung
**Mechanik und
Verbundwerkstoffe**
Dr. Konrad Schneider

Forschungsbereich
Elastomere
Prof. Dr.-Ing. Sven Wiesner



Prof. Dr. Carsten Werner
Institut
Biofunktionelle
Polymermaterialien



Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer
Institut
Theorie der Polymere



Dr. Lilla Farkas
Zentrale Servicebereiche
und Administration

Ladung, Struktur
und Adhäsion an
Biogrenzflächen
Dr. Ralf Zimmermann

Hämokompatibilität
von Biomaterialien
Dr. Manfred Maitz

Matrix Engineering
Dr. Uwe Freudenberg

Theoretische
Polymerphysik
Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer

Materialtheorie
und Modellierung
PD Dr. Marina Grenzer

Bereich
Forschungstechnik
Dr. Michael Wilms

Verwaltung und
Technische Dienste
Dr. Lilla Farkas

Funktionale nanostrukturierte Grenzflächen und Polymersysteme



Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden



Prof. Dr. Brigitte Voit

Prof. Dr. Andreas Fery

Prof. Dr. Carsten Werner

Auch in 2020 konnte sich das Gebiet der funktionalen Polymere und Hybridsysteme sehr erfolgreich weiterentwickeln. Besonders hervorzuheben im Bereich der organischen Elektronik sind die Entwicklung von ultraweichen, hochelastischen Blockcopolymeren mit hoher Ladungsmobilität für Hautelektronik (*Adv. Materials*, 2020, 2005416) und der erfolgreiche Ausbau der Zusammenarbeit der Programmabereiche 1 und 2 zur Kopplung von funktionellen Nanopartikeln mit konjugierten Polymeren (*Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59, doi.org/10.1002/anie.201916402 und DOI: 0.1002/anie.202012216). Letztere ergänzen die Aktivitäten zum Aufbau von optisch funktionellen Oberflächen über kolloidale Selbstanordnung (*ACS Appl. Mater. & Interphase* 2019, 11, (31), 28189).

Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die Kombination responsiver Polymere mit funktionellen anorganischen Nanopartikeln. So können beispielsweise polymere Linker genutzt werden, um die Abstände und Strukturen von kolloidalen Clustern schaltbar zu machen und neue Funktionalitäten für diese „kolloidalen Moleküle“ zu erschließen (*ACS Nano* 2020, 14, 4577-4584, Liebig-Stipendium Christian Rossner).

Mikrofluidik auf Basis von schaltbaren Hydrogelventilen und enzymbeladenen Hydrogeldots konnte erfolgreich auf eine pharmazeutisch interessante Enzymkaskadenreaktion angewandt werden (*Micromachines* 2020, 11, 267 + Doktorarbeit F. Obst). Darüber hinaus fanden Polymerbürsten Anwendung in der Unterdrückung der Eissbildung auf Oberflächen (*Langmuir* 2020, 36 (16), 4465). Wichtig für die weitere Zusammenarbeit am Standort, national und international sind der erfolgreiche Start des neuen SFB 1415 zu 2D-Materialien und die Weiterführung des SFB 1194 zur dynamischen

Benetzung jeweils mit IPF-Beteiligung, die Mitwirkung am DFG-SPP2248 Polymerbasierte Batterien und die Bewilligung des EU-Projekts InComEss (Innovative polymer-based composite systems for high-efficient energy scavenging and storage).

Die Thermische Feldflussfraktionierung (ThFFF) wurde durch intensive Grundlagenuntersuchungen in einer Doktorarbeit (M. Geisler) als eine alternative und ergänzende Methode zur Charakterisierung von komplexen Polymerstrukturen in Lösung entwickelt (*Anal. Chem.* 2020, 92, 14822; *J. Chromatogr. A* 2020, 1621, 461082).

In einer Ausgründung (DermaPurge) konnte die Entwicklung eines Produkts zur Dekontamination von Nanopartikeln inklusive Viren auf der menschlichen Haut gestartet werden.

Im Bereich des ST 1 gab es 2020 auch wichtige Erfolge in den akademischen Karrieren: Frau PD Dr. Albena Lederer wurde auf eine gemeinsame Professur mit der Universität Stellenbosch, Südafrika, berufen, Frau Dr. Franziska Lissel nimmt – bei Weiterführung ihrer Gruppe am IPF – seit Oktober 2020 eine Vertretungsprofessur an der Universität Jena wahr, Herr Dr. Tobias König hat sein Habilitationsverfahren an der TU Dresden erfolgreich abgeschlossen und Herr Dr. Jens Gaitzsch hat einen Lehrauftrag an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus angenommen.

Frau Prof. Voit wurde mit dem PTN Medema Lecture Award (NL) und dem Macher 30-Preis (Wissenschaft) ausgezeichnet. Der Innovationspreis des IPF (Gruppe Dr. Dieter Fischer) und der Doktorandenpreis des Fördervereins des IPF (Dr. Andrea Käppler) wurden 2020 beide für die Thematik Charakterisierung von Mikroplastik verliehen. ■

Funktionale Polyester aus der Radikalischen Ringöffnungs-Polymerisation

Fabian Mehner, Julian Heinrich, Jens Gaitzsch

Polyester sind eine interessante Klasse an Polymeren, da sie hydrolysebar und damit potentiell biologisch abbaubar sind. Bei einer Synthese über Ringöffnungspolymerisation oder Polykondensation besteht aber das Problem, dass funktionale Gruppen wie Amine oder Alkohole nur begrenzt oder gar nicht eingebracht werden können. Darüber hinaus ist die Ringöffnungs-Polymerisation anfällig für protische Verunreinigungen. Bei der im Vergleich wenig erforschten Variante der Radikalischen Ringöffnungs-Polymerisation (RROP) können diese Nachteile überwunden und neue Polyester synthetisiert werden.

Die Synthese der zyklischen Ketene Acetale (CKAs, Monomere) stellt hierbei den ersten wichtigen Knackpunkt dar. Bei bisherigen Synthesen wurden diese über ein intermediäres Haloacetal hergestellt. Diese Synthese verlief bei hohen Temperaturen, konnte nun aber für mehrere Monomere in eine Katalysator-basierte Variante

überführt werden. In diesem neuen Verfahren werden die Diole als Ausgangsverbindungen mit einem CoCl_2 / Trimethylsilylchlorid (TMS-Cl) Katalysatorsystem in die entsprechenden Prämonomere überführt. Dieses Katalysatorgemisch ermöglichte eine deutliche Verringerung der Reaktionstemperatur auf Raumtemperatur bei gleichbleibender Ausbeute. Inzwischen können die 4 am meisten in der RROP verwendeten Monomere über diesen Weg hergestellt werden. Darüber hinaus konnte ein vollständig neuer Weg zu Monomeren eröffnet werden, welcher über ein intermediäres Carbonat verläuft. In dieser Variante erfolgt der Ringschluss des ausgehenden Diols zu jenem Carbonat. Eine darauffolgende Petasis-Reaktion ermöglicht die Synthese neuer Amin-haltiger CKAs für die RROP. (Abbildung 1, oben) Eines dieser Monomere wurde bereits veröffentlicht und weitere sollen in der laufenden Forschung am IPF folgen. Dies beinhaltet auch schwefelhaltige Monomere, welche in einer Masterarbeit am IMC untersucht wurden.

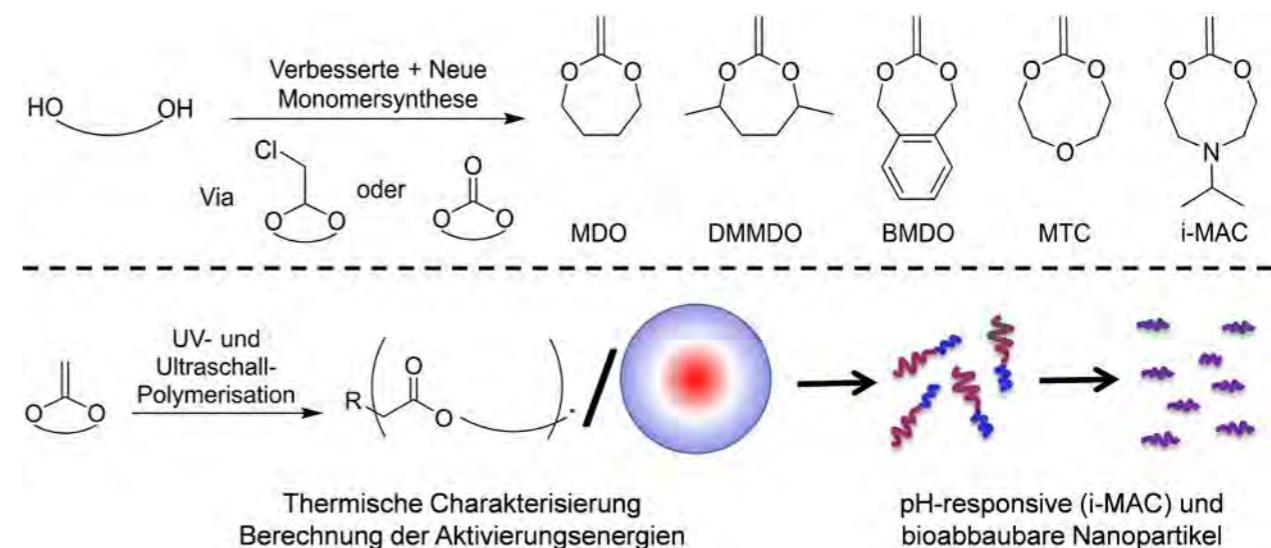


Abb. 1 Oben: Über eine verbesserte und erneuerte Monomersynthese konnten diverse CKAs hergestellt werden, wobei das i-MAC vorher nicht bekannt war. Unten: Die CKAs werden dann über die RROP zu Polyestern polymerisiert und diese charakterisiert. Daraus hergestellte Nanopartikel sind alle biologisch abbaubar und im Falle des polymerisierten i-MAC auch pH-responsiv.

Bei der Polymerisation von Polyestern aus der RROP wurde festgestellt, dass zwar alle einen charakteristischen Glasübergang besitzen, aber nur eingeschränkt über eine Schmelztemperatur. Nur das polymerisierte MDO, welches eine dem Poly(caprolacton) (PCL) analoge Struktur aufweist, hat auch eine Schmelztemperatur, wenn auch deutlich niedriger. Es ist hierbei hervorzuheben, dass unsere Gruppe erstmals Poly-MDO mit einer Schmelztemperatur herstellen konnte. Die Verzweigungen in der Polymerstruktur (bedingt durch die freie radikalische Polymerisation) können hier eine Bildung von kristallinen Domänen vollständig verhindern. Die erhöhte Kontrolle der Polymerisation durch geringere Verzweigung in einer Ultraschall- und UV-basierten Polymerisation konnte sogar den Grad der Kristallisation und damit die Schmelzwärme kontrollieren. Dieser Kontrolle über die Architektur der Polymere soll fortgeführt werden. Eine Kontrolle des Ringöffnungsgrades und damit Erhöhung des Polyester-Anteils ist ebenso Teil der

Forschung und theoretische Daten zu den Aktivierungsenergien der einzelnen Reaktionen haben dazu bereits wichtige Anhaltspunkte geliefert

Alle bisher von uns publizierten Monomere konnten polymerisiert und amphiphile Block-Copolymere eingebaut werden. Diese haben sich alle zu Mizellen angeordnet und konnten alle kontrolliert durch die Zugabe des Enzyms Esterase biologisch abgebaut werden. Hierbei zeigte sich ein klarer Zusammenhang zwischen kristallinen und nicht-kristallinen Polymeren in ihrer Abbaugeschwindigkeit. Darüber hinaus zeigten die polymerisierten Amin-haltigen CKAs das gewünschte pH-sensitive Verhalten und damit konnten pH-responsive biologisch abbaubare Mizellen über die RROP hergestellt werden. Letzteres stellt einen erheblichen Zuwachs dar, da Polymere für solche Mizellen nicht über andere Kettenwachstumsreaktionen zugänglich sind. (Abbildung 1, unten) ■

Gefördert durch

Novartis-Stiftung bei der Universität Basel zu Förderung von Exzellenz in den Lebenswissenschaften

Kooperationspartner

- Prof. Wolfgang Meier, Universität Basel
- Prof. James Anderson, University College London

[1] Folini, J.; Murad, W.; Mehner, F.; Meier, W.; Gaitzsch, J. Updating Radical Ring-Opening Polymerisation of Cyclic Ketene Acetals from Synthesis to Degradation. *Eur. Polym. J.* 134 (2020) 109851.

[2] Folini, J.; Huang, C.-H.; Anderson, J. C.; Meier, W.; Gaitzsch, J. Novel Monomers in Radical Ring-Opening Polymerisation for Biodegradable and pH Responsive Nanoparticles. *Polym. Chem.* 10 (2019) 5285-5288.

Weiche und intrinsisch flexible polymere Halbleiter für tragbare Elektronik

Kristina Ditte, Soosang Chae, Hartmut Komber,
Peter Formanek, Andreas Fery, Anton Kiriy, Franziska Lissel

Displays und Sensoren, die direkt auf der Haut getragen werden, oder weiche Roboter aus nachgiebigen Materialien für neue Arten der Mensch-Roboter-Interaktion könnten in naher Zukunft allgemeingegenwärtig sein. Um solche Anwendungen möglich zu machen, müssen die verwendeten elektronischen Materialien sich wie menschliche Haut biegen, dehnen und komprimieren lassen. Insbesondere Polymere sind hierfür vielversprechend, da sie im Vergleich zu anorganischen Materialien, z. B. Silizium, weich und mechanisch nachgiebig sind, und große strukturelle Vielfalt besitzen.

Konjugierte Polymere finden Verwendung als Halbleiter. Die konjugierte Molekülstruktur, welche einen effizienten Ladungstransport ermöglicht, macht diese Polymere aber gleichzeitig steif und brüchig. Werden sie mechanischen Stress ausgesetzt, beispielweise gedehnt, bilden

sich Risse im Material, und die elektrische Leitfähigkeit nimmt rapide ab.

In einem neuen Projekt von Dr. F. Lissel und ihrer Gruppe *Funktionelle Elektronische Materialien* (FEM) innerhalb des Instituts Makromolekulare Chemie wurde nun ein Polymersystem entwickelt, das nicht nur effizient elektrische Ladung transportiert, sondern auch weich und intrinsisch flexibel ist.

Hierfür wurden an die Kettenenden eines polymeren Halbleiters (Diketopyrrolopyrrol – DPP) zwei weiche und mechanisch flexible Elastomerblöcke (Polydimethylsiloxan – PDMS) kovalent gekoppelt. Innerhalb dieser Struktur ist der Ladungstransport durch die konjugierten und steifen DPP-Blöcke möglich, während die PDMS-Enden für die Dehnbarkeit verantwortlich sind (Abbildung 1).

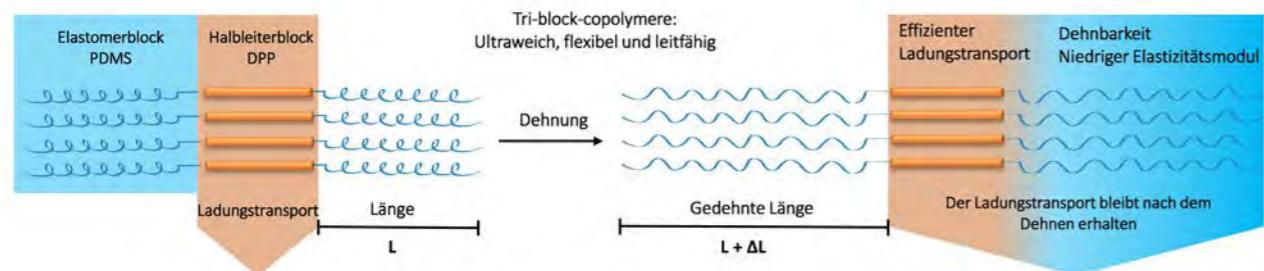


Abb. 1 Der Ladungstransport wird durch die inneren DPP-Blöcke ermöglicht und bleibt erhalten, auch wenn die elastischen PDMS-Blöcke gedehnt werden.

Im Rahmen ihrer Doktorarbeit konnte Frau K. Ditte eine Reihe solcher Triblock-copolymere (TBC) synthetisieren. Während die Größe des konjugierten inneren Blocks konstant blieb, wurde die Länge der äußeren elastischen Blöcke variiert.

Am IPF war es mit Hilfe von Dr. H. Komber und Dr. P. Formanek möglich, die Struktur der neuen Materialien aufzuklären und eine nanoskalige Trennung der halbleitenden und elastomeren Phase zu beobachten. Dr. M. Al-Hussein, Gastwissenschaftler von der Universität von Jordanien, konnte die

Existenz von zwei unterschiedlich kristallinen Bereichen innerhalb der Materialien nachweisen und ihre relative Kristallinität durch Röntgenexperimente berechnen.

Dr. S. Chae, Humboldt-Forschungsstipendiat am Institut für Physikalische Chemie und Physik der Polymere, konnte zeigen, dass das erhaltene Material auf die doppelte Länge gedehnt werden kann, ohne dass sich Risse bilden. Auch sind die erhaltenen Polymere sehr weich: Das Polymer mit den größten flexiblen Blöcken ist ebenso weich und elastisch wie die menschliche Haut (Abbildung 2).

Mit Kooperationspartner des *Center for Advancing Electronics Dresden* (caed) der TU Dresden konnte

nachgewiesen werden, dass die neuen Materialien fast genauso gute Halbleiter sind wie das steife DPP-Polymer.

Schließlich konnten Frau K. Ditte und Dr. S. Chae zeigen, dass die Leitfähigkeit des neuen Materials auch unter Dehnung erhalten bleibt: Selbst nach 1500-maliger Dehnung auf die eineinhalbfache Länge blieb der Ladungstransport auf dem gleichen Niveau, während er für das steife Referenzpolymer (DPP-Polymer) nach nur 100-facher Dehnung um mehrere Größenordnungen abnahm (Abbildung 3).

Das Forschungsgebiet der dehnbaren organischen Elektronik ist am IPF noch neu und die FEM-Gruppe arbeitet daran, dieses zu etablieren. ■

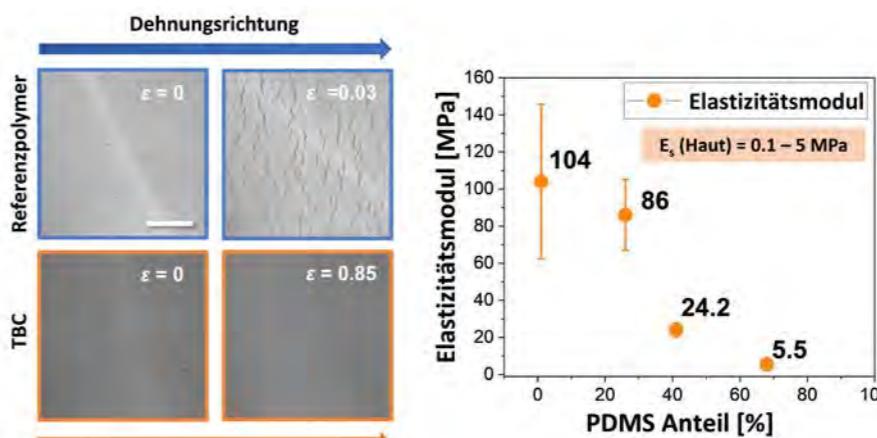


Abb. 2
Links: Mikroskopiebilder der Polymerfilme unter Dehnung (Maßstab: 50 μm ;
 ϵ = angelegte Dehnung in %);
Rechts: Elastizität der Polymere
(% = Massenanteil an PDMS) und der
menschlichen Haut.

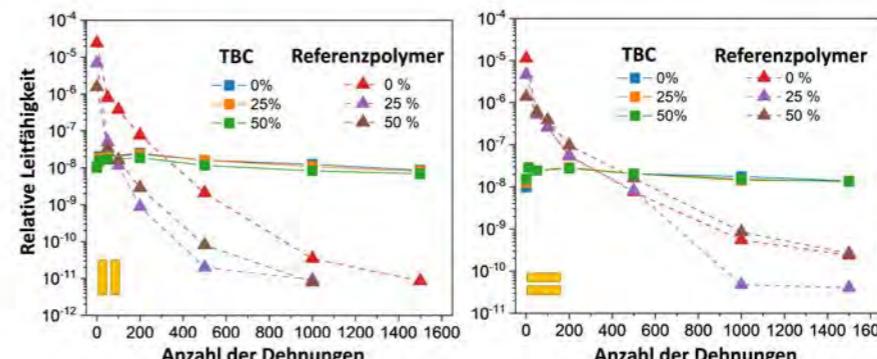


Abb. 3
Änderung der Leitfähigkeit
beim 1500-fachen Dehnen:
Rechts: Dehnung parallel
zur Kanalrichtung
Links: Dehnung senkrecht
zur Kanalrichtung

Gefördert durch

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),
- Fonds der Chemischen Industrie (FCI),
- Alexander von Humboldt-Stiftung

Kooperationspartner

- Jonathan Perez, IFW Dresden
- Dr. Mike Hambach und Prof. Dr. Stefan C. B. Mannsfeld, caed, TU Dresden
- Prof. Dr. Mahmoud Al-Hussein, Universität von Jordanien

[1] K. Ditte, J. Perez, S. Chae, M. Al-Hussein, H. Komber, P. Formanek, S. Mannsfeld, A. Fery, A. Kiriy, und F. Lissel: *Adv. Mater.* **2021**, *33*, 2005416 (DOI: 10.1002/adma.202005416).

Morphology of ellagic acid template layers for organic photovoltaics

Eva Bittrich, Petra Uhlmann, Mahmoud Al-Hussein, Dieter Jähnichen, Lars Bittrich, Mikhail Malanin, Andreas Janke, Klaus-Jochen Eichhorn

The orientation of semi-conducting organic molecules has considerable influence on the optoelectronic properties in organic photovoltaics (OPV). Hereby, flat-lying (“face-on”) growth was shown to improve light absorption in active layers for OPV [1]. Structural templating by a thin crystalline layer is one of the strategies to achieve such desired growth of the semi-conducting material [2].

One promising candidate for such a templating molecule is ellagic acid (EA). It is a planar, aromatic molecule with a delocalized π -system (Fig. 1a), present e.g. in pomegranates. EA is well known in food research for its anticancer and antioxidant effects. Its crystalline structure is governed by the coexistence of π -stacking along the normal to the (102) plane, and strong intermolecular hydrogen bonding within this plane (Fig. 1c). Moreover, its energy level alignment with typical semi-conducting materials for OPV is more favorable than for other templating molecules.

For thin EA films (monolayer – 75 nm) deposited by physical vapor deposition a uniaxial, π -stacking, nanocrystalline morphology was confirmed (Fig. 1b) [3]. The

nanocrystals exhibited high aspect ratios with in-plane sizes of 50 nm (Fig. 2a), and considerably smaller out-of-plane sizes of 16 nm – 25 nm as obtained from X-ray analysis [3]. A decrease in the optical birefringence $n_{xy} - n_z$ with decreasing thickness was observed (Fig. 2b), which results from a less compact in-plane packing of EA grains in thinner films.

Strong and weak hydrogen bonding interactions were identified, stabilizing the EA crystal lattice (Fig. 3). In contrast to a balance of weak to strong hydrogen bonding in micrometer-sized grains of the EA powder, a surplus of weak hydrogen bonding was found in the ultra-thin films, pointing to a surface-to-volume effect in the intermolecular interaction behavior within nanometer-sized EA crystals.

Our analysis of the morphology of EA thin films demonstrates their suitability to template semiconducting organic films, e.g. to target an improvement of OPV device performance. Relatively smooth, π -stacked films could be formed, with the capability for π - π -interactions and hydrogen bonding with a potential top-layer of semi-conducting organic molecules. ■

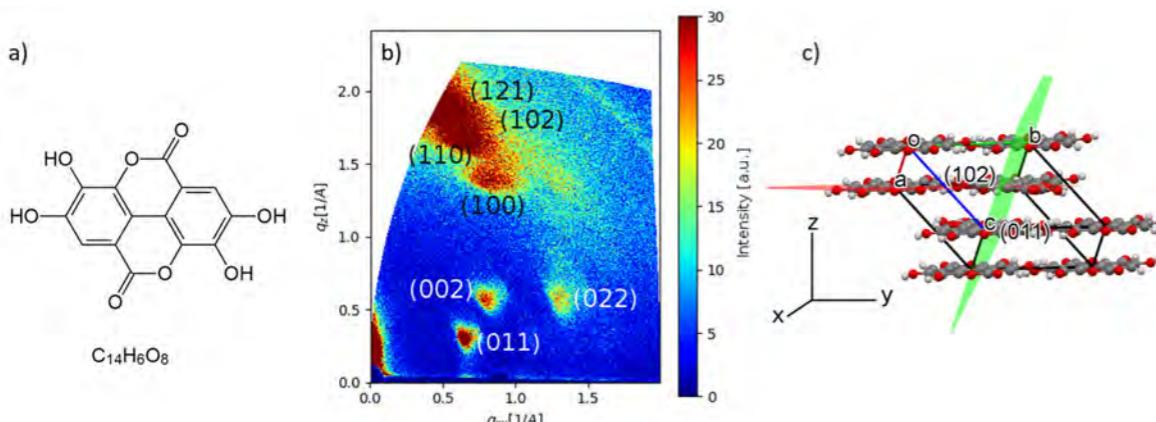
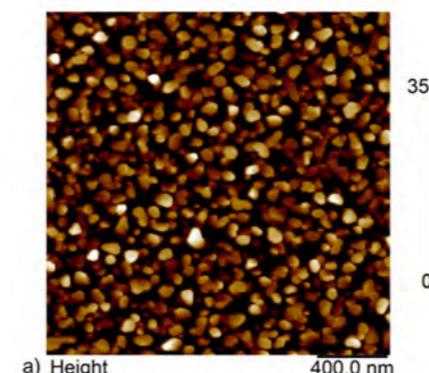
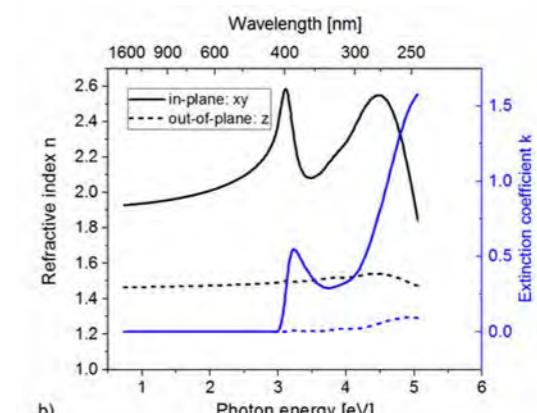


Fig. 1 Chemical structure of ellagic acid (EA) (a), grazing-incidence X-ray diffraction pattern obtained at the Ganesha 300 XL+ (SAXSLAB) of IPF as well as indexing of lattice planes (b), and sketch of the crystallographic texture of π -stacking (CCDC: 1149400) (c).



a) Height 400.0 nm



b) Wavelength [nm]
Refractive index n
Extinction coefficient k
1600 900 600 400 300 250
1 2 3 4 5 6
Photon energy [eV]

Fig. 2 AFM of EA grains deposited on silicon in a film thickness of 16 nm (a), and uniaxial anisotropic refractive index dispersions of EA films obtained by spectroscopic ellipsometry (b).

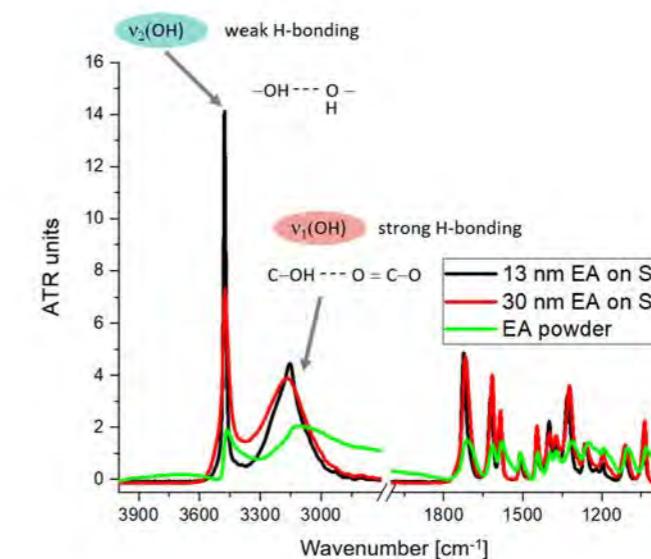


Fig. 3 Comparison of infrared (IR)-spectra of ultra-thin ellagic acid films to the IR-spectrum of ellagic acid powder and identification of weak and strong intermolecular H-bonding in the crystal lattice. Spectra are normalized to the $\text{C}=\text{C}$ stretching vibration at 1510 cm^{-1} .

Funding

Federal Ministry of Education and Research of Germany (BMBF: KMU-NetC, 03VNE1052D) within the project “InspirA”.

Cooperations

- Dr. Marieta Levichkova and Dr. Karsten Walzer, Heliatek GmbH, Dresden
- Prof. Mahmoud Al-Hussein (IPF Fellow), University of Jordan
- Prof. Torsten Fritz, Friedrich-Schiller Universität Jena
- Prof. Vanya Darakchieva, Linköping University, Sweden

[1] C. Schünemann, D. Wynands, K.-J. Eichhorn, M. Stamm, K. Leo, M. Riede: *J. Phys. Chem. C* 117 (2013) 11600–11609.

[2] H. Wang, F. Zhu, J. Yang, Y. Geng, D. Yan: *Adv. Mater.* 19 (2007) 2168–2171.

[3] E. Bittrich, J. Domke, D. Jähnichen, L. Bittrich, M. Malanin, A. Janke, P. Uhlmann, K.-J. Eichhorn, A. Papamichail, V. Stanishev, V. Darakchieva, M. Al-Hussein, M. Levichkova, T. Fritz, K. Walzer: *J. Phys. Chem. C* 124 (2020) 16381–16390.

Perspektiven gekoppelter organisch-anorganischer Nanostrukturen für Ladungs- und Energietransferanwendungen

Anja Maria Steiner, Franziska Lissel, Andreas Fery

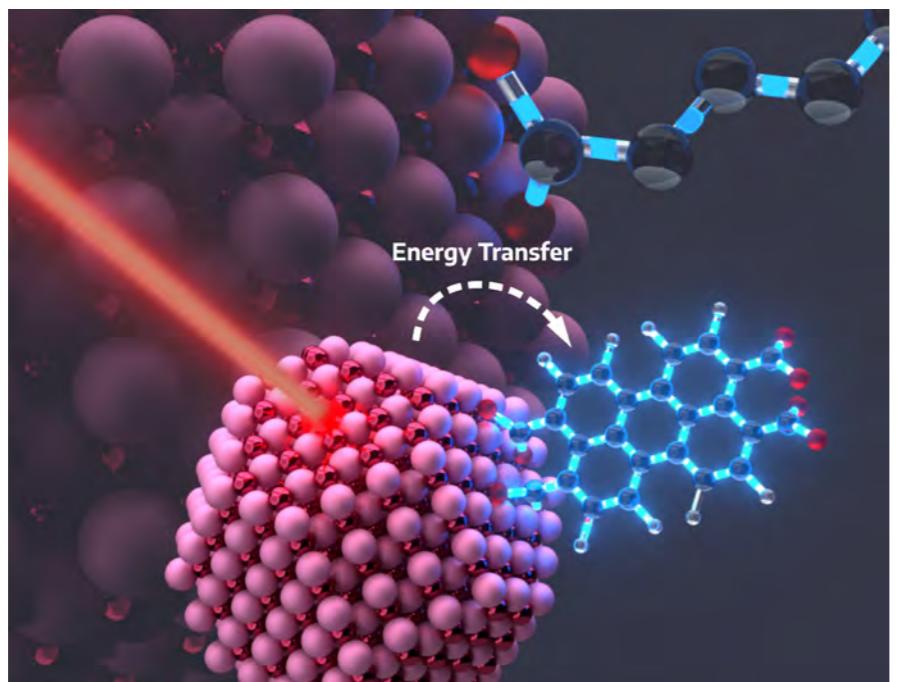


Abb. 1 Schematische Darstellung von organisch-anorganischen Nanokompositen, welche einen signifikanten Grad elektronischer Kopplung über die Hybridgrenzfläche besitzen.

Seit es in den 1980er Jahren gelang, organische und anorganische Verbindungen im nanoskaligen Bereich zu mischen, gab es eine enorme Entwicklung auf dem Feld der „hybriden organisch-anorganischen Nanostrukturen“. Der Grund für das erbrachte Interesse liegt in der Möglichkeit durch die Kombination von organischen und anorganischen Nanostrukturen neuartige Eigenschaften zu erzielen,

die auf stark ausgeprägten Grenzflächeneffekten zwischen den beiden Phasen basieren. Beispielweise sind gekoppelte organische-anorganische Nanostrukturen (coupled organic-inorganic nanostructures, COINs) in der Lage Elektronendichte oder Energie über die Grenzfläche hinweg auszutauschen (schematische Darstellung siehe Abbildung 1).

Damit ein Austausch zwischen den Kompositmaterialien erfolgen kann, werden üblicherweise Komponenten gewählt, die aus Halbleitern, Metallen oder konjugierten, organischen π -Systemen bestehen. Dabei ist das elektronische Verhalten von organischen und anorganischen Materialien (d.h. die Lebensdauer, Dipolstärke und Entartung von Exzitonen) so unterschiedlich, dass die kombinierten photokatalytischen Eigenschaften der beiden Bestandteile zu etwas potentiell Neuem verschmelzen. Die Untersuchung von Ladungs- und Energietransfer in COINs legen die Bedeutung der Grenzflächen offen und erhöhen die Chancen des gezielten Einsatzes von Grenzflächeneffekten, um die physikalischen Eigenschaften des Systems zu kontrollieren. Die vier Hauptanwendungen des maßgeschneiderten Ladungs- oder Energietransfers in COINs sind bisher die Singulettspaltung, die Gewinnung von Triplet-Exzitonen, die Photonen-Aufwärtskonvertierung und der Transfer heißer Ladungsträger. Die Integration dieser Anwendungsmöglichkeiten in optoelektronische Bauelemente bietet zudem das Potential zur Leistungssteigerung von Solarzellen, Leuchtdioden, Photodetektoren und photokatalytischen Prozessen.

Fortschritte in der Chemie von Nanokompositen ermöglichen das rationale Design von Festkörper-COIN-Filmen, die explizit genutzt werden können um eine der

vier oben genannten Hauptanwendungen und somit die Leistungsfähigkeit optoelektronischer Bauelemente zu optimieren. Der Schlüssel liegt hierbei in der Fähigkeit, organische π -Systeme mittels elektronisch geeigneter funktioneller Gruppen direkt an die Oberfläche anorganischer Nanostrukturen zu binden. Diese Art des COIN-Aufbaus bietet gegenüber einem reinen Mischen der Komponenten einige Vorteile, wie die Unterdrückung der Phasentrennung, eine maximierte Anzahl von Hybridgrenzflächen und einen engen Kontakt zwischen der organischen und anorganischen Komponente. Diese Vorteile kommen insbesondere im Festkörperbereich zum Tragen, weshalb wir uns in diesem Artikel auf Festkörperanwendungen konzentrieren. Aktuelle Fortschritte in der Synthese zweidimensionaler Nanostrukturen und Bleihalogenidperowskit-Nanokristallen ermöglichen zudem neue optoelektronische Funktionalitäten, die bisher eine Herausforderung darstellten. Außerdem sind wir der Überzeugung, dass das Potenzial von Kern-Schale Nanokristallen innerhalb COIN Strukturen noch nicht einmal annähernd soweit ausgenutzt wird, wie es aufgrund ihrer einzigartigen photokatalytischen Eigenschaften möglich wäre, wodurch ihr Einsatz ein großes Zukunftspotenzial für optoelektronische Anwendungen besitzt. ■

Gefördert durch

- Fonds der Chemischen Industrie (FCI)/European Research Council (ERC) im Rahmen des Horizon 2020 „Research and Innovation Program“ (Förder-Nr. 802822)
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der deutschen Exzellenzinitiative im Exzellenzcluster PhoenixD (EXC 2122, Projekt-Nr. 390833453)
- Caroline-Herschel-Programm der Leibniz-Universität Hannover

- Liebig Stipendium (FCI)
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG- Projekt-Nr. 407193529)

Kooperationspartner

- Dr. Jannika Lauth, Leibniz-Universität Hannover
- Prof. Marcus Scheele, Eberhard-Karls-Universität Tübingen

[1] Anja Maria Steiner, Franziska Lissel, Andreas Fery, Jannika Lauth, and Marcus Scheele, Prospects of Coupled Organic-Inorganic Nanostructures for Charge and Energy Transfer Applications. *Angew. Chem. Int. Ed.* 59 (2020) 2–26.

Advances in thermal field-flow fractionation for the analysis of complex polymer systems

Martin Geisler, Laura Plüschke, Jürgen Pionteck, Alberna Lederer

Despite its advantages, the potential of field-flow fractionation (FFF) as alternative or complementary separation and analysis technique is not fully exploited yet due to the lack of profound theoretical background and optimization effort. Thermal FFF (ThFFF) represents the so far least understood method since it relies on thermophoresis, an itself not yet well understood thermally guided migration phenomenon of analytes in a fluid. Hence, we have aimed in this project to generate advances in ThFFF by theory and experiment to exploit its potential in polymer characterization.

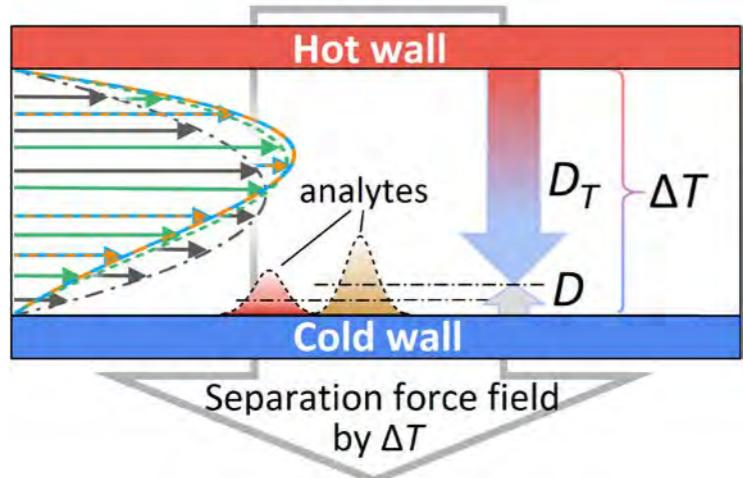


Fig. 1 Separation in ThFFF under influence of a temperature drop ΔT with the thermal diffusion D_T , and the translational diffusion D . The distorted exact flow profile (orange/blue) is shown in comparison to the normal approximation (green).

As a basis for accurate thermophoretic data out of ThFFF experiments a distortion correction of the laminar flow-profile due to a non-constant viscosity of the carrier liquid is inevitable (Fig. 1). To allow an easy and accurate distortion correction, we generated solvent-specific coefficients for in total 59 solvents¹ to extend the list of correctable solvents. On top, a modified retention equation is proposed to also resemble severely distorted flow-profiles.¹

The improved theoretical basis for ThFFF calculations allowed to gain a better understanding of polymer thermal diffusion to establish ThFFF as characterization

method. These theoretical considerations are the basis for any application studies. The potential of ThFFF under optimized conditions to be used as alternative branching analysis method was already shown in 2019.² However, finding solvents that yield sufficiently high retention remained so far, an elaborate trial-and-error process. Therefore, the latest prediction model has been revisited by combining it with the Hansen solubility theory (Fig. 2).³ This new theory approach was validated by ThFFF experiments using a library of polyethylenes with varying topology obtained by chain walking catalysis (cwPE), which allow experiments in a variety of

solvents at ambient temperatures. This polymer system was extensively investigated in the last 3 years^{4,5} and hence, a comprehensive set of data could be used as a basis. In inverse mode, the revisited thermal diffusion

model allowed also to validate local segmental sizes as measures for the stiffness or microstructure in polymers of varying topology on the basis of experimental thermal diffusion data.³

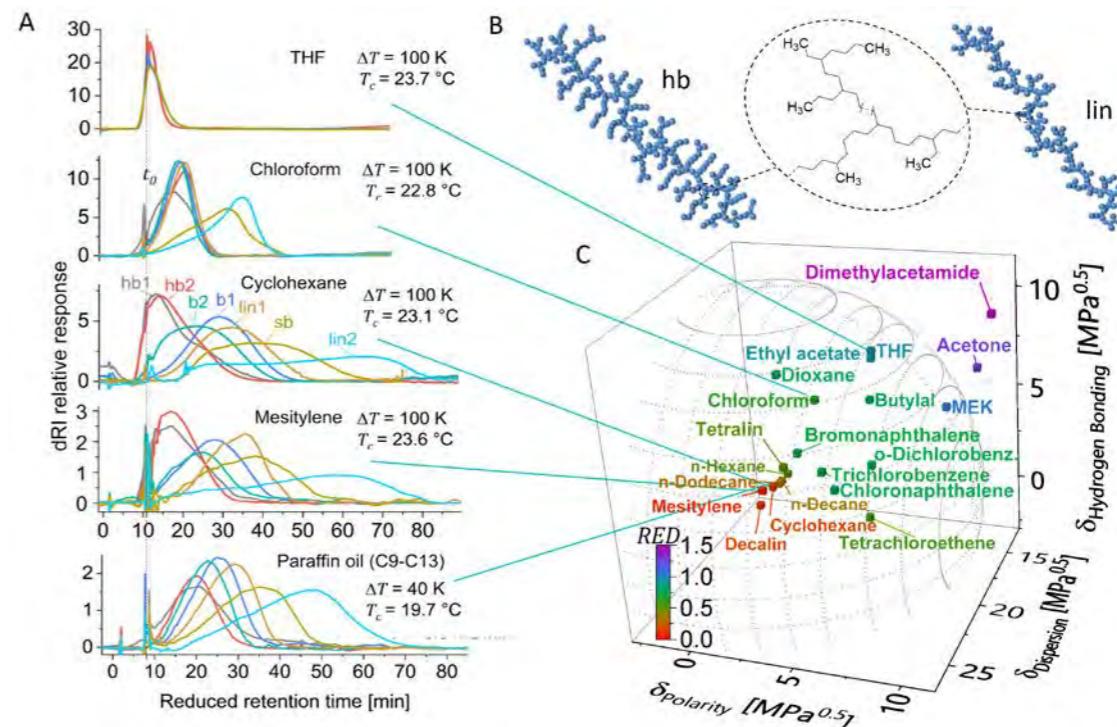


Fig. 2 ThFFF experiments in different solvents (A) of the cwPE model library investigated in this project ranging from hyperbranched (hb) over gradually branched (b), slightly branched (sb) to linear (lin) topology (exemplarily shown in B)⁵ in correlation to the calculated Hansen solubility (C) of the polymers to approximate the quality of the probed solvents in relation to their distance from the sphere center (RED).⁴

Next to the branching analysis approach, ThFFF was also applied to amend limitations of SEC to analyze e-beam irradiated thermoplastic polyurethane (TPU). This was studied orthogonally by combining ThFFF, ATR-FTIR, DSC and SEC. Clear correlations between degradation, crosslinking or branching properties were found. Further, molar mass, conformation and thermophoretic properties of highly crosslinked and ultra-high-molecular fractions were elucidated.⁶ ■

Sponsor

- Deutsche Forschungsgemeinschaft: LE 1424/7
- Czech Science Foundation (GAČR): GC15-15887J

Cooperations

- Prof. Jan Merna, University of Chemistry and Technology Prague, Czech Republic
- Prof. S. Kim R. Williams, Colorado School of Mines, Golden, CO, USA

[1] M. Geisler, A. Lederer: *J. Chromatogr. A* 2020, 1621, 461082.

[2] M. Geisler, W. C. Smith, L. Plüschke, R. Mundil, J. Merna, S. K. R. Williams, A. Lederer: *Macromolecules* 2019, 52, 22, 8662-8671.

[3] M. Geisler, L. Plüschke, J. Merna, A. Lederer: *Anal. Chem.* 2020, 92, 21, 14822-14829.

[4] R. Dockhorn, L. Plüschke, M. Geisler, J. Zessin, P. Lindner, R. Mundil, J. Merna, J.-U. Sommer and A. Lederer: *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 15586-15596.

[5] L. Plüschke, A. Ndiripo, R. Mundil, J. Merna, H. Pasch, A. Lederer: *Macromolecules* 2020, 53, 10, 3765-3777.

[6] M. Geisler, T. S. Pal, K. Arnhold, M. Malanin, M. T. Müller, B. Voit, J. Pionteck, A. Lederer: *Polym. Degrad. Stab.* 2020, 183, 109423.

Marangoni effects influencing the dynamics of drops

Peyman Rostami, Günter K. Auernhammer

Moving contact lines are part of our everyday experience. Whether raindrops run down a window or an ink-jet drop hits a surface, the dynamics of moving contact lines is an important part of many processes in nature and technology. The basic dynamics of moving simple

liquids, i.e., one component liquids with a constant viscosity, is well studied and can be described with quantitative models. This changes substantially, when using a more component liquid including surface active substances, e.g., surfactant solutions.

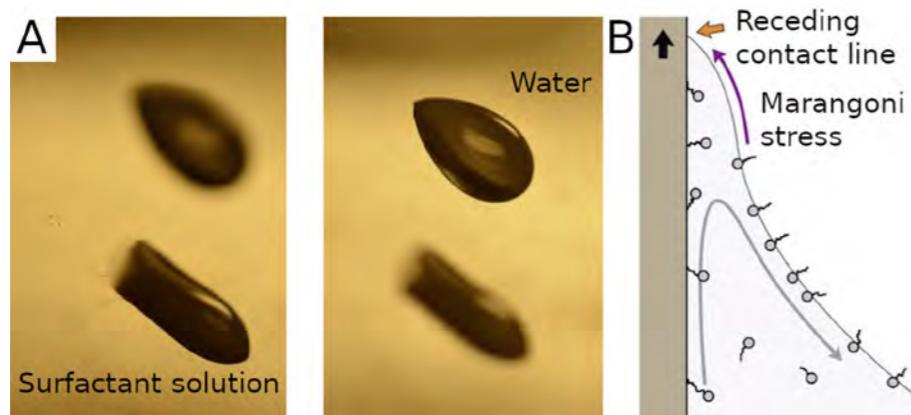


Fig. 1 Drops of water and a surfactant solution sliding down simultaneously the same surface. Whereas the water drop has a well-defined contact angle at the front and back side, the drop of surfactant solution has a vanishing contact angle at its back side.
(Images: A) G. K. Auernhammer, B) from Soft Matter, 2016, 12, 7782, Creative Commons Attribution 3.0 Unported Licence)

The simplest case would be two drops running down an inclined hydrophobic surface, Fig. 1. Close to the receding contact line, the flow in the drop leads to a continuous generation of fresh liquid-air surface, Fig. 1B. Initially, this surface has lower concentration of surfactant than the drop surface far away from the receding contact line.

Consequently, the surface tension is increasing towards the receding contact line, generating a Marangoni stress acting towards the receding contact line and reducing the mobility of the receding contact line. A similar mechanism is actually leading to the formation of tears of wine, where the alcohol in the wine acts as the surfactant.

Recently, we have shown that such Marangoni stresses also have strong effects on the merging dynamics of drops. When two drops sit side by side on a substrate, the drops saturate the gas phase around them to some

degree with their vapor. In the case of immiscible liquid of different surface tension, this leads to a mutual interaction of the drops through the gas phase before they actually touch each other

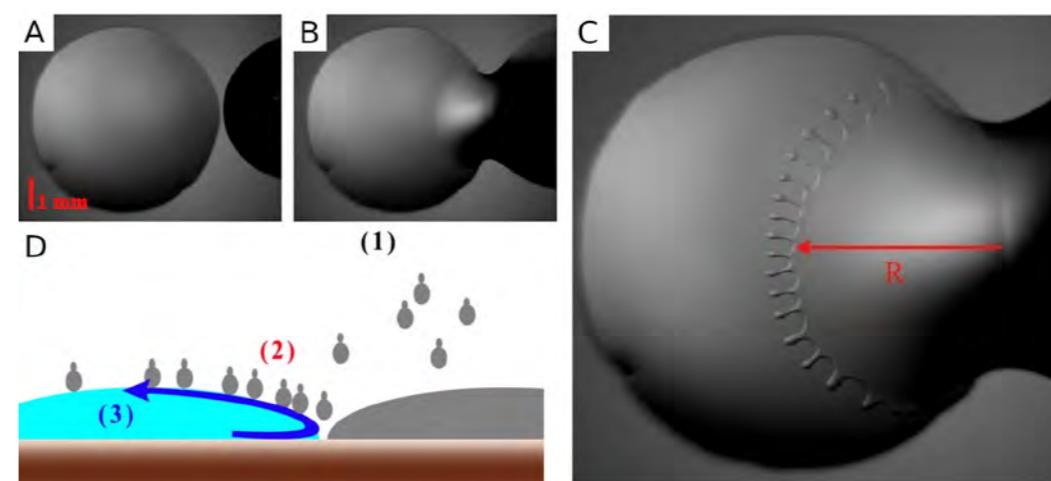


Fig. 2 A) to C) Unstable merging process of two immiscible drops, at 0 ms, 8 ms and 16 ms, respectively. The pre-deposited left drop is water and the second drop an organic solvent that can act as a surfactant on the water drop. The vapor transport over the gas phase drives the convection (D) that forms and destabilizes the liquid film.
(Images adapted from with permission from Langmuir 2020, 36, 1, 28. Copyright (2020) American Chemical Society.)

If the vapor of one drop can act as a surfactant to the other liquid, the interaction via the gas phase can drive strong convection in the other drop. This convection then dominates the merging process, Fig. 2. We have shown that this behavior is generic to merging of immiscible and partially miscible drops. Actually, the merging dynamics of non-identical liquids is much richer than for identical liquids.

In conclusion, we have shown, that the dynamics of drops is strongly influenced by minute amounts of surface-active substances that can be, e.g., dissolved in the liquid or even transported through the gas phase. ■

Sponsor

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) –
Projektnummer 265191195 – SFB 1194

- [1] Franziska Henrich, Daniela Fell, Dorota Truszkowska, Marcel Weirich, Manos Anyfantakis, Thi-Huong Nguyen, Manfred Wagner, Günter K. Auernhammer* and Hans-Jürgen Butt: Influence of surfactants in forced dynamic dewetting, *Soft Matter* 12 (2016) 7782.
- [2] Peyman Rostami, Benedikt B. Straub, and Günter K. Auernhammer: Gas-Phase Induced Marangoni Flow Causes Unstable Drop Merging, *Langmuir* 36 (2020) 1, 28–36.

Funktionale nanostrukturierte Oberflächen mit neuen spektroskopischen Eigenschaften

Tobias A. F. König, Anton Kiriy, Andreas Fery

Für die nächste Generation von funktionellen Sensoren liegt der Schlüssel in der kosteneffizienten Anordnung bei gleichzeitiger mechanischer Durchstimmbarkeit der spektroskopischen Eigenschaften (siehe Abbildung). Metallische oder halbleitende Nanopartikel können Licht effizient absorbieren oder noch brillanter re-emittieren. Werden diese sogenannten Kolloide in periodischen Strukturen angeordnet, erhalten sie neue spektroskopische Eigenschaften, die über die Eigenschaften einzelner Kolloide hinausgehen.¹ Dieser kollektive Effekt ist nur dann möglich, wenn sich die Kolloide von selbst in einem vorgefertigten Template anordnen. Hierzu nutzt die Arbeitsgruppe König das zielgerichtete Eintrocknen unter anderem von kolloidalem Gold in Templatestrukturen, die mittels Laserinterferenzlithographie großflächig und kostengünstig hergestellt werden. Durch die Nutzung der kolloidalen Selbstorganisation werden aufwändige lithographische

Verfahren vermieden, das eine Integration der sensorischen Einheiten in Polymermaterialien erleichtert.

Kolloidales Gold (einzelnes Kolloid) kann bei enger Größenverteilung sowie bei hoher Formstabilität mittels Synthese in großen Mengen hergestellt werden. Diese Kolloide bilden die Wiederholeinheit für komplexere Nanostrukturen, die mittels Selbstanordnung hergestellt werden. Als kolloidales Molekül kann die Fluoreszenz signifikant verstärkt werden, das als neuer lokalisierter Sensor genutzt wird.² Angeordnet als Kettenstrukturen (kolloidales Polymer) kann ein Baustein geschaffen werden um Licht unterhalb der Beugungsbegrenzung zu leiten oder zu manipulieren.³ Werden die Kolloide in einer flexiblen Polymermatrix angeordnet, so kann deren Fluoreszenz⁴ oder kollektive Resonanz⁵ mechanisch verändert werden. Dieses funktionelle Kolloidgitter kann als zukünftiger 2D Laser genutzt werden, der durch Verstreckung durchgestimmt werden könnte.⁶ ■

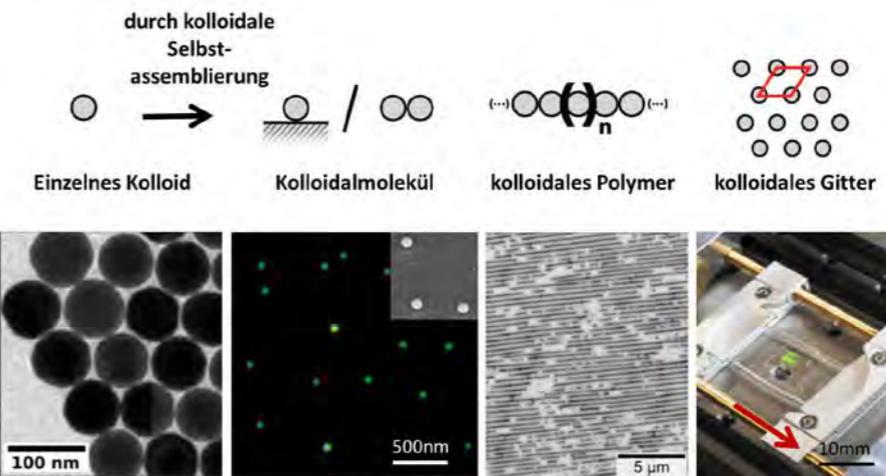


Abb. 1
Neue spektroskopische Eigenschaften werden in der Arbeitsgruppe König durch kolloidale Selbstassemblierung großflächig und kosten-effizient erzeugt. Kolloidales Gold (einzelnes Kolloid) kann mittels Template gestützter Anordnung zu kolloidalen Molekülen, Polymeren oder Gitter angeordnet werden. Dieser Ansatz führt zu lokalisierter Fluoreszenzverstärkung (in der Kombination mit halbleitenden Nanopartikeln), Lichtwellenleiter unterhalb der Beugungsbegrenzung oder zu mechanisch durch-stimmbaren Sensoren.

Gefördert durch

Volkswagen Stiftung / Freigeistprojekt König
DFG Projektnummer 404818834

Kooperationspartner

- Prof. Dr. Michael Mertig, Technische Universität Dresden und Kurt-Schwabe Institut für Mess- und Sensortechnik e. V. Meinsberg
- Prof. Dr. Matthias Karg, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
- Prof. Dr. Joby Joseph, Photonics Research Lab, Dept. of Physics, Indian Institute of Technology Delhi, India
- Dr. Oleksandr Stroyuk und Dr. Alexandra Raevkaya, L.V. Pysarzhevsky Institute of Physical Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

- [1] Mayer, M.; Potapov, P. L.; Pohl, D.; Steiner, A. M.; Schultz, J.; Rellinghaus, B.; Lubk, A.; König, T. A.; Fery, A. *Nano letters* 19, (6) (2019) 3854-3862.
- [2] Goßler, F. R.; Steiner, A. M.; Stroyuk, O.; Raevkaya, A.; König, T. A. *The Journal of Physical Chemistry C* 123, (11) (2019) 6745-6752.
- [3] Sarkar, S.; Gupta, V.; Kumar, M.; Schubert, J.; Probst, P. T.; Joseph, J.; König, T. A. *ACS applied materials & interfaces* 11, (14) (2019) 13752-13760.
- [4] Zessin, J.; Schnepf, M.; Oertel, U.; Beryozkina, T.; König, T. A.; Fery, A.; Mertig, M.; Kiriy, A. *Advanced Optical Materials* 8, (2) (2020) 1901410.
- [5] Gupta, V.; Probst, P. T.; Goßler, F. R.; Steiner, A. M.; Schubert, J.; Brasse, Y.; König, T. A.; Fery, A. *ACS applied materials & interfaces* 11, (31) (2019) 28189-28196.
- [6] Brasse, Y.; Gupta, V.; Schollbach, H. T.; Karg, M.; König, T. A.; Fery, A. *Advanced Materials Interfaces* 7, (5) (2020) 1901678.

Novel iron- and enzyme-based ceramic hybrid materials for the degradation of organic trace pollutants

Christoph Horn, Doris Pospiech, Oliver Kobsch,
Stephanie Ihmann, Harald Brünig, Ines Kühnert, Brigitte Voit

The BMBF collaboration project CeraFe+ aims at development of novel materials for the elimination of trace substances in water. Organic trace pollutants such as diclofenac (DFC), bisphenol A (BPA), 17 α -ethinylestradiol (EED) and p-chlorophenol (pCP) are increasingly released into the environment and accumulate due to their persistence. State of the art for the removal of

persistent trace substances are ozonation and activated carbon adsorption. These techniques do not remove persistent substances sufficiently.^[1] Therefore, the project aims to provide novel catalyst materials for modular, flexible and adaptive systems consisting of heterogeneous Fenton and enzymatic degradation (Figure 1).

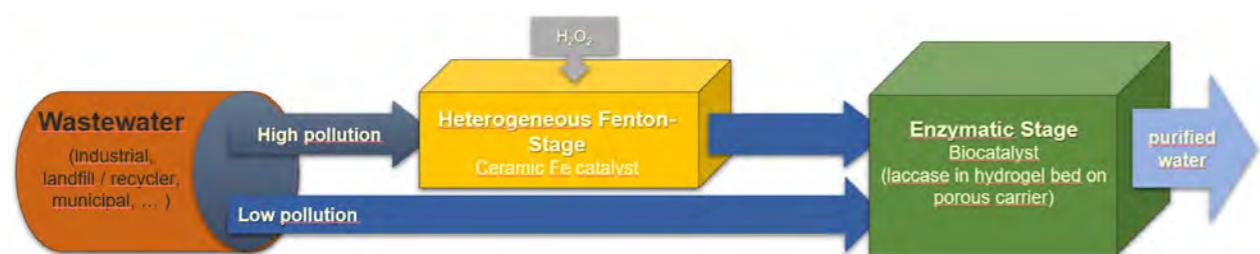


Fig. 1 Designed modular system to remove persistent organic molecules.

In the first stage, the heterogeneous Fenton process, one of the most efficient advanced oxidation processes, will be applied for higher pollutant concentrations. Thus, various organic substances can be oxidatively degraded.^[2] Silica-supported Fenton catalysts with fixed iron oxide were prepared by FEW Chemicals. The catalysts showed high activity in the reactive black 5 (RB5) assay as model for pollutant degradation, but also significant leaching of iron. Therefore, the catalysts were melt-mixed into thermoplastic polymers to reduce leaching and increase the long-term stability. Chemically modified poly(propylene-g-maleic anhydride), PP-g-MA, proved to work and resulted in composites with suitable degradation activity (Figure 2). Additionally, the leaching is strongly reduced, turning the system into a heterogeneous Fenton reaction.

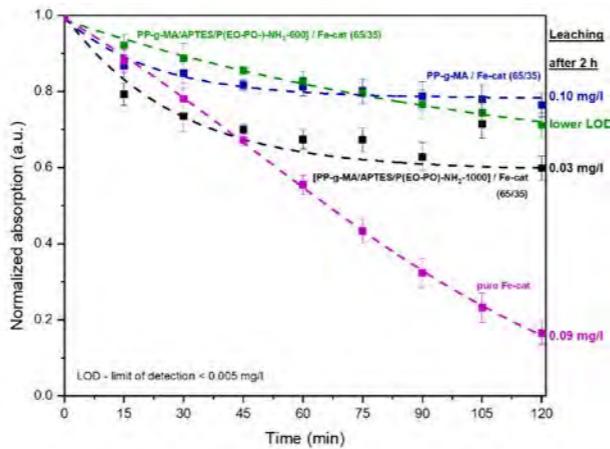


Fig. 2 Degradation of RB5 by $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2(\text{cat})$ – PP-g-MA composites.

In the second stage, the degradation of trace pollutants in low concentrations takes place by enzymes. Laccase (Lac) is capable of targeting a wide range of compounds.^[3] Immobilization by covalent binding to hydrogels was used to enhance enzyme stability and repeatability of conversions. Previous work demonstrated successful immobilization of LAC on itaconic acid-containing polymers, and the use of (2-((2-(ethoxycarbonyl)prop-2-en-1-yl)oxy)ethyl) phosphonic acid (ECPPA) as monomer in hydrogels.^[4,5] Thus, Lac was modified by reaction with itaconic anhydride, resulting in an increase in enzyme activity compared to native Lac as determined by the ABTS assay. *In situ* immobilization of itaconic acid-modified LAC (ITA-LAC) in a hydrogel with 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA), ECPPA and N,N'-diethyl-1,3-bis(acrylamido)propane (BAAP) was performed by UV-initiated crosslinking radical polymerization. The Lac-immobilized hydrogels showed successful conversion of the model substances BPA, DFC, pCP and EED. The highest conversion after 24

hours was achieved for EED with 82 % (Figure 3).^[6] Both catalytic systems showed promising results and their combination in the modular system is in progress. ■

Sponsor

German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), program KMU-innovativ: Materialforschung (ProMat_KMU), collaboration project CeraFe+ (grant no. 13XP5065D).

Cooperations

- P. J. Allertz, Prof. Dr. K. Salchert, BTU Cottbus-Senftenberg, Senftenberg
- Dr. K. Licha, FEW Chemicals GmbH & Co. KG, Bitterfeld-Wolfen
- Dr.-Ing. J. Petzold, A. Włoszczynski, KI Keramik-Institut GmbH, Meißen
- Dr. R. Hommel, K. Qin, ifn Forschungs- und Technologiezentrum GmbH, Elsterwerda

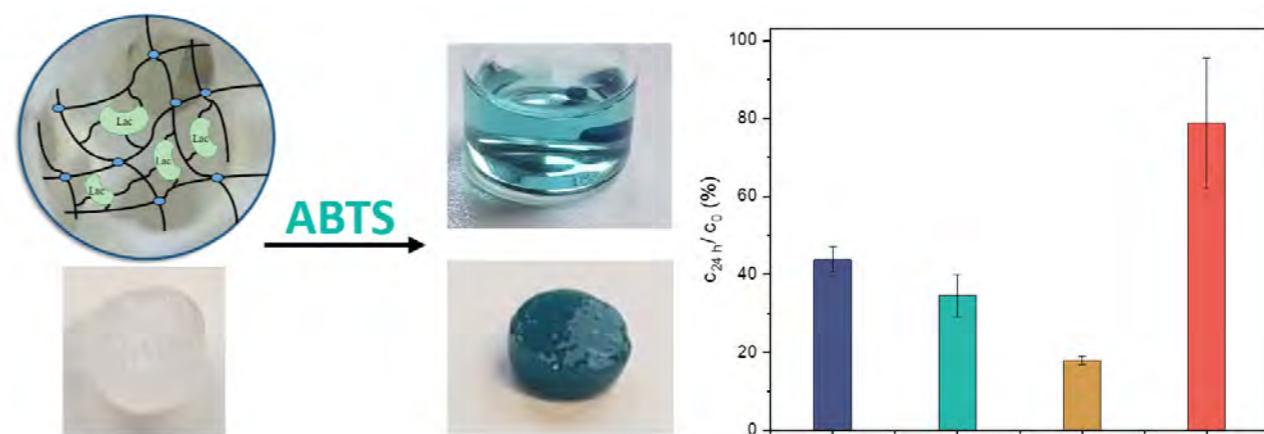


Fig. 3 Residual concentration of model substances (10 μM) after 24 h degradation by the LAC-immobilized hydrogel (125 mg) in citrate buffer, pH 4.5.

[1] M. Bilal, H. M. N. Iqbal, D. Barceló: Sci. Total Environ. 689 (2019) 160–177.

[2] D. Scheres Firak, R. Rocha Ribeiro, M. V. de Liz, P. Peralta-Zamora: Environ. Earth Sci. 77 (2018) 117.

[3] J. Singh, V. Saharan, S. Kumar, P. Gulati, R. K. Kapoor: Crit. Rev. Biotechnol. 38 (2018) 883–901.

[4] F. Müller, B. Torger, P. J. Allertz, K. Jähnichen, S. Keßler, M. Müller, F. Simon, K. Salchert, H. Mäurer, D. Pospiech: Eur. Polym. J. 102 (2018) 47–55.

[5] M. Heinze, S. Starke, M. Händler, H. Komber, M. Drache, N. Moszner, B. Voit, D. Pospiech, J. Appl. Polym. Sci. 136 (2019) 48256.

[6] C. Horn, D. Pospiech, P. J. Allertz, M. Müller, K. Salchert, R. Hommel: Biomacromolecules 2020, submitted.

Eisadhäsionsmessungen an glatten hydrophilen Schichten

Susanne Höhne, Claudia Hoch, Carolin Böhm,
René Winkler, Eva Bittrich, Petra Uhlmann

Die Vereisung von technischen Geräten verursacht erhöhten Material- und Energieaufwand und wirkt sich negativ auf deren Sicherheit aus. Gebräuchliche Methoden zur Enteisung sind kosten- und energieintensiv und belasten die Umwelt. Die Entwicklung von dauerhaften vereisungsminimierenden Schichten kann dem entgegenwirken. Ein Fokus unserer Arbeiten lag auf der Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Oberflächengruppen und ihrer Eigenschaften auf die Eisadhäsion. Ziel ist es, Erkenntnisse zu Ursache-Wirkungs-Beziehungen für die Haftung von Eis auf Oberflächen mit unterschiedlicher Wasserbindungsfähigkeit zu gewinnen. Dazu wurden dünne hydrophile Polymerschichten mit verschiedenen funktionellen Gruppen auf einheitlichen Substraten kovalent verankert. Durch die Verwendung sehr glatter Substrate wurde gezielt der Einfluss der Rauheit ausgeklammert, der die Eisanhaftung beträchtlich vergrößern kann. Um hoch reproduzierbare Werte für den Bereich der geringen Eishaftung zu erhalten, der für solche glatten Oberflächen charakteristisch ist, und kleine Unterschiede der Eishaftung auf Oberflächen mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung messen zu können, wurde ein neues Messsystem zur Bestimmung der Eishaftfestigkeit entwickelt, das auf der Korrelation der Zentrifugalkraft mit der Ablösung eines Eistropfens basiert (siehe Abbildung 1). Dessen technisches Potential wurde auf der Basis erster Ergebnisse an reinen Siliziumwafern und ausgewählten hydrophilen Polymerschichten gezeigt. Weiterhin wurde der Einfluss der Wasserqualität auf die Eishaftfestigkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass das entwickelte Messsystem eine genaue Verfolgung des gesamten Prozesses der Eisablösung im Bereich niedriger Eishaftfestigkeiten ermöglicht. Der der Eisablösung zugrundeliegende Mechanismus basiert auf einer quasiflüssigen wässrigen Oberflächenschicht, deren Eigenschaften

durch die intermolekularen Kräfte an der Substrat-Wasser-Grenzfläche bestimmt werden. Durch Korrelation der Ergebnisse der Eisadhäsionsmessungen und der Polymerschichtanalytik mit den Eigenschaften der funktionalen Gruppen der Polymere konnten Rückschlüsse zu Ursachen für das unterschiedliche Eis-Ablöseverhalten auf verschiedenen hydrophilen Schichten in zwei Temperaturbereichen identifiziert werden. Während dieser Prozess bei den Polyethylenglycol-haltigen Schichten schneller abläuft, ist er bei den untersuchten Polyacrylsäure (PAA)-Schichten langsamer. Eine Vernetzung der PAA verzögert den Ablöseprozess zusätzlich. (Abbildung 2) Um eine schnelle Ablösung des Eises von den Oberflächen zu erreichen, ist eine Optimierung sowohl der Gefriertemperatur des Eises in der Oberflächenschicht als auch der rheologischen Eigenschaften der Polymer/Wasser-Grenzfläche erforderlich. Ergänzend wurde die Stabilität der Polymerschichten untersucht und gefunden, dass diese bei einer hohen Anzahl an Bindungspunkten oder Vernetzungen der Belastung standhalten. ■

Gefördert durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
unter der Projektnummer 03SF0475B.

Kooperationspartner

- Dr.-Ing. Ute Bergmann, TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft,
- Dipl.-Ing. Sylvia Franke-Jordan, TU Dresden, CIMTT Centrum für Produktionstechnik und Organisation,
- Rothenseer Rotorblattfertigung GmbH/ ENERCON-Gruppe, Magdeburg
- BWE Bundesverband WindEnergie e. V.

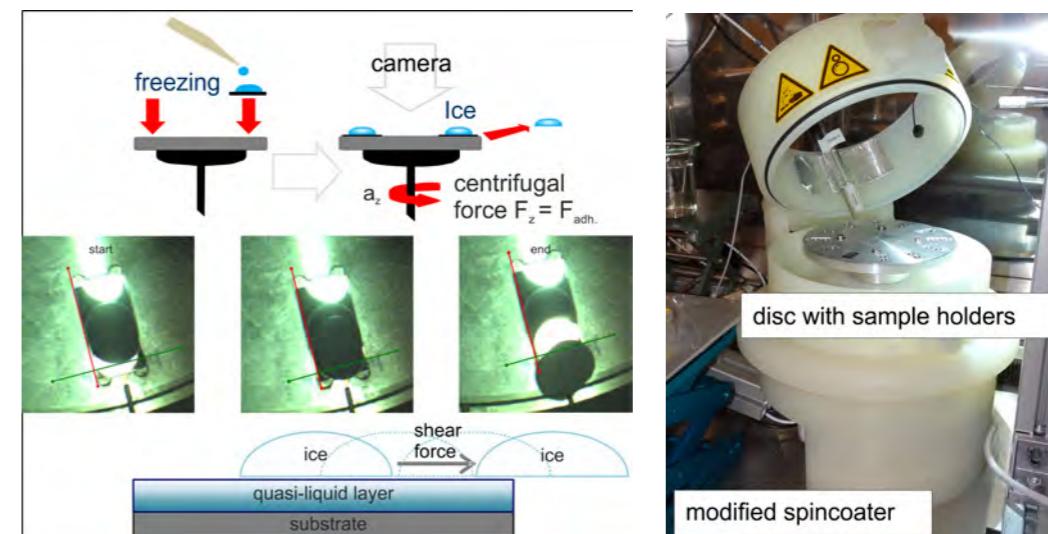


Abb. 1 Messprinzip mit Aufnahmen des Eisablöseprozesses (links) und Abbildung der Messapparatur (rechts)

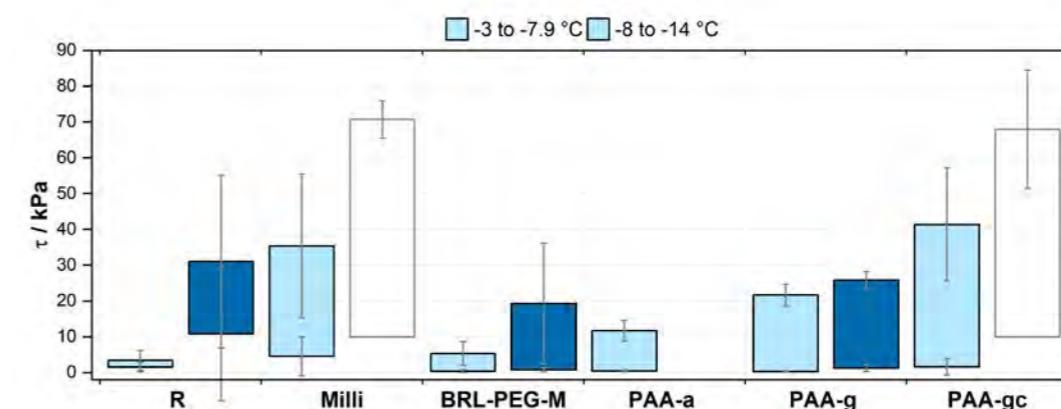


Abb. 2 Scheradhäsionskräfte von Eis auf den untersuchten Substraten, die Balken zeigen den gesamten Bereich des Eisablöseprozesses

[1] Höhne, S.; Hoch, C.; Böhm, C.; Winkler, R.; Bittrich, E.; Uhlmann, P., A New Measuring System for the Determination of the Ice Adhesion Strength on Smooth Surfaces. Langmuir 36 (16) (2020) 4465-4476.

LDH – Vom Flammschutzmittel zur Solarzelle

Andreas Leuteritz

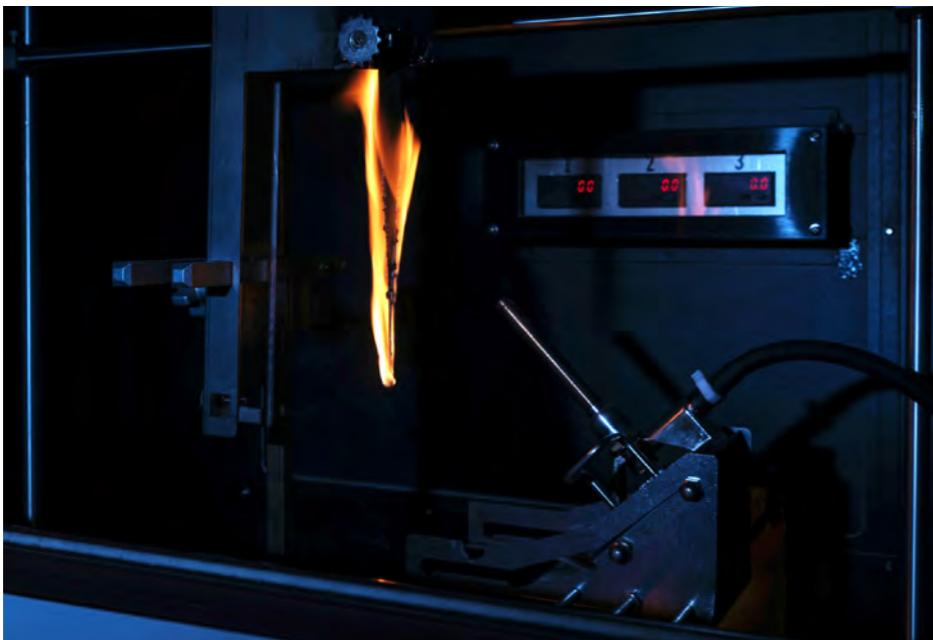


Abb. 1 Brandtest UL94 ©IPF Sven Döring

Es sind Brandunglücke, wie das Feuer in der Gletscherbahn Kaprun vor 20 Jahren bei dem 155 Personen den Tod fanden, die Wissenschaftler antreiben, Lösungen zur Vermeidung solcher Katastrophen bereits bei der Materialentwicklung zu integrieren. Die Erkenntnis, dass Flammschutzmittel in Kunststoffen ihrerseits nach der Nutzung und im Brandfall ein hohes toxisches Potential zeigen, führte zu der dringenden Suche nach Alternativen, wie z. B. anorganischen Flammhemmern auf Basis von $Mg(OH)_2$. Nachteilig derartiger Flammhemmer ist die notwendige einzusetzende Menge im Werkstoff von mehr als 60 %.

Die sich gerade etablierende Nanotechnologie basierend auf Schichtmineralien wie Montmorillonit und Hydrotalikit bieten Wege, in Kombination mit klassischen

Flammhemmern hervorragende Brandschutzeigenschaften durch verringerten Gesamtfüllstoffgehalt bei gleichzeitig verbesserter Verarbeitbarkeit und erhöhter Festigkeit/Zähigkeit zu erreichen. Insbesondere mit der Verwendung von Hydrotalkit $[Mg_{1-x}Al_x(OH)_2]^{x+}(CO_3^{2-})_{x/2}yH_2O$ werden gute Ergebnisse erzielt, aufgrund deren strukturellen Ähnlichkeit zu flammhemmendem Brucit und der Möglichkeit, das Zwischenschicht-Carbonat gegen nahezu beliebige andere Anionen austauschen zu können (1). Diese dann als Layered Double Hydroxide (LDH) bezeichneten Füllstoffe können zu Nanokompositen verarbeitet werden. Die Optimierung der Synthesewege (2) und Verallgemeinerung des Strukturmotivs erlauben weiterhin die Variation der Metallzusammensetzung. So gelang es in unserem Team Zn, Ca, Ti, Ni, Co, Cd, Cr und Fe in die LDH-Struktur zu integrieren (3).

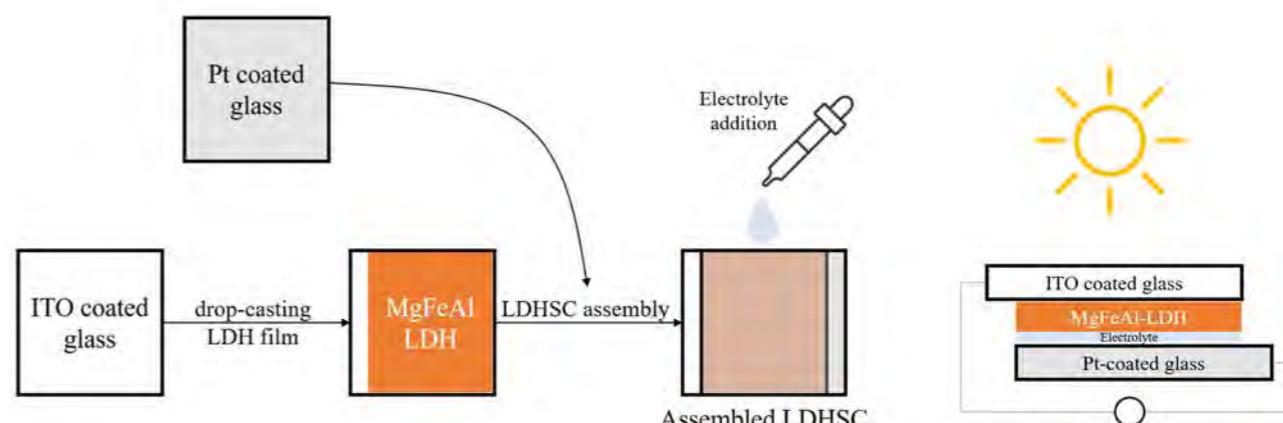


Abb. 2 Schema der Solarzellenherstellung mit LDH (9)

Neben dem ursprünglichen Ziel, den Einfluss der LDH-Zusammensetzung hinsichtlich der katalytischen Bildung einer brandhemmenden Kohlenstoffsschicht zu untersuchen (4,5,6), rückten aufgrund der lichtabsorbierenden Wirkung andere Anwendungen in den Vordergrund. Ausschlaggebend für diese Anwendungen ist die Existenz von d-Orbitalen der Übergangsmetalle, welche je nach elektronischer Konfiguration auch farbgebend für die jeweiligen LDH-Strukturen sind. Die Wechselwirkung mit Licht kann so von organischen Molekülen in der Zwischenschicht auf die strukturbildenden Metalle übertragen werden (7). Der letztendlich sehr leichte Wechsel der Oxidationsstufen macht übergangsmetallhaltige LDH-Strukturen auch im Bereich der Energieapplikationen sehr interessant (8), wovon die Umwandlung von Sonnenstrahlung in elektrische Energie eine besondere Herausforderung darstellt. Der erste Schritt auf dem Weg zu einer extrudierbaren Solarzelle ist mit der Entwicklung

einer solaraktiven LDH-Struktur kürzlich getan, welche in einer entsprechenden besonderen Solar-Zelle die Rolle des Halbleiters *und* des Sensitzers übernimmt. Die derartig gestaltete Solarzelle hat auf Anhieb einen Wirkungsgrad um 1,5 % (9) und belegt zum Zeitpunkt der Veröffentlichung weltweit den 5. Platz bei ähnlichen DSSC-Konzepten basierend auf TiO_2 und Farbstoff. ■

Gefördert durch

BMWi, Humboldt (De-Yi), Leonardo-Programm, DAAD

Kooperationspartner

- Prof. J. Labuschagne, Department of Chemical Engineering, University of Pretoria, SA.
- Prof. D. Wang, IMDEA Materials, Madrid, Spain.
- Prof. F. Wypych, Department of Chemistry – Federal University of Paraná, Curitiba, Br.

- [1] F. Costa, Dissertation TU Dresden 2007.
- [2] F.J.W.J. Labuschagne, A. Wiid, H.P. Venter, B.R. Gevers, A. Leuteritz, Green Chemistry Letters and Reviews 11 (2018) 18-28.
- [3] B.R. Gevers, S. Naseem, A. Leuteritz, F.J.W.J. Labuschagne, RSC Advances 9 (2019) 28262-28275.
- [4] X. Wang, Y. Spörer, A. Leuteritz, I. Kühnert, U. Wagenknecht, G. Heinrich, D.-Y. Wang, RSC Advances 5 (2015) 78979-78985.
- [5] S. Naseem, B. Gevers, O. Abakar Adam, F. J. W. J. Labuschagné, and A. Leuteritz, "Synthesis and characterization of different types of Layered double hydroxides (LDHs) for modification, degradation and stabilization of polymer materials," Eurofillers PolymerBlends 2019, Palermo, Italy.
- [6] S. Naseem, B. Gevers, F. J. W. J. Labuschagné and A. Leuteritz, AIP Conference Proceedings 2289, 020041 (2020) <https://doi.org/10.1063/5.0028406>.
- [7] N.A.G. Gomez, S.A. Maruyama, A. Leuteritz, F. Wypych, Polymer Bulletin 76 (2019) 1-19.
- [8] C. Coluccini, I. Spörer, A. Leuteritz, I. Kühnert, D.-Y. Wang, Nanomaterials and Energy 3 (2014) 177-191.
- [9] S. Naseem, B. Gevers, J. Labuschagne, A. Leuteritz, Materials 2020, 13(19), 4384; <https://doi.org/10.3390/ma13194384>.

Self-stratifying powder coatings

Neda Kargarfard, Cordelia Zimmerer, Frank Simon, Dieter Fischer, Kornelia Schlenstedt, Michaela Gedan-Smolka, Brigitte Voit

In recent years, protective coatings are widely used to give functional features to the substrate for innovative applications and upgrading overall performance. In multi-layer coating systems, different layers with specific functionalities such as adhesion, corrosion and weather resistance are applied on the substrate. However, the application of various layers with different formulations, crosslinking reactions and drying/curing procedures is complicated and requires lengthy processing times, which are not consistent with industrial and environmental restrictions. Besides, providing good inter-layer adhesion and no contamination between layers is challenging.

The self-stratification concept was first introduced by Funke in the 1970s [1]. His proposed model was based on the interfacial energy differences between phases and trying to minimize mixing free energy by heating the resins above their melting temperature as a driving force

for phase separation. So far, many studies have been focused on solvent-based self-stratification where resins are dispersed (dissolved) in one or a mixture of organic solvents to produce homogenous stable formulations. However, with increasing environmental considerations and air pollution, using safe and clean procedures and materials in coating industries are needed.

The currently running project develops self-stratifying powder coatings as a simple, eco-friendly, and industrially favorable procedure to get high-level substrate corrosion protection and weathering resistance on top in one application step and reduced film thickness [2,3]. Therefore, several system combinations (e.g., acrylate-epoxy, perfluoro-epoxy, polyester-epoxy and silicone-epoxy) are studied with regard to their specific stratification behavior depending on the resin properties (glass transition temperature, molecular weight, melt viscosity and surface tension).

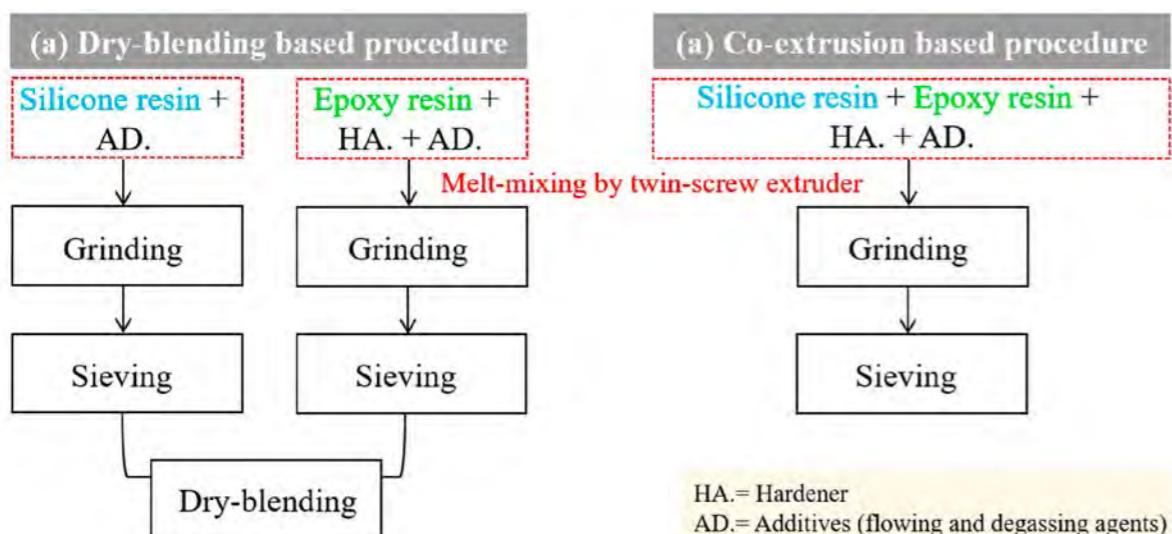


Fig. 1 Preparation method for self-stratifying powder coatings based on a) dry-blending and b) co-extrusion of components.

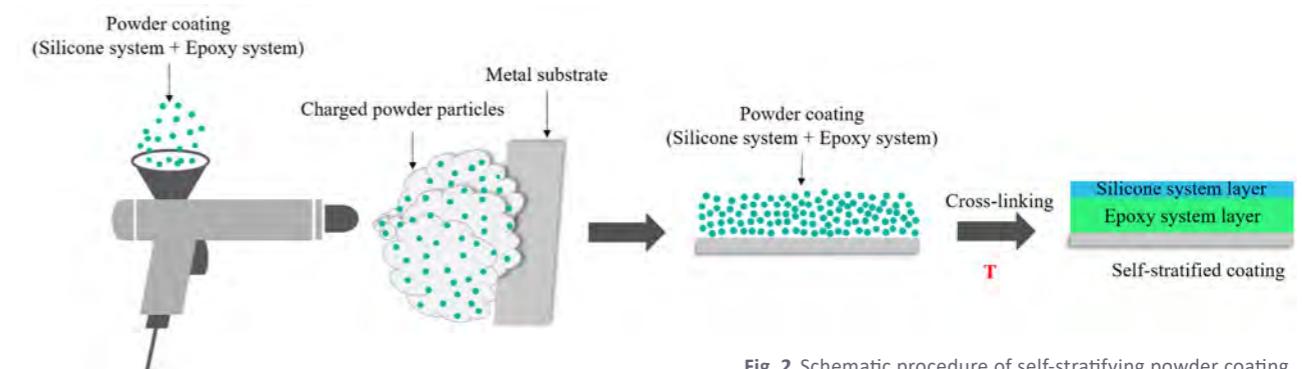


Fig. 2 Schematic procedure of self-stratifying powder coating.

For this purpose, e.g., the silicone and epoxy powder coatings are mixed by dry-blending the powders together (Fig.1, a). The final blend was electrostatically applied onto the steel sheet and thermally cured to achieve a self-stratifying coating (Fig.2). The influence of surface tension, the mass ratio of silicone/epoxy resins, and preparation methods (dry-blending and co-extrusion) as influencing parameters on the phase separation and stratification are evaluated. The results revealed that dry-blending of low surface tension silicone resin with high surface tension epoxy resin at a 1/3 mass ratio (silicone/epoxy) leads to a perfect stratification pattern, silicone phase located on the top of the coatings and the epoxy phase near to the substrate interface (Fig.3). Finally, for the most preferred silicone/epoxy formulation a shortened co-extrusion

preparation method (Fig.1, b) was developed, resulting in a smooth and very glossy coating surface which is facile and consistent with industrial purposes. ■

Sponsor

AIF-IGF (19321 BG))

Cooperations

Dr. Marc Entenmann, Heinz Greisiger,
Fraunhofer IPA Stuttgart

Acknowledgment

Special thanks to Dr. Mikhail Malanin, Lisa Ulischberger, Thomas Schmidt, and Marcel Tuschla for their supports during the project.

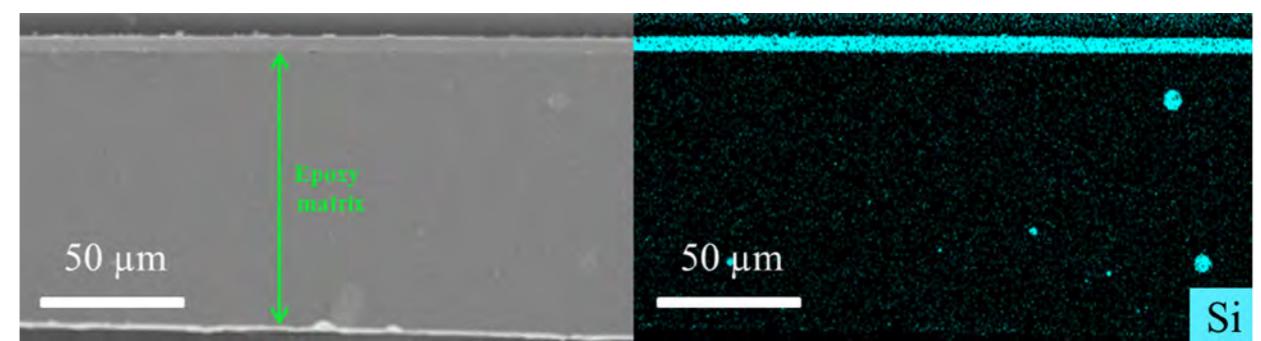


Fig. 3 SEM-EDX analysis of Silicone/epoxy blend system with a perfect stratification pattern.

- [1] Funke, W., New aspects of paint films with inhomogeneous structures. *Prog. Orga. Coat.*, 2 (4) (1974) 289-313.
- [2] Gedan-Smolka, M., Entenmann, M., Kargarfard, N., Greisiger, H., Tuschla, M., Ulischberger, L., Stratifizierende Pulverlacke, Abschlussbericht AIF-IGF Projekt 19321 BG, 30.07.2020, 116 Seiten.
- [3] Kargarfard, N., Simon, F., Malanin, M., Schlenstedt, K., Ulischberger, L., Voit, B., Gedan-Smolka, M., Zimmerer, C., Self-stratifying powder coatings based on eco-friendly, solvent-free epoxy/silicone technology for simultaneous corrosion and weather protection, 2021, under preparation.

End-adsorbing chains in polymer brushes: Pathway to highly metastable switchable surfaces

Markus Koch, Dirk Romeis, Jens-Uwe Sommer

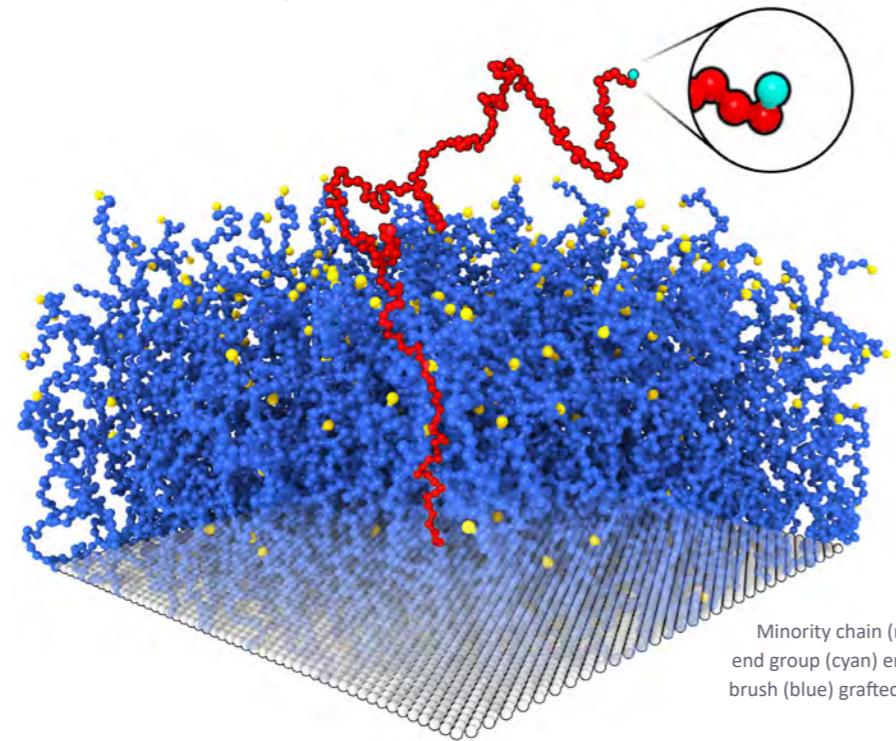


Fig. 1
Minority chain (red) with an adsorbing end group (cyan) embedded in a polymer brush (blue) grafted onto a surface (grey).
Adapted from Ref. [1].

Polymer brushes are formed when polymer chains are end-tethered to a surface so densely that they stretch away from it due to mutual repulsion. For decades brushes have been widely used to alter surface properties for adhesion, wetting, or lubrication purposes. Even today, modifications of the brush composition, chain architecture, or environment (solvent, etc.) may yield new favorable characteristics. This way polymer brushes can even be made stimuli-responsive to create molecular-scale switchable devices.

In a recent study [1], we consider a (majority) brush containing a sparsely grafted fraction of so-called minority chains with functionalized end groups, as depicted in Figure 1. In particular, these end groups can adsorb to the underlying grafting surface. We employ analytical theory, self-consistent field calculations, and molecular dynamics simulations using an extensive

range of parameters. This scenario is highly promising to regulate applications where the exposed chain ends interact with external structures. It may also be desirable to control the amount of adsorbed monomers at the surface, as in recent experiments involving graphene field-effect transistors functionalized with polymer brushes [2].

The adsorption properties of the end-modified chains are directly connected to their conformations. Three conformational regimes emerge (Figure 2) depending on whether the minority chains are shorter (I), longer (II), or more than twice the length (III) of the surrounding brush chains. Most interesting for applications are long minority chains (II, III) because their ends may be exposed above or hidden inside the brush. In the unadsorbed case, these chains assume the so-called “flower state” [3] with a highly stretched lower part (“stem”)

and a coiled upper segment (“crown”). Upon adsorption, the chain ends attach to the surface, pulling all (II) or a part of the “crown” monomers (III) into the brush. The minority chains then take on a loop-like conformation. For very long end-adsorbed chains (III), we find a new “two-stem flower state” with a steadily exposed middle segment.

The adsorption transition proceeds at fairly low energies for minority chains that are only slightly longer than the majority chains. By contrast, for long minority chains in dense brushes, the free energy barrier opposing the adsorption becomes virtually insurmountable independent of the surface attraction. The unadsorbed chains are then locked in a highly metastable state. End-adsorption can still be achieved for these systems when collapsing the brush through a poor solvent or the co-nonsolvency effect. The reason is that the collapse strongly reduces the adsorption free energy barrier by up to a factor of 50. When swelling the brush again in a good solvent, the minority chain ends may detach (reversible) or remain at the surface (irreversible adsorption) depending on the strength of the attractive interactions, see Figure 3.

Our study conveys an in-depth understanding of the chain conformations and the adsorption behavior of the system. Attaining both qualitative and quantitative predictions of relevant properties, we propose design strategies for switchable molecular devices involving end-modified chains. ■

Sponsor

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),
project number SO 277/17-1

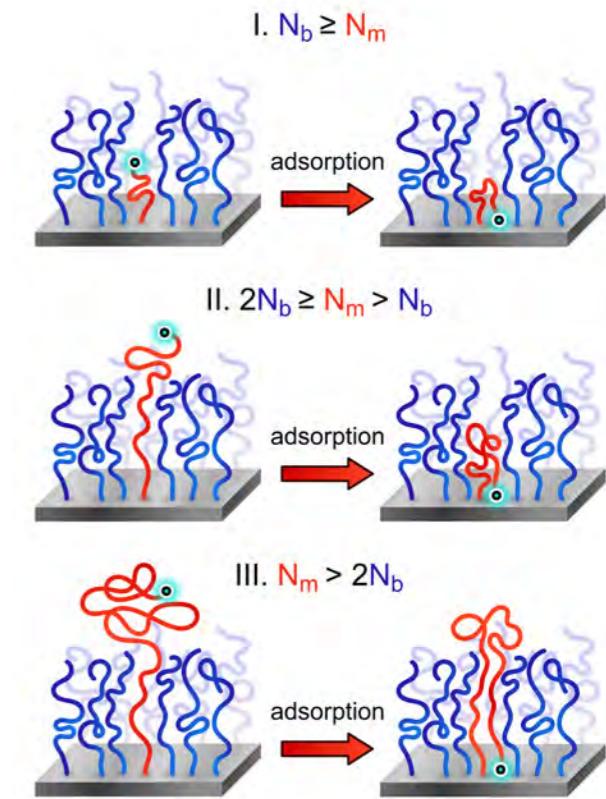


Fig. 2 From top to bottom (I-III): Three conformational regimes of the system depending on the relative chain lengths of the minority chains (N_m) and the brush chains (N_b). Adapted from Ref. [1].

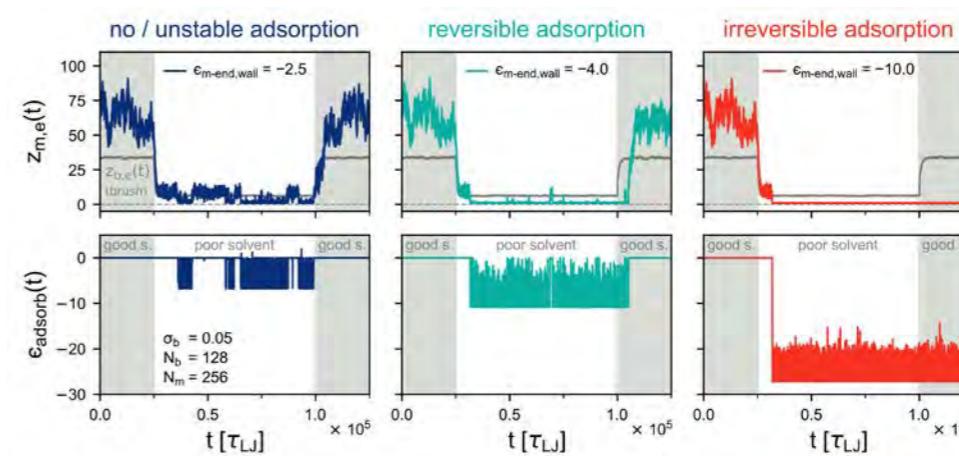


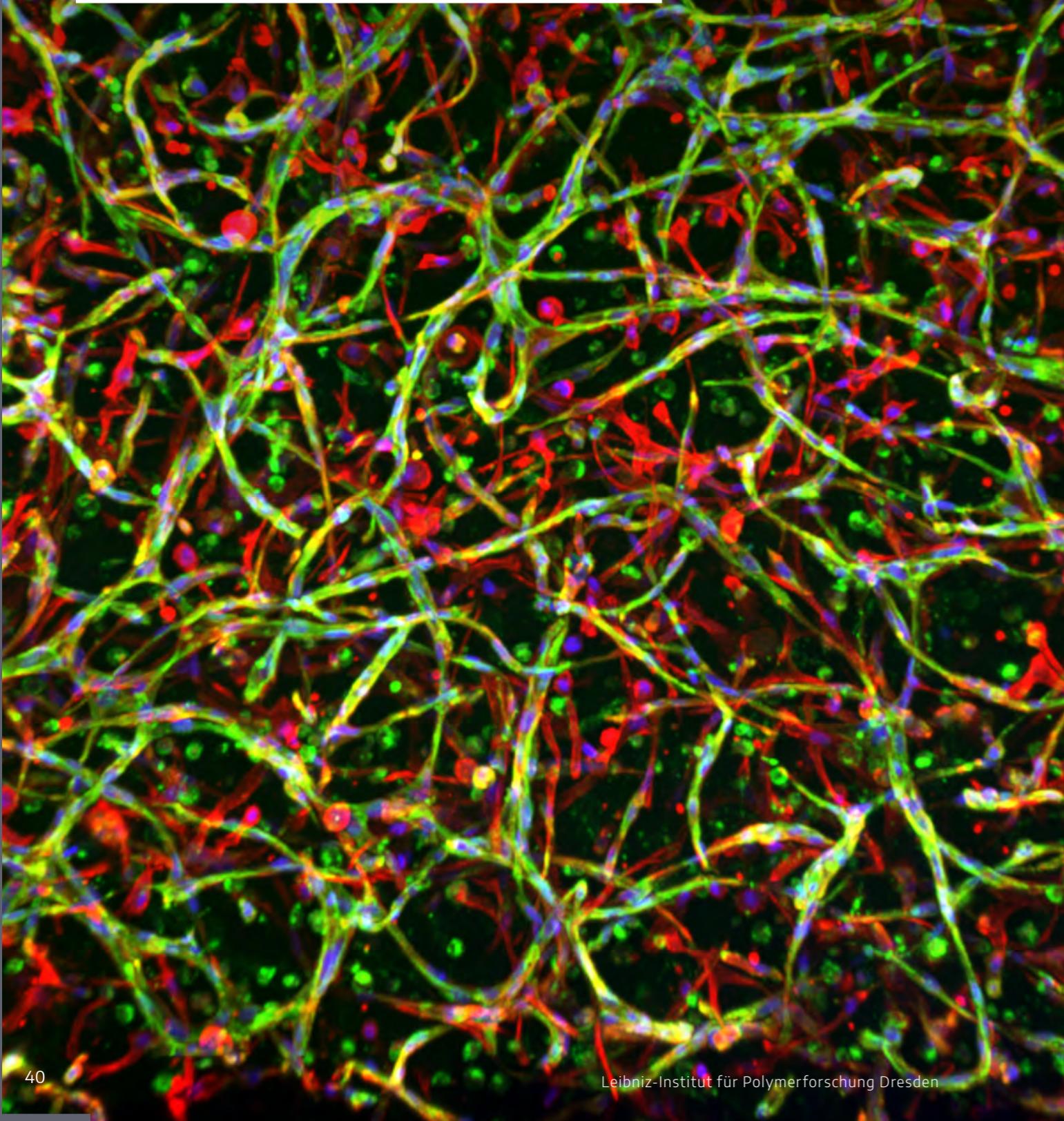
Fig. 3
Solvent-induced brush collapse enables end group adsorption.
From left to right:
Low, intermediate, and
strong attraction leads
to unstable, reversible,
or irreversible adsorption,
respectively. Upper row:
vertical end monomer position
versus time. Lower row:
interaction energy (in $k_B T$) between
end monomers and wall versus
time. Adapted from Ref. [1].

[1] M. Koch, D. Romeis, J.-U. Sommer: Macromolecules 53 (2020) 7356–7368.

[2] S. Liu et al.: Macromolecules 49 (2016) 7434–7441.

[3] A. M. Skvortsov et al.: Macromolecules 32 (1999) 2004–2015.

Biologie-inspirierte Grenzflächen- und Materialgestaltung



Prof. Dr. Carsten Werner

Prof. Dr. Brigitte Voit

Prof. Dr. Andreas Fery

Für die Biomaterialforschung des IPF war 2020 – trotz der pandemiebedingten Einschränkungen – von neuen fachlichen Impulsen und Initiativen mit hoher Relevanz für die längerfristige Perspektive des Instituts geprägt.

Auf die immer stärker datenwissenschaftliche Orientierung des Forschungsgebiets bezogen sich Arbeiten zur Simulation der Transportprozesse von Morphogenen in Biohybrid-Netzwerken (doi: 10.1002/adfm.202000068) sowie zur Quantifizierung der Affinität von Proteinen zu deren sulfatierten Polymerkomponenten (doi: 10.1021/acs.biomac.0c00780). Als experimentelle Basis für datenwissenschaftliche Ansätze wurden Hochdurchsatz-Methodiken für die automatisierte Fabrikation von biomaterialbasierten humanen *in vitro* Gewebe- und Krankheitsmodellen etabliert (doi: 10.1016/j.biomaterials.2020.120312, doi: 10.3389/fnins.2020.00244). Ein BMBF-VIP+-Projekt zur Validierung von Hydrogel-matrix-3D-Zellkultur-Assays für Hochdurchsatz-Toxizitätsanalysen konnte gestartet werden.

Gleichzeitig wurden wichtige Fortschritte im Forschungsschwerpunkt Neuro-Bioengineering erzielt. Mit dem 2020 neu berufenen IPF-Fellow Ivan R. Minev (University of Sheffield, UK) konnten Konzepte für die Erzeugung multimodaler, weicher Elektroden-systeme zur Neurostimulation erkundet werden (doi: 10.1007/978-3-030-41854-0_9, doi: 0.1038/s41551-020-00615-7, Patentanmeldung 2020). Auf Basis von Hydrogel- bzw. Cryogelpartikeln wurden injizierbare Wirkstofffreisetzung- und Zelltransfersysteme zur Anwendung im Gehirn (doi: 10.1039/D0BM01249A, doi: 10.1016/j.biomaterials.2019.119540) sowie *in vitro* Modelle für neurologische Erkrankungen (doi: 10.1016/j.actbio.2020.11.035) entwickelt. Auf die Anwendung solcher Modelle hat sich eine neue Ausgründung, die Neuron-D GmbH spezialisiert (mit Forschern

des Deutschen Zentrums für Neurodegenerative Erkrankungen, www.neurond.de). Organoid-Technologien (doi: 10.1002/adfm.202000097) mit fundamental neuartigen bioelektronischen Komponenten sind ein Schwerpunkt der Initiative *smart4life*, die das Finale des Auswahlverfahrens für einen BMBF Zukunftskluster erreicht hat (www.clusters4future.de). Elisha Krieg konnte mit einem BMBF-NanoMatFutura-Projekt „Programmierbare Nanomaterialien auf Basis von DNA“ eine unabhängige Forschergruppe etablieren und, gemeinsam mit dem Nachwuchsgruppenleiter Lars Renner, ein Projekt des Else-Kröner Fresenius-Zentrums für Digitale Gesundheit zum hochaktuellen Thema „RNA/DNA-Detektion am point of care“ einwerben. Anna Taubenberger baute 2020 eine Nachwuchsgruppe „Onkomechanik“ der Mildred-Scheel-Stiftung auf, die am Biotechnologischen Zentrum der TU Dresden und am IPF assoziiert ist (doi: 10.1002/advs.202001276, doi: 10.1016/j.actbio.2020.07.036). Der Nachwuchsgruppenleiter Julian Thiele nahm mit Förderung der Volkswagen-Stiftung Arbeiten zur „Zelfreien enzymatischen Funktionalisierung synthetischer Polymere“ auf.

Das IPF ist Partner des 2020 eingerichteten *Centre for Cell and Tissue Engineering Technologies* des *Australian Research Council*. Neue DFG-Projekte des Instituts auf dem Gebiet der Biomaterialforschung wurden 2020 im Rahmen des Transregio-Sonderforschungsbereichs 127 „Xenogene Zell- und Organtransplantation“ sowie im Normalverfahren eingeworben.

Auf dem World Biomaterials Congress 2020, der größten Fachkonferenz des Gebietes, war das IPF erneut die am stärksten vertretene deutsche Institution. Ein im Rahmen der Konferenz organisiertes Symposium „Biomaterials based on sulfated and sulfonated polymers“ fand hohe Resonanz. ■

FRET experiments for understanding diffusion process of bio(macro)molecules through polymersome membrane

Xueyi Wang, Silvia Moreno, Susanne Boye,
Albena Lederer, Brigitte Voit, Dietmar Appelhans

Polymersomes (Psomes) have emerged as a versatile platform for creating artificial organelles, such as nano-containers or nanoreactors with a controlled membrane permeability. For their applications in cellular

biomimetics with orthogonal-responsive membranes, a precise knowledge about the membrane permeability of different bio(macro)molecules inside and outside of cellular biomimetics is required.

A THEORETICAL POINT OF VIEW FOR FRET

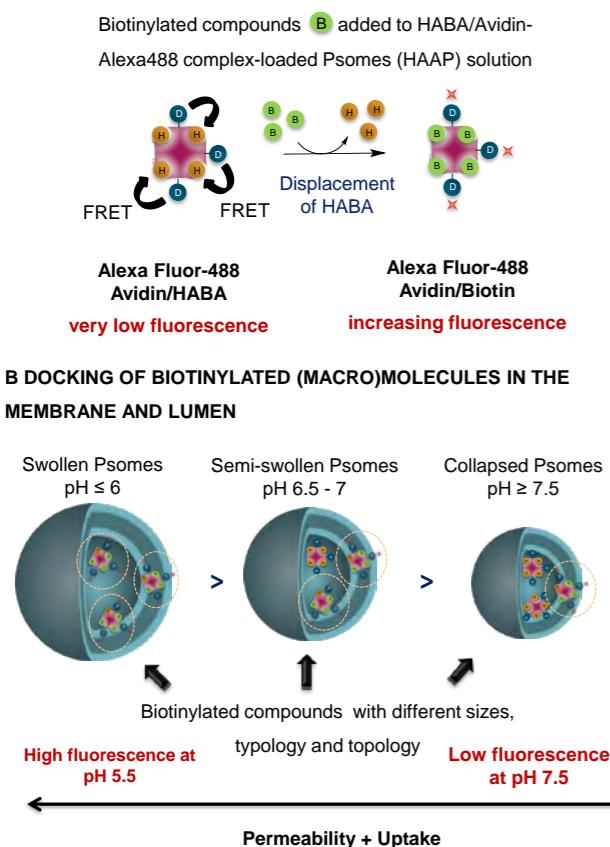


Fig. 1 (A) Theoretical point of view on FRET effect. (B) Docking regulation of biotinylated bio(macro)molecules using by Avidin-Psomes with pH-responsive membrane. "Reprinted (adapted) with permission from (<https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c01276>). Copyright (2020) American Chemical Society."

Here, we have developed an optical method which can monitor the location of the integrated protein and the pH-dependent docking and diffusion process of bio(macro)molecules on and within our pH-responsive and cross-linked Psomes. Monitoring of the (main) locations of docked (bio)macromolecules in and on Psomes was possible through the use of fluorescence resonance energy transfer (FRET) experiments.^[1]

The functional principle of a FRET experiment (Fig. 1A) is that the fluorescence of the Alexa Fluor-488 dye is quenched by FRET through the addition of the quencher dye HABA. When biotinylated compounds are added to the reaction mixture, then the HABA is displaced by them, resulting in an increase in fluorescence. Subsequently, fluorescent Avidin-Psomes, with integrated Alexa-Fluor 488 labeled avidin, was used in FRET experiments to study the permeability or uptake of Psomes membrane against a broad range of biotinylated (macro)molecules (different molecular structures, sizes and shapes) at different conditions (pH and diffusion time) (Fig. 1B).

Extracted from the permeability study, (macro)molecules ($M_w \leq 40$ kDa) can be captured in the lumen and in the membrane by a post loading method.^[1]

Next, FRET technique was further applied in a mixed artificial organelle system, which was the first established artificial organelle system composed of two Psomes with different membrane pH-responsiveness. Two kind of pH

responsive avidin loaded Psomes (Avidin-Psomes A, $pH^* \approx 6.8$, pH^* : half power of Psomes swelling; Avidin-Psomes B, $pH^* \approx 5.4$) were designed and prepared, they possess different pK_a values of their tertiary amino-containing membranes.^[2]

The different pH-dependent cargo docking and diffusion processes in coexisting Avidin-Psomes A and B were also investigated by FRET.^[2] The results of FRET experiments (Fig. 2B) show that Biotin-PEG_{3kDa} is able to dock at the outer surface and within the membrane of Psomes A and B and to cross the opening and open membrane states of them, finally, diffusing into their lumen. The different intrinsic docking and diffusion processes of cargo (bio)macromolecules are pH-dependent and in accordance with the

pH titration DLS results of Psomes A and B, showing different open, closing/opening and closed state.

In summary, FRET technique is proved as a powerful tool to monitor the docking and diffusion processes of bio(macro)molecules within and on Psomes, even applied in the mixed Psomes with differently pH-dependent membrane permeability, mimicking the endocytic process in eukaryotic cells. ■

Cooperations

- Stefania Galdiero,
University of Naples "Federico II", Italy
- Sébastien Lecommandoux,
Université de Bordeaux, France

PH-DEPENDENT CARGO UPTAKE INTO COEXISTING POLYMERSOMES

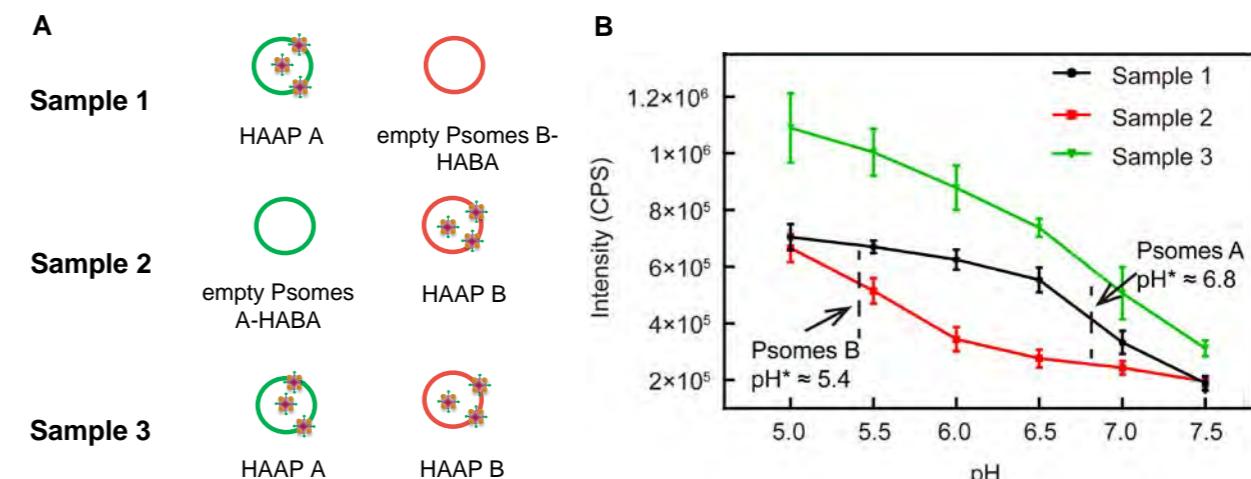


Fig. 2 The pH-dependent Biotin-PEG_{3kDa} uptake into coexisting Psomes A and B through FRET experiments. (A) The different coexisting Psomes A and B composition for FRET experiments, HAAP: Avidin-Alexa Fluor 488 loaded polymersome with HABA. (B) The fluorescence intensity of Avidin-Alexa Fluor 488 conjugate in Sample 1, 2 and 3, by adding Biotin-PEG3kDa at various pH values.

[1] S. Moreno et al, Avidin Localizations in pH-Responsive Polymersomes for Probing the Docking of Biotinylated (Macro)molecules in the Membrane and Lumen, *Biomacromolecules*, 2020, 21, 12, 5162–5172.

[2] X. Wang et al, Artificial Organelles with Orthogonal-Responsive Membranes for Protocell Systems: Probing the Intrinsic and Sequential Docking and Diffusion of Cargo into Two Coexisting Avidin-Polymersomes, *Advanced Science*, 2021, <https://doi.org/10.1002/advs.202004263>.

Bio-inspirierte Haftvermittler für chrom(VI)-freie Metallisierung von Kunststoffen

Cordelia Zimmerer, Frank Simon, Sascha Putzke, Oliver Kobsch, Moritz Reinhardt

Biogene Klebstoffe zeichnen sich durch die Möglichkeit aus, ein adhäsives Binden verschiedener Komponenten über das Ausbilden einer Vielzahl von Wechselwirkungen zu ermöglichen. Für eine hinreichende Haftung reichen Klebefugen von wenigen Nanometern. Die Universalität erscheint interessant für ein Übertragen der naturbasierten Klebstoffkonzepte auf technische Prozesse zumal sie auch ein umweltgerechtes Arbeiten garantieren. Ein interessantes Vorbild aus dem Tierreich sind Miesmuscheln (*Mytilidae*), die unter extremen Umgebungsbedingungen – nämlich im wässrigen Milieu und

unter hohen Scherspannungen durch Wasserbewegungen – an beliebigen Substraten haften. Die Bindungskräfte basieren hauptsächlich auf der Ausscheidung von L-3,4-Dihydroxyphenylalanin (DA) und der Aminosäure Lysin im Haftfüßchen der Muschelbyssus. Daraus wurde abgeleitet, dass die Koexistenz von Catechol- und Aminogruppen ein Schlüssel zu einer starken Adhäsion auf Oberflächen sein könnte. Polydopamin (PDA), das oxidierte Reaktionsprodukt des DA, bildet stabil haftende Filme auf vielen Substraten, die ggf. auch stark hydrophob sein können [1].

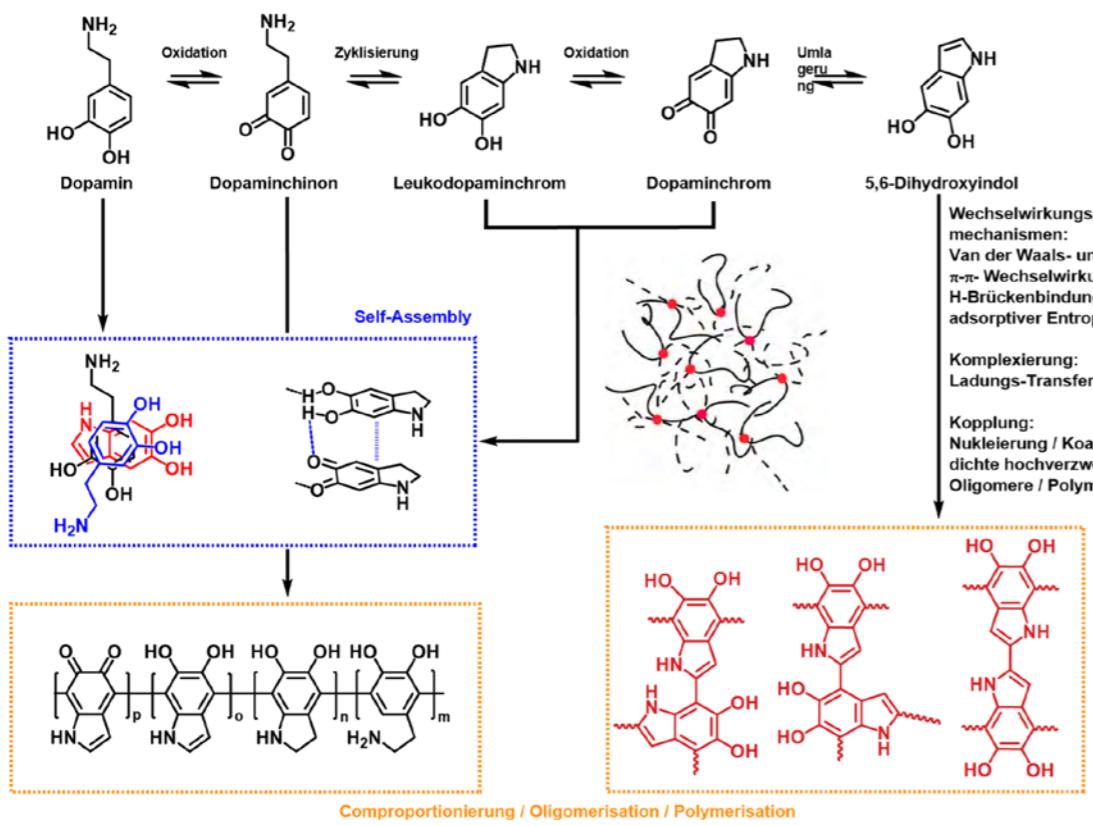


Abb. 1 Oxidative Polymerisation von DA, Filmbildung und mögliche Wechselwirkungsmechanismen

Die Übertragung des Konzepts der Muscheladhäsion auf technische Anwendungen wurde am Beispiel der chrom(VI)-freien Kunststoffmetallisierung von Polymeren gezeigt [2]. Die konventionelle Metallisierung von Kunststoffen beruht auf dem selektiven Ätzen von Acrylnitril-Butadien-Styren-Copolymeren (ABS) wobei die Butadienphase mit Chromschwefelsäure oxidativ aus der ABS-Oberfläche entfernt wird. Da die abgeschiedene leitfähige Nickelschicht ausschließlich durch mechanische Verzahnung in den Kavitäten der ABS-Oberfläche haftet, ist die Auswahl der metallisierbaren Kunststoffe an ihr selektives Ätzen gebunden. Weiterhin steht der Einsatz von Chrom(VI)-Verbindungen im

Widerspruch zu den Regelungen der Europäische Chemikalienverordnung REACH, sodass in vielen Branchen dringender Bedarf nach alternativen Prozessen für das Metallisieren von Kunststoffen besteht.

Die neu entwickelte, prozesssichere, einstufige PDA-Applikation aus wässrigen DA-Lösungen stellt sowohl eine stromlose als auch galvanische umweltfreundliche und ausgesprochen attraktive Alternative in Aussicht. Die Schlüsselkriterien bilden die homogene Metallabscheidung und die Haftfestigkeit im erzeugten Verbund. Abb. 2 zeigt die Vielfalt bei der Substratauswahl, die für die bio-basierte Metallisierung einsetzbar ist.



Abb. 2 Funktionsprototypen jeweils unbeschichtet und metallisiert.

Die Metallisierung von komplexen Geometrien und Mehrkomponentenbauteilen erfordert eine Anpassung der Prozessschritte zur Abscheidung des Haftvermittlers und der Metallabscheidung. In den aktuellen Arbeiten (Abb. 3) werden die Haupteinflussfaktoren bei den Prozessschritten ermittelt und Zusammenhänge zwischen den Prozessparametern und der Metallfilmdicke aufgezeigt.

Die Anforderungen der industriellen Anwender an eine Verfahrensalternative reichen von der Vorbereitung der Kunststoffoberflächen, über eine sichere Handhabung der Chemikalien, hohe Standzeiten und ein geringer Aufwand für das Umrüsten bestehender Anlagen. Die metallisierten Bauteile werden auf technisch etablierte Kennwerte geprüft, wie z. B. Nickellässigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Klimawechsel, Farbkonstanz, Fingerabdruckempfindlichkeit, chemische Beständigkeit, Abrieb und Steinschlag. Die laufende Entwicklung umweltfreundlicher Prozesstechnologien, die sich an jahrzehntelang optimierten und erprobten Technologien messen lassen muss, bildet im Zusammenwirken mit Wirtschaftsunternehmen eine spannende Herausforderung. ■

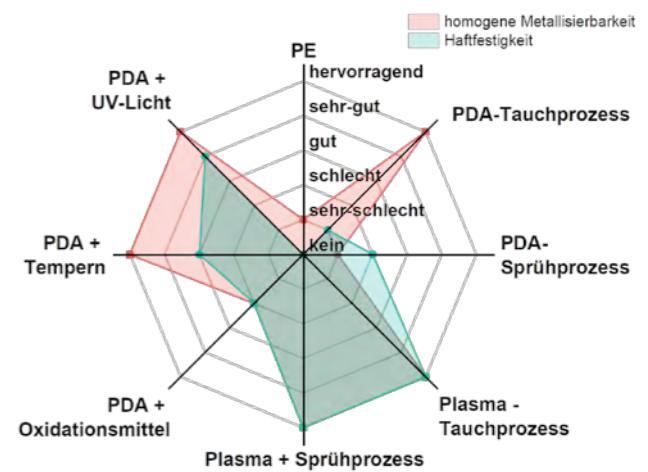


Abb. 3 PDA-Applikation auf Polyethylen (PE)

Gefördert durch

ZIM-Kooperationsprojekt AiF (ZF4028413DE8)α

[1] Bioinspired polydopamine coating as adhesion enhancer between paraffin microcapsules and an epoxy matrix, G. Fredi, F. Simon, D. Sychev, I. Melnyk, A. Janke, C. Scheffler, C. Zimmerer, ACS Omega, 5, 31 (2020) 19639–19653, <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02271>.

[2] Patentschrift: Metallisierte Oberflächen und Verfahren zu ihrer Herstellung, C. Zimmerer, F. Simon, (2016) DE 10 2016 222 943 B3.

Mean-field model of the collapse transition of brushes inside cylindrical nanopores

Cheng-Wu Li, Holger Merlitz, Jens-Uwe Sommer

When a polymer brush is grafted into a cylindrical nanochannel, then the opening of that channel is determined by the degree of swelling of that brush. Depending on the solvent quality, the channel may either be opened to grant passage to nanoparticles or macromolecules, or otherwise remain closed [1]. We have set up a mean-field model of polymer brushes inside cylindrical channels to predict the properties of the collapse transitions of the brush upon changes of the solvent quality [2].

The interplay between compressibility of the polymer brush under poor solvent conditions and the surface tension at the monomer-solvent interface of the central void leads to a discontinuous phase transition which is characterized by a bi-stable free energy landscape (Figure 1.c). To further validate this theoretical prediction, we have conducted molecular dynamics (MD) simulations of brush-decorated channels, using a coarse-grained model and the open source LAMMPS molecular dynamics package [3].

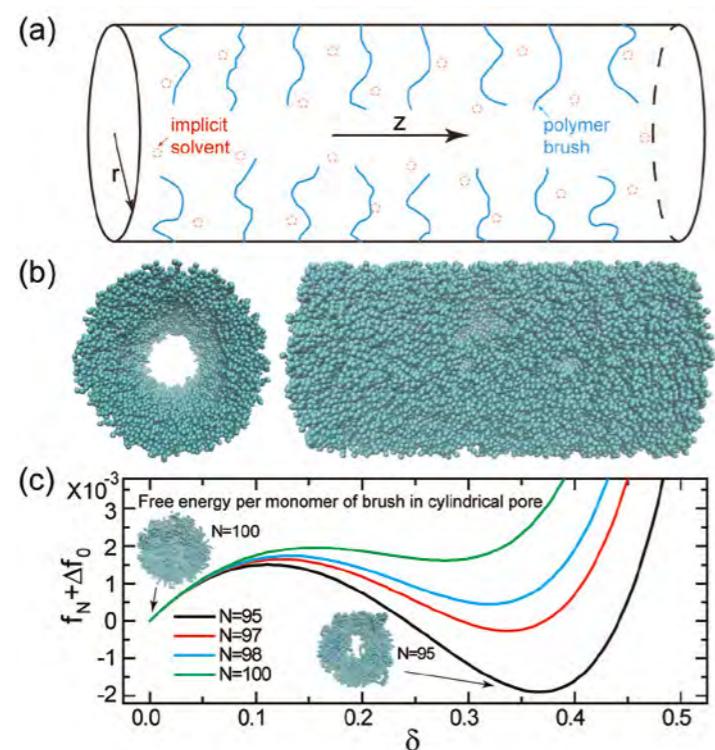


Fig. 1 (a) Schematic illustration of a nanopore, decorated with a brush made of linear chains (cyan). The brush is immersed in an implicit solvent (red dashed symbols) and periodic boundary conditions are applied in axial direction (z-axis). (b) Snapshots of MD simulations in side view (left) and top view (right) in poor solvent. (c) Rescaled free energy of the brush as a function of the order parameter δ , which is the channel opening, scaled by the radius of the cylindrical pore. Inserted graphics display snapshots of MD simulations for chain length $N = 95$ (open channel) and $N = 100$ (closed channel), respectively.

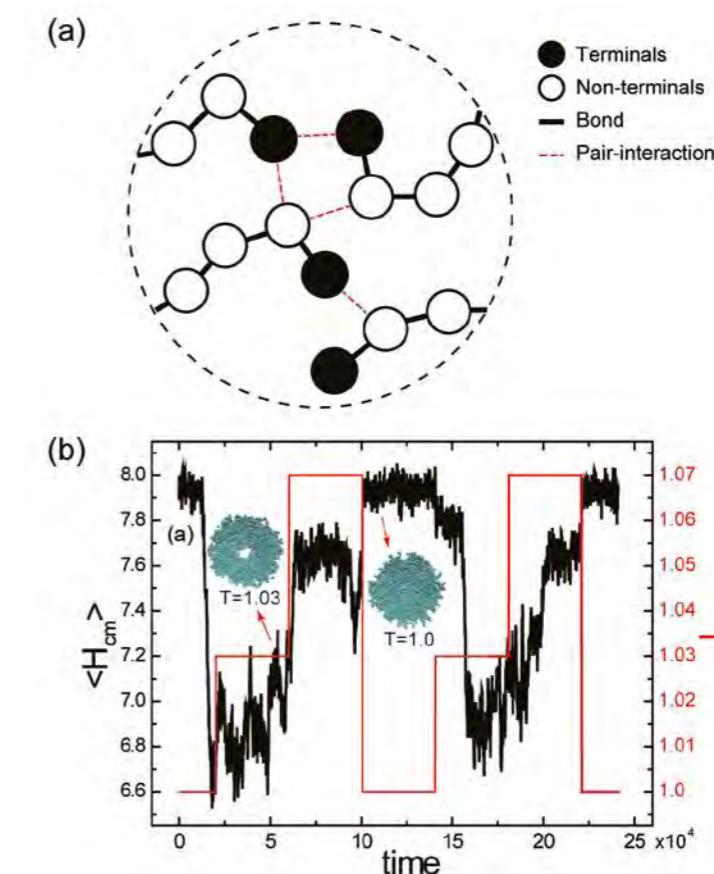


Fig. 2 (a) Schematic illustration of pair contacts inside brushes with modified end-groups. (b) Temperature-dependent central mass thickness versus time (black curve, in LJ time units). Temperature is marked by the red curve and inserted graphics display snapshots of MD simulations for $T = 1.0$ and $T = 1.03$.

Our model has been extended to describe copolymer brushes with modified end-groups (Figure 2.a). The different solubility properties of the two monomer species can be used to tune the thermal response of the brush-decorated pore. In MD simulations we have demonstrated that, within a certain parameter range, the copolymer brushes exhibit a lower critical transition temperature, i.e. they facilitate an opening of the pore when the temperature is increased (Figure 2.b). The simulations quantitatively confirm essential predictions of the mean-field model such as the impact of the degree of polymerization, the

radius of the nanopore, and size or interaction of the end-groups. ■

Sponsor

Sino-German (CSC-DAAD) Postdoc Scholarship Program, 2019 No.57460082.

[1] C.-W. Li, H. Merlitz, J.-U. Sommer:
Macromolecules 51 (2018) 6238-6247

[2] C.-W. Li, H. Merlitz, J.-U. Sommer:
Macromolecules 53 (2020) 6711-6719

[3] S. Plimpton: J. Comp. Phys. 117 (1995) 1-19

Artificial neural networks learning sequence-controlled polymer translocation through lipid membranes

Marco Werner

The structure and dynamics in biological environments is controlled by biopolymers such as proteins, lipids or ribonucleic acids (RNA), depending on chemical sequences. Natural evolution has relied on only a tiny subset of the chemical space to achieve a great richness in function and form. One reason is that a collection of recurring patterns has proven favorable under the given physical interactions. For example, an eukaryotic protein with a typical length of $N=400$ monomers represents only one sequence from $\sim 10^{529}$ possible with 21 amino acids. The alphabet for synthetic polymers today even exceeds this number giving rise to an enormous potential for polymer materials to tackle future challenges. We investigate in how far machine learning methods such as artificial neural networks (ANN) may help in the sequence search when they encode the physical rules behind them.

An interesting problem is the passive transport of polymers through cell membranes (Fig. 1). These are self-assembled layers of lipids and proteins that contain a hydrophobic core. Passive translocation is attractive for biomedical applications since it does not require a specific binding or active process. Instead, transport is driven by the thermal motion in an effective free energy landscape, $F(z)$, as sketched in Fig. 1., where the mean first escape time, τ , can be estimated. We have considered a copolymer composed by hydrophilic (A) and hydrophobic (B) monomers. The function $F(z)$ depends on the details of the A/B sequences controlling the barrier of the membrane's core as well as

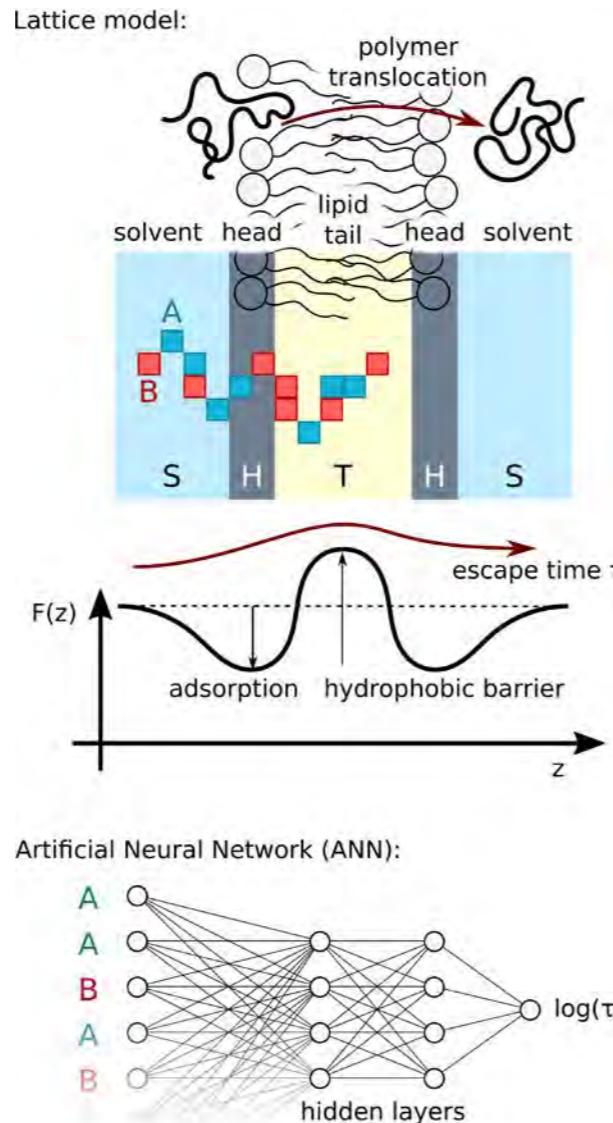


Fig. 1 Sketch of the lattice model (Rosenbluth) and artificial neural network for sequence-controlled escape time estimates.

the tendency of adsorption at the membrane-water interface, where both types A and B have chance to be located in the preferred environment. To date we can calculate $F(z)$ only for a few cases. For instance, for a balanced fraction of B-type monomers, $N_B/N = \frac{1}{2}$, alternating sequences with shortest-blocks AB show the smallest adsorption effects [1] and hence fastest translocation. In case of any imbalance it is nontrivial to predict such optimal sequences, and only marginal fractions of the 2^N sequences could be tested in experiment or atomistic simulation.

In our work [2], by using a highly coarse grained lattice model in a mean field that resembles a membrane environment (Fig. 2) we obtained a large database of pairs (sequence, τ). Short-range repulsive interactions between A-monomers and the tail region (T), and between B-monomers and the head/solvent region (H/S) model the hydrophobic effects. In the order of 10^7 independent configurations were generated per sequence and weighted by the total interaction energy to estimate the profile $F(z)$ and resulting time τ . With a parallel implementation on graphics processing units we screened the full sequence space for a short polymer, $N=14$. Sequence-complete data sets are a powerful basis for investigating the performance of an ANN under variation of the completeness of the training data. Here, we gave an ANN the task to estimate $\log(\tau)$ as a function of sequence by using training data only within a narrow range of τ (Fig. 2). After training, we evaluate the ANN's estimate for $\log(\tau)$ for all unseen sequences.

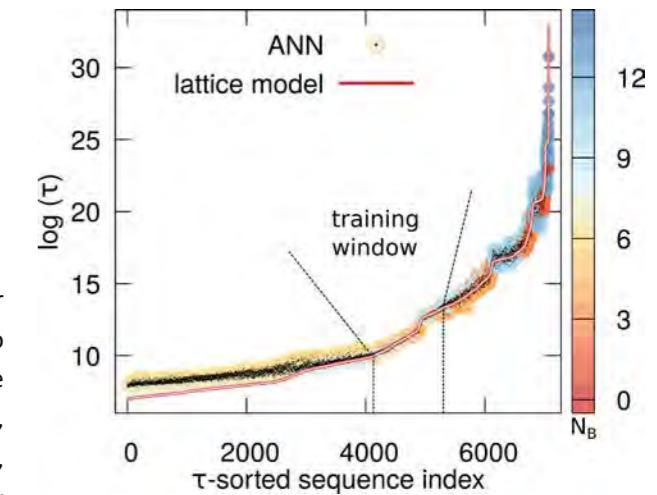


Fig. 2 Comparison of the lattice model and the ANN's estimate (test data) for $\log(\tau)$. Only data within the "training window" was used to train the ANN. Mirror symmetric sequences share one index. Indizes are sorted according to τ .

As we observe in Fig. 2, the ANN can approximate data even far away from the training window. Hence, information in the hidden layers of the trained ANN must encode approximate physical rules between sequence patterns and the effective diffusion barriers, that allowed to generalize the estimate. ■

Sponsor

EU Initial Training Network SNAI
(grant agreement 608184)

Cooperations

- Yachong Guo, Kuang Yaming Honors School, Nanjing University, China
- Vladimir Baulin, Departament d'Enginyeria Química, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, Spain

[1] J.-U. Sommer, M. Daoud, Phys. Rev. E 53(1) (1996) 905–920.

[2] M. Werner, Y. Guo, V.A. Baulin, npj Computational Materials 6 (2020) 72.

Injectable microcarriers for controlled delivery of IL-13 to the brain

Lucas Schirmer, Dimitri Eigel, Petra B. Welzel, Carsten Werner, Ben Newland

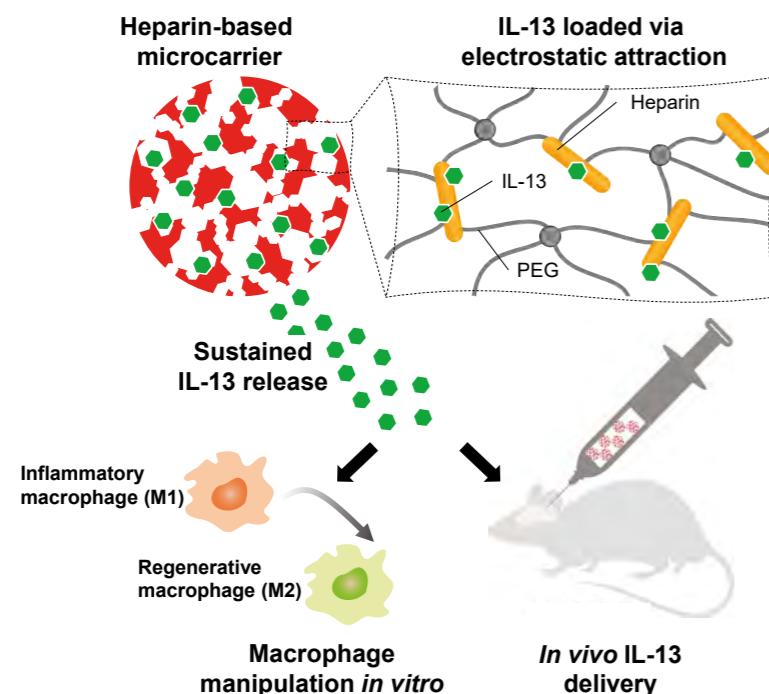


Fig. 1 Schematic overview of the experimental approach. Heparin-based microcarriers were used to load and release IL-13 in order to change the phenotype of macrophages *in vitro* and induce a pro-regenerative phenotype in macrophages/microglia in the mouse brain.
Reproduced from L. Schirmer et al., Biomater. Sci., 2020, 8, 4997 with permission from the Royal Society of Chemistry.

In the event of damage to the central nervous system (CNS), pro-inflammatory immune cells infiltrate the injured tissue to fend off infections and clear cellular debris. The resulting inflammation can add to the detrimental effects of a variety of different neuroinflammatory conditions, including ischemic stroke, multiple sclerosis, spinal cord injury and epilepsy.

The resident immune cells of the CNS, such as microglia and macrophages, adapt to these pathological changes in their environment by altering their phenotype, morphology, and their functions towards the inflammatory M1 polarization state. In contrast to their role in the inflammatory response, alternative activation of microglia and macrophages can also change their

phenotype towards a regenerative polarization state (M2) and thus promote tissue regeneration. As major players in the regulation of inflammation/tissue repair, these regenerative microglia and macrophages offer a promising target for therapeutic intervention in neuroinflammatory diseases. One strategy to shift the polarization balance is the administration of the known M2-inducing cytokine, interleukin-13 (IL-13). This anti-inflammatory cytokine can improve regeneration, suppress the infiltration of inflammatory cells and decrease axonal loss.

Here, we explore heparin-based macroporous cryogel microparticles (microcarriers) for sustained delivery of IL-13 into the brain (Fig. 1). The biohybrid hydrogels

contain glycosaminoglycans (GAGs) in order to biomimetically emulate functions of the extracellular matrix. Through their negative charge, sulfated GAGs such as heparin can interact with a range of growth factors, chemokines, and cytokines. Positively charged binding sites found on the protein's surface allow for electrostatic complexation and stabilization against proteolytic or thermal degradation. The compressibility of the cryogel microcarriers and their ability to reshape to their original size afterward make them ideal for minimally invasive injection where they conform to the void space. Cryogel microcarriers were thus prepared, characterized, and optimized for their interaction and release of IL-13. The positive, immunomodulatory effects of IL-13 functionalized microcarriers were then shown first on bone marrow-derived macrophages *in vitro* and then in the murine brain *in vivo* (Fig. 2). ■

Sponsors

- Wellcome Trust (Sir Henry Wellcome Postdoctoral Fellowship (BN))
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Project number 320041273.

Cooperations

- Chloé Hoornaert PhD, University of Antwerp, Belgium
- Debbie Le Blon PhD, University of Antwerp, Belgium
- Catia Neto, School of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Cardiff University, UK
- Prof. Mark Gumbleton PhD, School of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Cardiff University, UK
- Prof. Anne E. Rosser PhD, Brain Repair Group, School of Biosciences, Cardiff University, UK
- Prof. Peter Ponsaerts PhD, Laboratory of Experimental Hematology, University of Antwerp, Belgium

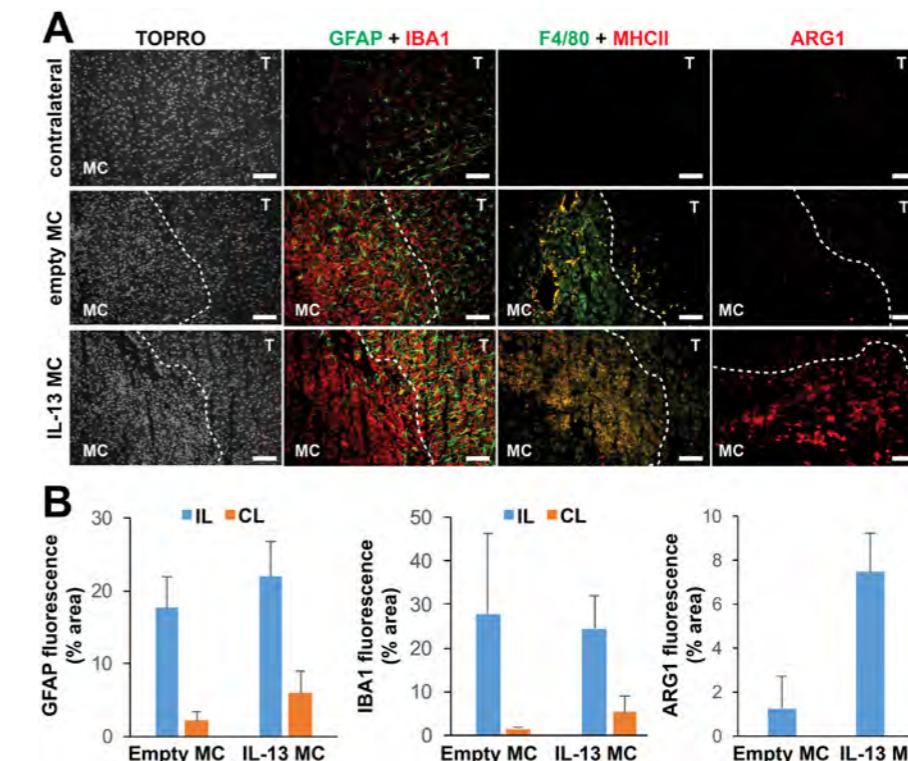


Fig. 2 IL-13 released from microcarriers induces alternative activation of macrophages *in vivo*. Histological analyses were performed one week after *in vivo* delivery of empty microcarriers (empty MC) ($n = 3$) or IL-13-loaded microcarriers (IL-13 MC) ($n = 4$). (A) Immunofluorescent staining for GFAP + astrocytes, IBA1 + myeloid cells, F4/80 + MHCII+ activated microglia, and ARG1 + M2 polarized myeloid cells. MC injection area is outlined with a dashed line where MC = microcarrier, and T = brain tissue. The white arrow indicates the location of a blood vessel, scale bars = 100 μ m. (B–D) Quantification of the relative surface area that stained positive for the markers GFAP (B), IBA1 (C), or ARG1 (D). Data points represent mean per condition (IL = ipsilateral, CL = contralateral), with error bars representing \pm standard deviation. A Student's t-test was performed to analyze statistically significant differences between empty and IL-13 loaded microcarriers (n_s = no significant difference, ** represents a P -value ≤ 0.01).
Reproduced from L. Schirmer et al., Biomater. Sci., 2020, 8, 4997 with permission from the Royal Society of Chemistry.

Growth factor concentration gradients within glycosaminoglycan-based hydrogels to modulate endothelial cell morphogenesis

Yanuar Dwi Putra Limasale, Passant Atallah,
Carsten Werner, Uwe Freudenberg, Ralf Zimmermann

Growth factors and cytokines are essential to regulate cellular processes, yet, controlling the spatiotemporal activity within engineered biomaterials remains challenging. Incorporation of sulfated glycosaminoglycans (GAGs) into the biomaterials offers a powerful means to modulate the distribution and stability of signaling molecules. For GAG-based hydrogels, maintaining a subtle balance between their localized retention and release can be achieved via the modulation of GAG volume density and affinity of GAG to signaling molecules, i.e., the specific sulfation pattern.^[1]

To quantitatively unravel the role of these parameters on the local availability and bioactivity of signaling molecules in general and the pro-angiogenic vascular endothelial growth factor (VEGF) in particular, we exploited a tunable cell-instructive hydrogel platform based on heparin (derivatives) and 4-arm poly(ethylene glycol)-(starPEG) peptide conjugates covalently crosslinked by a thiol-maleimide Michael type addition scheme (Fig. 1A-B).^[2] Hydrogels containing varying concentrations of heparin or heparin derivatives with different sulfation patterns were first prepared and thoroughly characterized for the swelling, mechanical, and growth factor transport properties (Fig. 1C-D). We showed that the GAG concentration similarly governed the transport of positively charged growth factors, whereas a specific GAG sulfation pattern was found to affect the diffusivity of some particular affine proteins. In contrast, the diffusivity of non-affine proteins was

not affected by both parameters and dependent on the molecular weights and hydrogels' mesh size.

In conjunction with the mathematical model to predict the local concentration and spatial distribution of free and bound VEGF within the gel matrices (Fig. 2A-B), we demonstrated that the availability of free VEGF and specific GAG sulfation pattern was decisive for the morphogenesis of gel-embedded Human Umbilical Vein Endothelial Cells (HUVEC) to form capillary networks. Furthermore, the VEGF gradient administered by a microfluidic set-up was accordingly shown to direct the spatial organization of the emerging capillary structures (Fig. 2C-D). Overall, our study exemplifies how mathematical modeling and rational hydrogel design can be combined to pave the way for precision tissue engineering. ■

Sponsors

- Deutsche Forschungsgemeinschaft through ZI 1238/4-1 (Y.D.P.L. and R.Z.)
- CRC TR 67 (P.A., C.W., and U.F.)
- FR 3367/2-1 (U.F.).

[1] P. Atallah, L. Schirmer, M. Tsurkan, Y. D. P. Limasale, R. Zimmermann, C. Werner, U. Freudenberg: *Biomaterials* 181 (2018) 227-239.

[2] Y. D. P. Limasale, P. Atallah, C. Werner, U. Freudenberg, R. Zimmermann: *Adv. Funct. Mater.* 30 (2020) 1-15.

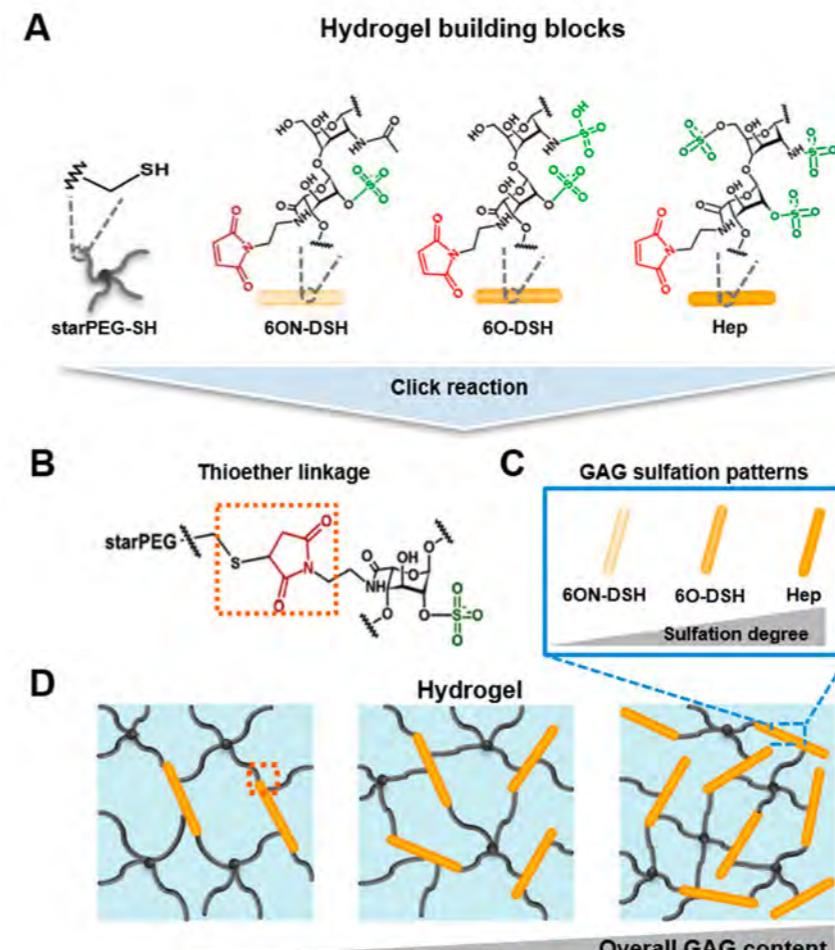


Fig. 1
Formation of biohybrid starPEG-GAG hydrogels with adjustable GAG concentration and GAG sulfation pattern. A) The hydrogels were formed from thiol-functionalized starPEG (starPEG-SH) and maleimide functionalized heparin (Hep)/heparin derivatives, which were selectively desulfated at 6O- (6O-DSH), or 6O- and N-position (6ON-DSH). B) The starPEG-SH can be instantaneously reacted with maleimide-functionalized heparin/heparin derivatives to form a hydrogel network containing a stable thioether linkage. C) Variation in the local sulfate density of the hydrogel can be achieved by incorporating heparin/heparin derivatives with different sulfation patterns. D) The overall GAG content of the hydrogel can also be adjusted by changing the hydrogel polymer concentration and ratios.

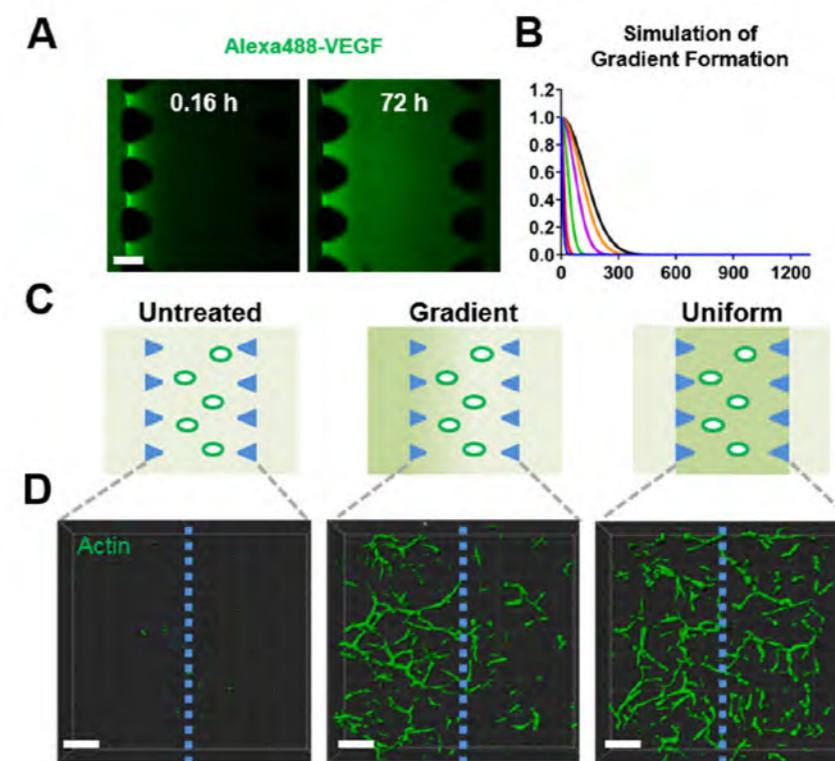


Fig. 2
The gradient of VEGF modulates the formation and spatial organization of tubular HUVEC structures within starPEG-GAG hydrogels. (A) Fluorescence images representing the gradient of fluorescently labeled VEGF formed within the microfluidic channel after 72 h. (B) Spatio-temporal distribution of VEGF calculated based on a reaction-diffusion model in COMSOL Multiphysics. (C) The endothelial cells were cultured in hydrogels for three days without VEGF supplement, under the action of a VEGF gradient or homogeneously preloaded VEGF. (D) Tubular HUVEC network structures resulting from the matrix-mediated presentation of VEGF under the conditions outlined in (C). Scale bar = 200 µm.

Polymer hydrogels to guide organotypic and organoid cultures

Valentina Magno, Andrea Meinhardt, Carsten Werner

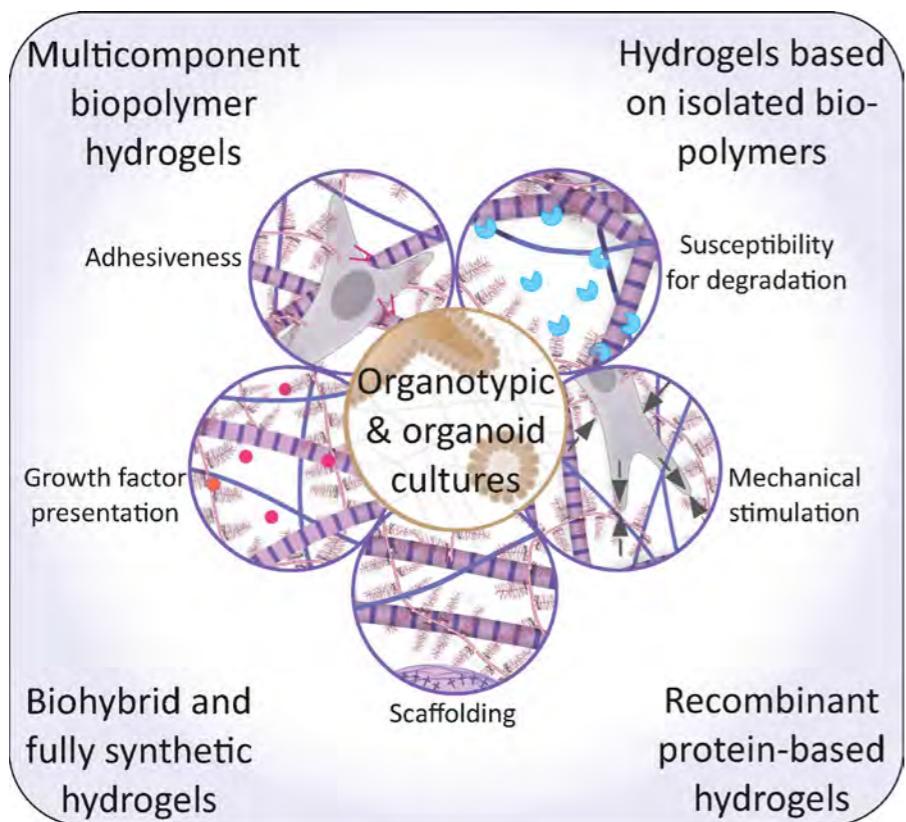


Fig. 1 Cell-instructive polymer hydrogels can be instrumental for the faithful recapitulation of key developmental processes in organotypic and organoid cultures. This review article classifies and discusses the available materials and their reported applications, covering tissue-derived preparations, biopolymer-based systems, as well as biohybrid and fully synthetic gels.

Human organotypic and organoid cultures provide life-like models of tissue/organ development and disease, enable more realistic drug screening, and may ultimately pave the way for new therapies.

Organotypic cultures are defined as tissue- or organ-analogues obtained by tissue-like assemblies of terminally differentiated cells (primary cells or cell lines) or derived from isolated tissue fragments. On the other side, *organoids* are generally considered 3D multicellular structures generated *in vitro* from pluripotent (embryonic or induced) or tissue-derived stem cells that histologically resemble native organs and exhibit a certain level of their basic functionality. Within this frame, we develop tunable, ECM-inspired hydrogel materials that can support these culture systems in recapitulating dynamic morphogenetic processes in response to signals of cellular microenvironments.

In our recently published review article¹, we provide a comprehensive overview on the use of hydrogel-based

culture systems for organotypic and organoid cultures, ranging from very complex, multicomponent ECM-derived preparations over simpler biopolymer-based matrices to recombinant, biohybrid and fully synthetic engineered materials (Fig. 1). We summarize the foundations of the design of different classes of polymeric hydrogels, and report on advantages and limitations of decellularized and reconstituted biopolymeric matrices as well as biohybrid and fully synthetic polymer hydrogel systems applied to enable specific organotypic and organoid cultures. Recent progress in the fabrication of defined hydrogel systems offering thoroughly tunable biochemical and biophysical properties is highlighted. Potentialities of hydrogel-based approaches to address the persisting challenges of organoid technologies, namely scalability, connectivity/integration, reproducibility, parallelization, and *in situ* monitoring are being discussed. ■

[1] V. Magno, A. Meinhardt, C. Werner
Advanced Functional Materials 30(48)

Conductive hydrogels for bioelectronic interfaces

Christoph Tondera, Teuku Fawzul Akbar, Ivan R. Minev, Carsten Werner

In recent years electronic devices are increasingly used in medical applications. Many of these applications, for example reading of electrical signals and electrical stimulation of cells and tissues, or electronically controlled drug release require direct contact of the electronic device to the living tissue [1]. The mechanical mismatch between stiff state of the art electronics and soft biological tissues can lead to rejection or loss of function of bioelectronic implants in chronic applications [2]. To achieve seamless integration of future bioelectronic devices novel tissue like, conducting materials with tunable electrical properties are needed.

We use a material system consisting of a covalent hydrogel synthesized from starPEG (four-arm polyethylene glycol) and negatively charged heparin. By changing the amount of heparin and its sulfation degree the total and local anionic charge of the hydrogel can be tuned. To make the hydrogels electronically conductive poly(ethylene-3,4-diethoxy thiophene) (PEDOT) is polymerized around the hydrogel struts (Figure 1) [3].

To achieve high conductivities and charge storage capacities (CSC) the PEDOT has to be doped by anionic groups.

At high total and local negative charge heparin effectively dopes PEDOT, leading to PEDOT-hydrogels with high CSC. Additionally, the hydrogels show a tissue-like elastic modulus of 5-30 kPa. Decreasing the total charge of the hydrogel from $P_1=80 \mu\text{mol}/\text{ml}$ of sulfate groups to $P_1=11 \mu\text{mol}/\text{ml}$ leads to a decrease in CSC of 20 %. Reducing the local charge density of the sulfate groups from $P_2=4,5 \text{ mmol}/(\text{g/mol})$ to $P_2=1,8 \text{ mmol}/(\text{g/mol})$ leaving the total amount of sulfate groups constant leads to a further

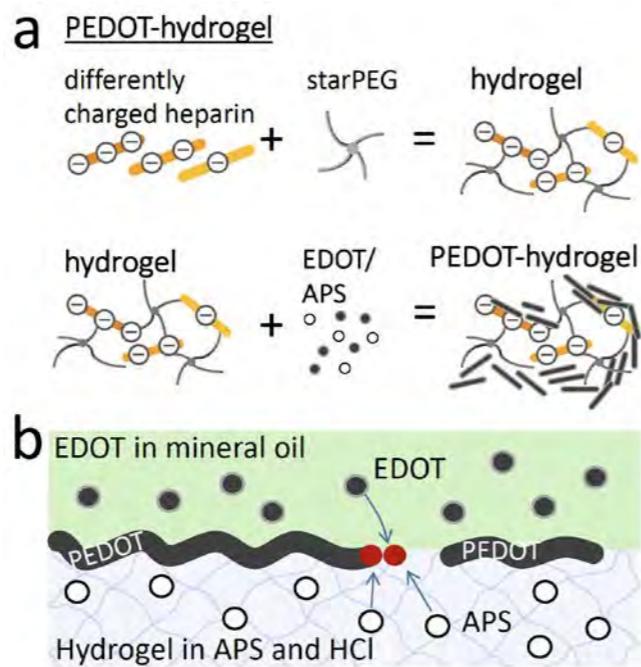


Fig. 1 Electroconductive PEDOT-hydrogels are synthesized from negatively charged starPEG-heparin hydrogels by polymerization of PEDOT around the hydrogel struts (a) using an oxidative interfacial polymerization method (b).

decrease in CSC of 15 %. The soft PEDOT-hydrogels can be loaded with negatively and positively charged molecules. Regardless of the charge of the bound molecule at a potential of 500 mV the release could be reduced down to almost 0 %. The highest release could be observed at -500 mV (Figure 2). As negatively charged mock drug fluorescein was used. At 500 mV the fluorescein could be released up to 15 % after 24 h (Figure 2a).

NGF- β , a positively charged growth factor, could not be released at high anionic charge of the PEDOT-hydrogel (Figure 2b). Lowering the total and local charge, leads to an increase in voltage dependent NGF- β release to 7 % and 12 % without elevating the passive release at 0 mV (Figure 2c,d).

The adjustable electrical properties combined with low mechanical stiffness make the presented material system an ideal candidate for medical applications. The highly conductive hydrogels with high doping degree can be used as tissue-mimetic electrodes and as system for a controlled drug release of negatively charged drugs. Hydrogels with lower total and local doping degree show less favorable electrical properties. However, the optimized electrostatic interaction of positively

charged molecules with the conductive hydrogel, which can be further influenced by applying an electrical potential, makes them ideal candidates for controlled drug release of positively charged molecules. ■

Sponsors

Freieist fellowship (91 690, Electronic Tissue Technology for Spinal Cord Repair) from the Volkswagen Foundation for Prof. Dr. Ivan Minev

Cooperations

Prof. Dr. Ivan R. Minev,
IPF Fellow and University of Sheffield, UK

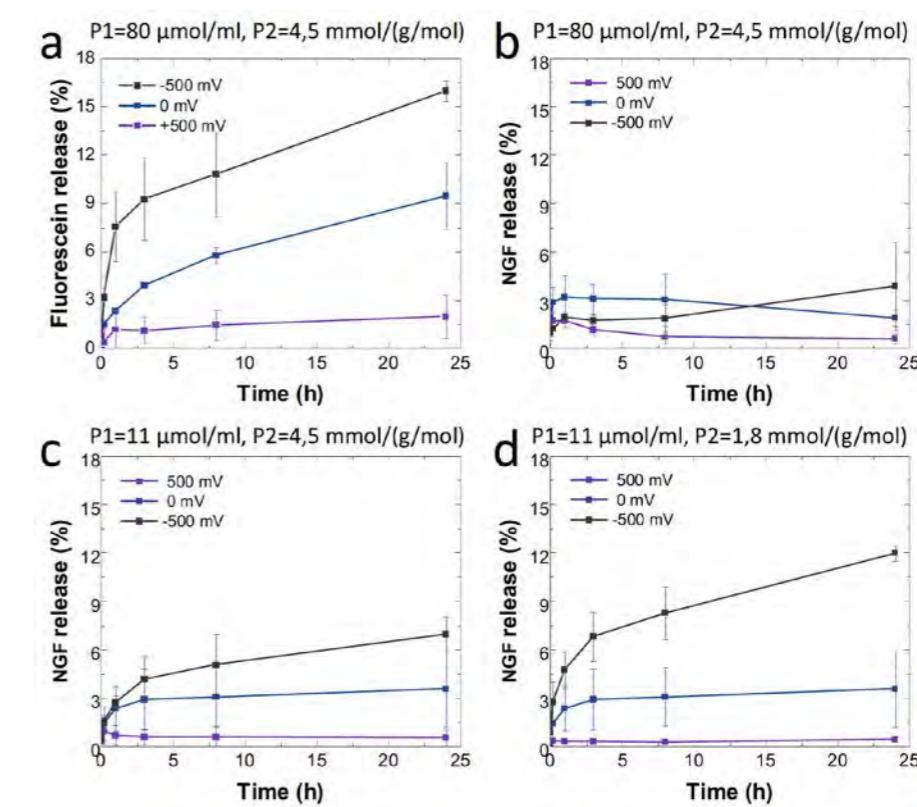


Fig. 2 Fluorescein (a) and NGF- β (b-d) release using PEDOT-hydrogels with different total (P_1) and local (P_2) doping degree at -500, 0 and 500 mV applied potential.

- [1] A. V. Volkov, K. Wijeratne, E. Mitraka, U. Ail, D. Zhao, K. Tybrandt, J. W. Andreasen, M. Berggren, X. Crispin, I. V. Zozoulenko: Advanced Functional Materials 1700329 (2017).
- [2] I. R. Minev, P. Musienko, A. Hirsch, Q. Barraud, N. Wenger, E. M. Moraud, J. Gandar, M. Capogrosso, T. Milekovic, L. Asboth, R. F. Torres, N. Vachicouras, Q. Liu, N. Pavlova, S. Duis, A. Larmagnac, J. Vörös, S. Micera, Z. Suo, G. Courtine, S. P. Lacour: Science 6218 (2015).
- [3] C. Tondera, T. F. Akbar, A. K. Thomas, W. Lin, C. Werner, V. Busskamp, Y. Zhang, I. R. Minev: Small 1901406 (2019).

Discovery of hemocompatible bacterial biofilm-resistant copolymers

Manfred F. Maitz, Claudia Sperling, Carsten Werner

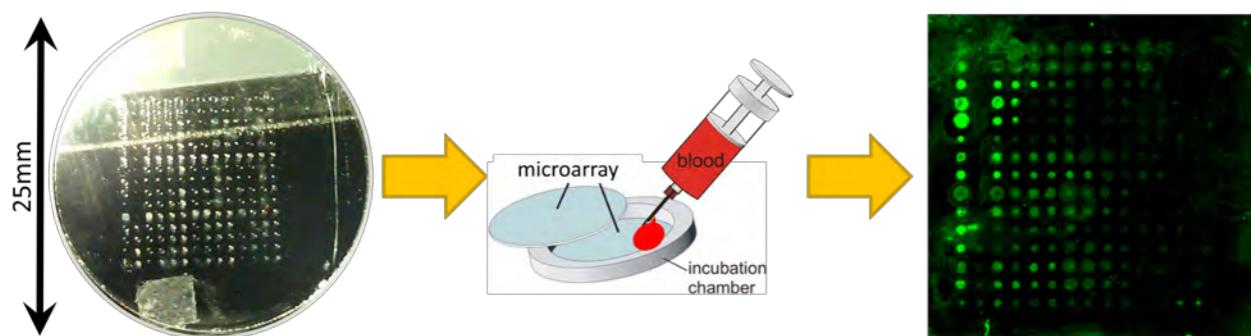


Fig. 1 A microarray of copolymers was spotted on a chip and exposed to single protein solutions, plasma, and whole blood with subsequent bacterial colonization. Adsorbed proteins and adherent cells were quantified via fluorescence to identify the spots with lowest biofouling for further upscaled analysis of the respective copolymers.

Blood-contacting medical devices play an important role in healthcare. Essential properties are bio- and hemocompatibility and the resistance to microbial colonization. Combinatorial chemistry and high-throughput screening methods were established to identify new copolymers which fulfill these demands [1].

A library of 645 copolymers was created on a chip by combinatoric polymerization of 23 amphiphilic

methacrylates with 7 acrylate glycol monomers of varying chain lengths at various ratios. The methacrylates were previously identified for the suppression of biofilm formation, or they consist of comonomers with antifouling properties [2]. This library was screened for the adsorption of coagulation- and inflammation relevant proteins from plasma (Fig. 1). Then, cascade reactions and cell adhesion to the library's

individual copolymers were probed in a whole blood incubation assay by quantifying stable products of the cascades and selective staining of cells. Microbial colonization generally is highly affected by the protein adsorbate [3], therefore the blood-conditioned library was probed for the adhesion of Gram-negative *Pseudomonas aeruginosa* and Gram-positive *Staphylococcus aureus*, both commonly associated with catheter-related infections.

Six 'hit' copolymers of the library were identified for low blood activation and low bacterial adhesion. These were further synthesized and analyzed as extended specimen against clinically relevant reference materials. Poly(isobornyl acrylate-co-triethylene glycol methacrylate) (75:25) was identified as the optimal copolymer in

the library concerning hemocompatibility and antimicrobial behavior. This was validated *in vivo* in a murine foreign body infection model, where it demonstrated a reduction of *P. aeruginosa* biofilm formation by up to 86 % compared with uncoated silicone after four days. The data present the potential of whole blood incubation assays for the screening of compound libraries to identify new hemocompatible polymers that prevent biofilm-centered infections associated with blood-contacting devices. ■

Cooperations

Dr. Taranjit Singh and Prof. Morgan R. Alexander
School of Pharmacy, University of Nottingham, UK

- [1] T. Singh, A.L. Hook, J. Luckett, M.F. Maitz, C. Sperling, C. Werner, M.C. Davies, D.J. Irvine, P. Williams, M.R. Alexander: Biomaterials 260 (2020) 120312.
- [2] Y. Mei, K. Saha, S.R. Bogatyrev, J. Yang, A.L. Hook, Z.I. Kalcioglu, S.-W. Cho, M. Mitalipova, N. Pyzocha, F. Rojas, K.J. Van Vliet, M.C. Davies, M.R. Alexander, R. Langer, R. Jaenisch, D.G. Anderson: Nature Mater. 9 (2010) 768-78.
- [3] S. Schulz, M. Maitz, S. Hänsel, L.D. Renner, C. Werner: Biomater. Sci. 6 (2018) 1129-39.

Polymere Netzwerke und übermolekulare Strukturen



Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer

Prof. Dr.-Ing. Sven Wiesner

Durch die Vernetzung von Polymeren werden Flüssigkeitseigenschaften (Viskosität) mit Festkörpereigenschaften (Formbeständigkeit, Lösungsmittelbeständigkeit) kombiniert. Eine zentrale Rolle in der übergreifenden experimentell-theoretischen Forschung auf diesem Gebiet spielt die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen Netzwerkstruktur, ihrer Topologie und den resultierenden Materialeigenschaften. Ein Fokus der aktuellen Forschung liegt auf dem Gebiet der schaltbaren und stimuli-responsiven elastischen Polymersysteme. Dazu werden am IPF verschiedene Konzepte theoretisch und experimentell untersucht. Immobilisierte Polymere wie Gele und Polymerbüsten können unter bestimmten Bedingungen sprunghafte Volumenphasenübergänge zeigen, die für Anwendungen im Bereich der Mikrofluidik, Sensorik oder Soft-Robotik interessant sind. Der Co-Nonsolvency (CNS)-Effekt bietet eine Möglichkeit, derartige Phasenübergänge zu induzieren. In einer Kooperation zwischen den Programmberächen (PB) 2 und 5 wurde in den letzten Jahren ein quantitatives Modell zur Beschreibung des CNS-Effekts in PNIPAAm-Bürsten entwickelt. Durch Berücksichtigung der entsprechenden elastischen freien Energie kann damit ebenso der Volumenphasenübergang in PNIPAAm-Gelen quantitativ beschrieben werden (*Macromolecules* 53 (2020) 2323). Im PB2 konnte durch Ausnutzung ionischer Wechselwirkungen in schwachen Polyelektrolytbürsten (PDMAEMA) ein Volumenphasenübergang in Gegenwart von multivalenten Gegenionen herbeigeführt werden, verbunden mit einer Inversion des Temperaturverhaltens des Polymers (*Macromolecules* 53 (2020) 1957). Das Quellverhalten von Hydrogelen, welche reversible Netzpunkte besitzen, kann durch Umgebungseinflüsse kontrolliert und ihre mechanischen Eigenschaften geschaltet werden. Dieses konnte in

doppelt vernetzten PNIPAAm- und PAAm-Hydrogelen, die im PB1 synthetisiert wurden, nachgewiesen werden (*Soft Matter* 16 (2020) 6733).

Magnetische Elastomere sind vielversprechende Materialien für Zukunftstechnologien und ihre theoretische Beschreibung ist ein Forschungsschwerpunkt im PB5. In starken Magnetfeldern ist die oft benutzte linearisierte Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen den magnetischen Kolloiden, welche in der elastomerischen Matrix eingebettet sind, unzureichend. Gemeinsam mit Kooperationspartnern aus Regensburg und Moskau ist es gelungen, die Theorie zu erweitern und die Vorhersagen auf experimentelle Ergebnisse anzuwenden (*Soft Matter* 16 (2020) 9047).

Durch kristallisationsinduzierte Phasenseparation konnten im PB3 ein definiertes Mikrokondensatornetzwerk aus CNTs erzeugt und so die dielektrischen Eigenschaften gesteuert werden (*ACS Applied Mat. & Interf.* 12 (2020) 26444).

Supramolekulare Cluster (kolloidale Moleküle) haben vielversprechende Anwendungsfelder, die sich aus ihren speziellen optischen, magnetischen und katalytischen Eigenschaften ergeben. Gemeinsam mit Kooperationspartnern in Toronto und Göttingen konnten im PB2 wesentliche Eigenschaften dieser supramolekularen Cluster aufgeklärt werden und neue Designstrategien entwickelt werden (*MRS Comm.* 10 (2020) 112). Nachhaltigkeit spielt eine große Rolle für die Entwicklung von Elastomeren für die Zukunft. Am PB3 konnte gezeigt werden, dass durch die simultane Devulkанизation und Funktionalisierung von SBR-Vulkanisaten ein anschließender Einsatz als Rohstoff für kiesel säureverstärkte Laufflächenrezepturen ermöglicht werden kann. Dadurch können neue werkstoffliche Recyclingwege für Altreifencompounds erschlossen werden (*Resour Conserv Recy* 154 (2020) 104629). ■

Stimuli-responsive hydrogels through cleavable covalent and non-covalent cross-linkers

Yunjiao Che, Stefan Zschoche, Jens Gaitzsch, Dietmar Appelhans, Brigitte Voit

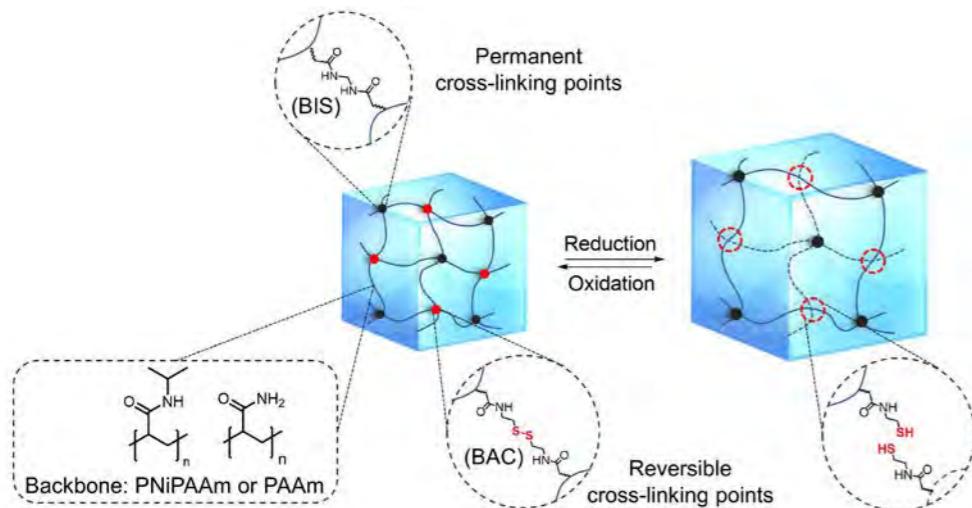


Fig. 1 Redox-switchable PNIPAAm and PAAm hydrogels cross-linked by a mixture of reversible cross-linking agent BAC and permanent cross-linking agent BIS.

Stimuli-responsive hydrogels are already employed for numerous applications due to their highly attractive features, such as water adsorption/release and environmental responsiveness.^[1] Double cross-linked hydrogels bearing cleavable cross-linking points have drawn some attention in recent years benefiting from their dynamic properties and high control over the swelling and mechanical properties.

Here, we prepared a series of double cross-linked poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAAm) and polyacrylamide (PAAm) hydrogels based on thiol-disulfide interchange (Fig. 1).^[2] These hydrogels are cross-linked simultaneously by two cross-linking agents, a reversible cross-linker N,N'-bis(acryloyl)cystamine (BAC) and a permanent cross-linker N,N'-methylenebisacrylamide (BIS) under a defined molar ratio. The resulting hydrogels present unprecedentedly reversible swelling behaviors (Fig. 2a), which are effectively controlled by the cleavage and reformation of disulfide bonds under

a gentle redox environment. Additionally, the mechanical strength of hydrogel can be repeatedly manipulated between high- and low-stiffness states (Fig. 2b). Swelling kinetics reveals that the redox reaction proceeds significantly faster than the autonomous diffusion of the water in the hydrogel and the diffusion of the hydrogel is limited due to the proceeding of the reduction reaction. The successful micro-structuring of the hydrogels (Fig. 2c) demonstrates that these redox-responsive hydrogels are promising candidates for chemical sensing and applicable in microfluidics.

Moreover, a second series of double cross-linked hydrogels were designed and prepared to extend the application potential of those hydrogels: Novel double cross-linked supramolecular hydrogels consist of host-guest interactions of adamantane (Ada) and β -cyclodextrin (β -CD).^[3] These hydrogels are cross-linked simultaneously by permanent cross-linker BIS and an equal amount of bismacromonomer as non-covalent

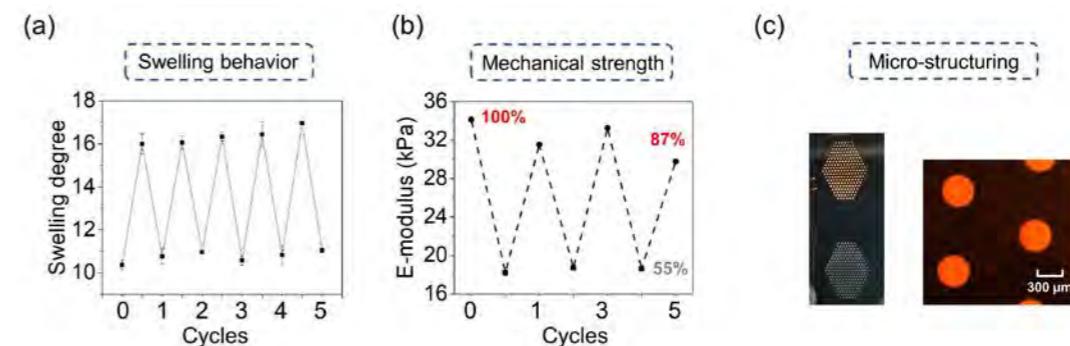


Fig. 2 (a) Swelling behavior and (b) mechanical characterization of redox-responsive double cross-linked PNIPAAm hydrogels (BIS:BAC=1:1). (c) Photograph of micro-structured hydrogel dots.

cross-linker consisting of host-guest complexes (Fig. 3). Well-defined hydrophilic poly(2-methyl-2-oxazoline) (PMEOx) macromonomers bearing either pendent adamantane groups (Ada-PMEOx) or β -cyclodextrin moieties (β -CD-PMEOx) have been synthesized. The macromonomers present narrow apparent dispersity and nearly unity end-group functionality. A rapid *in situ* formation of the bismacromonomers from a 1:1 mixture of two host/guest macromonomers in water within seconds to minutes has been confirmed. The resulting supramolecular PAAm hydrogels are dense networks and show desired reduced swelling behavior due to stable host-guest interactions between complementary functionalized PMEOx chain segments. In addition, supramolecular bonds can be dissociated by the addition of competitive guest moieties, resulting in further

swelling behavior of the hydrogels. More important, the supramolecular interactions significantly enhance the mechanical strength of the network. The swelling behavior and stiffness of the double cross-linked hydrogels can be easily tailored by changing the chain length of bismacromonomers, namely, the molecular weight of host-guest conjugated PMEOx chains. This tunable physical property supports the potential applications of supramolecular hydrogels both in biochemical fields and microfluidic setups. ■

Sponsor

German Research Foundation (DFG)
Research training group 'Hydrogel-based Microsystems'
(RTG 1865)

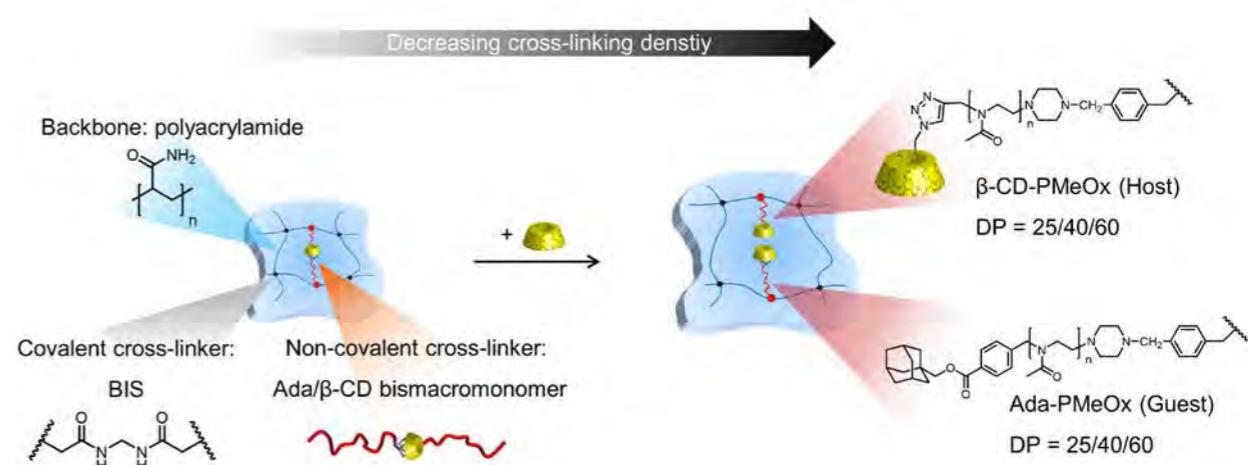


Fig. 3 Double cross-linked supramolecular hydrogels formed by adamantane/ β -cyclodextrin host-guest interactions and their controlled swelling/mechanical behaviors.^[3] (Reproduced by permission of The Royal Society of Chemistry)

[1] M. Mahinroosta, Z. J. Farsangi, A. Allahverdi, Z. Shakoori: Mater. Today Chem. 8 (2018) 42-55.

[2] Y. Che, S. Zschoche, F. Obst, D. Appelhans, B. Voit: J. Polym. Sci. Pol. Chem. 57 (2019) 2590-2601.

[3] Y. Che, J. Gaitzsch, N. Liubimtsev, S. Zschoche, T. Bauer, D. Appelhans, B. Voit: Soft Matter 16 (2020) 6733-6742.

Funktionale Suprakolloidale Cluster

Christian Roßner, Andreas Fery

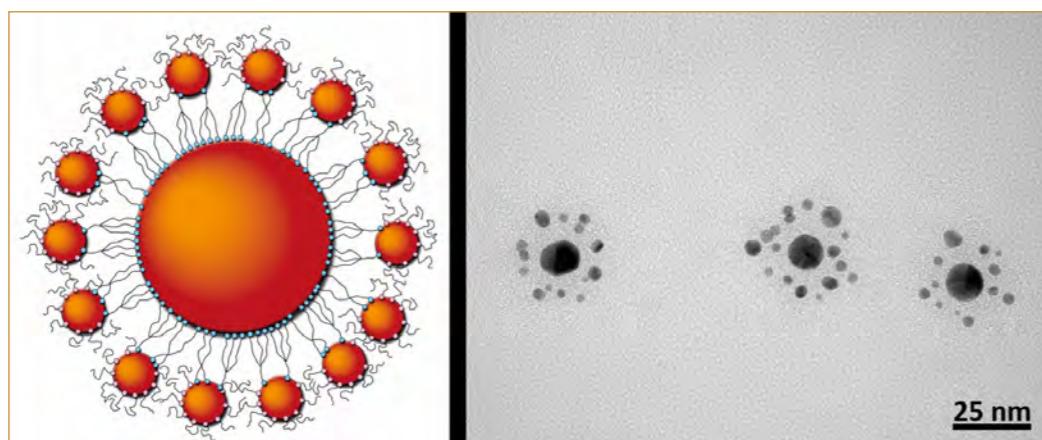


Abb. 1 Schematische Darstellung und elektronenmikroskopische Aufnahme von suprakolloidalen Clustern aus Sternpolymeren und zwei Sorten von Goldnanopartikeln.

In den vergangenen Jahren sind eine Reihe von speziellen Syntheseverfahren zur Herstellung funktionaler suprakolloidaler Cluster (siehe Abb. 1) entwickelt worden. Dieser präparative Zugang ermöglicht das Erkunden potentieller Anwendungsfelder, die sich aus den speziellen optischen, magnetischen und katalytischen Eigenschaften dieser Materialklasse ergeben.^[1]

Eine bestehende Herausforderung in diesem Gebiet ist das genaue Verständnis des Verhaltens der Grundbausteine

suprakolloidaler Cluster. In einer Arbeit, die diese Herausforderung adressiert, konnten wir die Strukturodynamik und das Alterungsverhalten von Nanopartikeln, die symmetrisch mit Polymerizellen dekoriert sind (sog. „kolloidale Moleküle“), unter verschiedenen Umgebungsbedingungen aufklären.^[2] Diese und ähnliche Arbeiten sind bedeutsam, um die Stabilität und damit den potentiellen Anwendungsbereich dieser Materialklasse auszuloten. Wenn die Grundbausteine suprakolloidaler Cluster (also einzelne Nanopartikel) in Form

metallischer Nanopartikel vorliegen und mit vergleichsweise geringem Abstand (wenige nm) zueinander in suprakolloidale Überstrukturen angeordnet werden, entstehen Cluster mit elektromagnetischen sog. „hot-spots“. Diese eignen sich aufgrund dieser Eigenschaft für oberflächenverstärkte Spektroskopien, bspw. oberflächenverstärkte Raman-Spektroskopie, und besonders eignen sich hierfür anisotrope Grundbausteine, wie trigonal-prismatische Goldnanopartikel.^[3] Eine Kombination von geringen Partikelabständen (um die erwähnten oberflächenverstärkten Spektroskopien zu realisieren) und größeren Abständen (um die Zielsteuerung in medizinischen Anwendungen zu kontrollieren, bspw. Tumorkumulation) ermöglicht die Integration von diagnostischen und potentiell therapeutischen Eigenschaften in einer strukturell definierten Clusterarchitektur („Nanotheranostik“).^[4] Eine mögliche Designstrategie für derartige Nanotheranostika ergibt sich aus der Verwendung zweier RAFT-Sternpolymere mit deutlich verschiedenem

Polymerisationsgrad als verbindende Einheiten zwischen den Nanopartikel-Grundbausteinen.^[4]

Schließlich eröffnet die Möglichkeit der adaptiven Steuerung der Eigenschaften suprakolloidaler Cluster durch den Einsatz responsiver Polymere eine Möglichkeit, die Funktionalität dieser Materialien auch zeitlich aufgelöst gezielt maßzuschneidern.^[5] ■

Gefördert durch

Fonds der Chemischen Industrie
(Liebig-Stipendium Christian Roßner)

Kooperationspartner

- Professor Dr. Eugenia Kumacheva, Dept. of Chemistry, University of Toronto
- Professor Dr. Marcus Müller, Institut für Theoretische Physik, Georg-August-Universität Göttingen

[1] C. Rossner, A. Fery MRS Comm. 2020, 10, 112-122.

[2] E. Galati, H. Tao, C. Rossner, E. B. Zhulina, E. Kumacheva, ACS Nano 2020, 14, 4577-4584.

[3] R. P. M. Höller, C. Kuttner, M. Mayer, R. Wang, M. Dulle, R. Contreras-Caceres, A. Fery, ACS Photonics 2020, 7, 1839-1848.

[4] Q. Tang, C. Rossner, P. Vana, M. Müller, Biomacromolecules 2020, 21, 5008-5020.

[5] C. Rossner, T. A. F. König, A. Fery, Adv. Opt. Mater. 2020, DOI: 10.1002/adom.202001869.

Systematic combination of theory and experiment clarifies field-induced effects in magnetic elastomer

Dirk Romeis, Marina Saphiannikova

A crucial simplification in most theoretical studies of magnetic elastomer (ME) is the restriction to an exclusively linear magnetization behavior of the particle inclusions. However, in experiments often rather strong magnetic fields are applied where the linear behavior is no longer justified. Recently we developed a generalized formalism that provides a good approximation for low and intermediate field strengths and which is exact at large strengths in the saturation regime [1]. The initial spatial distribution of particles and its change in an external magnetic field are thereby considered. This is

$$\bar{M} = L(H_0 + (\phi f_{\text{macro}} + f_{\text{micro}} - 1/3)\bar{M})$$

Here L stays for the (non-linear) magnetization function, ϕ is the volume fraction of magnetic inclusions, f_{macro} defines the demagnetizing factor of a sample along its axis of symmetry and f_{micro} is a scalar parameter describing the actual microstructure. Interestingly, the cylindrical and cuboidal samples exhibit a qualitatively

achieved by the introduction of an effective demagnetizing factor where not only the sample shape but also the ME microstructure is taken into account.

The formalism allows to consider the non-linearly magnetized samples of realistic shapes like cylinders and cuboids. For example, we show that the average magnetization \bar{M} in the axially symmetric samples, with the external field H_0 applied along the axis of symmetry, can be compactly expressed [1]:

similar macroscopic shape effect, compared to often studied spheroids (Fig.1).

Further, we are able to calculate the stress Δp_{mag} induced by the external field in ME samples fixed in a rheometer holder:

$$\Delta p_{\text{mag}} = \frac{\mu_0}{2} \phi \bar{M}^2 \left(\phi \frac{\partial f_{\text{macro}}}{\partial \varepsilon} + \frac{\partial f_{\text{micro}}}{\partial \varepsilon} \right)$$

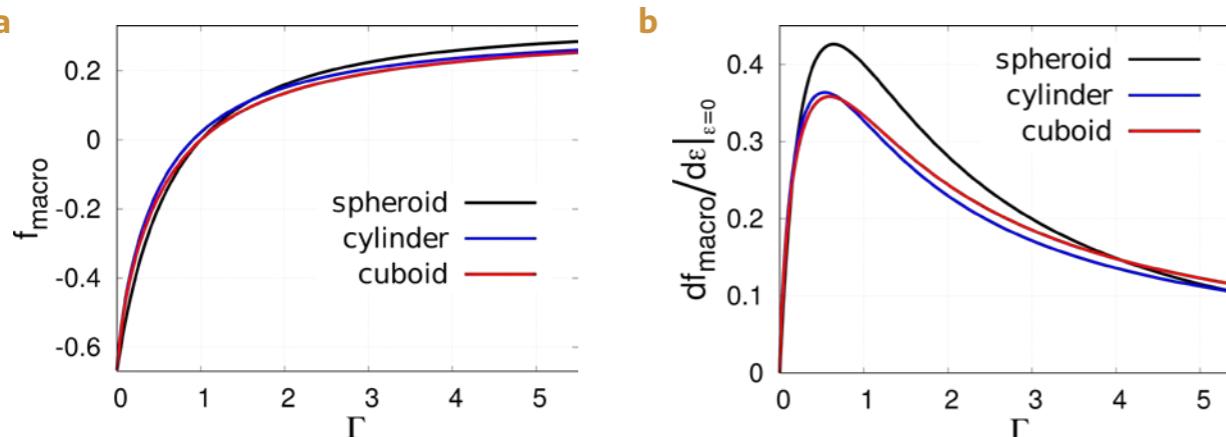


Fig. 1 The shape factor f_{macro} (a) and its derivative $\partial f_{\text{macro}} / \partial \varepsilon$ (b) in dependence of the sample aspect ratio Γ for different sample forms. The symmetry axis of the samples is aligned with the direction of the external field H_0 .

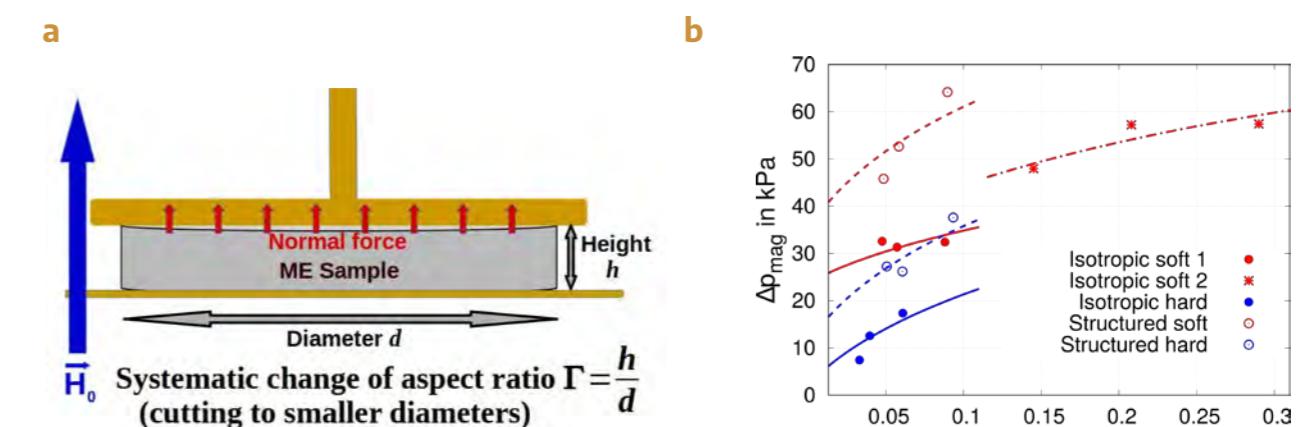


Fig. 2 Sketch of the experimental setup (a). Plotting the experimentally measured changes, Δp_{mag} single points, and corresponding theoretical curves using f_{micro} and $\partial f_{\text{micro}} / \partial \varepsilon$ as fitting parameters (b).

Here μ_0 is the vacuum permeability and both derivatives with respect to the strain ε are taken in the undeformed state. The experiment can be designed in such a way to access directly the influence of the sample aspect ratio Γ in otherwise identical probes as shown in Fig. 2a. This allows us to eliminate the contribution of the macroscopic shape effect from the measured magnetic stress and thus to quantify the contribution from the microstructure effect.

Clear trends for the isotropic and structured samples were established by fitting the theory predictions to the stress data measured by our cooperation partners [1], Fig. 2b. In accordance with the predictions of the generalized formalism, the samples prepared in the absence of magnetic field, and thus most likely containing microstructures close to isotropic, are characterized by the values of f_{micro} closer to zero. Contrary, the structured samples prepared in the presence of magnetic field have a noticeably increased f_{micro} typical for chain-like structures. Not only the initial microstructure becomes accessible due to such systematic comparison of the theory and the specially designed experiment. The rearrangement of the particles in the

magnetic field can also be quantified by extracting the derivative $\partial f_{\text{micro}} / \partial \varepsilon$. A strong tendency to build the structures oriented along the field direction was observed for the isotropic samples with a compliant matrix, $\partial f_{\text{micro}} / \partial \varepsilon \approx 0.15$, while it was hindered for stiffer matrices, $\partial f_{\text{micro}} / \partial \varepsilon \approx 0.015$.

The proposed formalism allows us to separate the contributions to the magnetic stress due to the macroscopic shape of the sample and the internal microstructure of ME. As a consequence, we could also rationalize the results of another experiment [2] measuring the threshold magnetic field for deformation of differently prepared ME samples. ■

Sponsor

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Schwerpunktprogramm 1713, GR 3725/7-2

Cooperations

- Prof. E. Y. Kramarenko,
Lomonosov Moscow State University, Russia
- Prof. M. Shamonin,
Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

[1] D. Romeis, S.A. Kostrov, E.Y. Kramarenko, G.V. Stepanov, M. Shamonin, M. Saphiannikova: Soft Matter 16 (2020) 9047-9058.

[2] D.V. Saveliev, I. Belyaeva, D.V. Chashin, L.Y. Fetisov, D. Romeis, W. Kettl, E. Kramarenko, M. Saphiannikova, G. Stepanov, M. Shamonin: Materials 13 (2020) 3297.

A novel approach to introduce UCST behavior into polymer brushes

Alexander S. Münch, Patricia Flemming,
Martin Müller, Andreas Fery, Petra Uhlmann

Stimuli-responsive polymer films are a class of smart surfaces offering a high potential in creating new applications in the fields of e.g. biomedical sensors and drug delivery systems. Their capability to respond to external triggers, like ionic strength, pH value, polarity of solvent or temperature is the key feature of such surfaces leading to a change of their physicochemical properties. Among these stimuli, temperature is one of the most frequently used switching trigger. It can be easily applied and monitored *in situ* and plays a crucial role in industrial processes and biological systems. The class of thermoresponsive polymers is therefore one of the most comprehensively studied and promising group of stimuli-responsive materials. Due to a small change of temperature the properties of the film change significantly, in particular its swelling behavior. If polymer chains undergo a phase transition from a swollen, hydrophilic to a collapsed, less hydrophilic state upon heating the critical temperature is classified as a lower critical solution temperature (LCST). Vice versa, if phase separation occurs upon cooling it is named as an upper critical solution temperature (UCST). Although both types are showing similar potential in the development of smart materials, the phenomenon of UCST behavior is significantly underrepresented in the literature.

Weak polyelectrolytes are an interesting class within multi-responsive polymers because their degree

of dissociation depends on pH-value and the ionic strength of the solution. This means that the properties of the polymer chains both in the bulk and as film are dominated by repulsive interactions in the charged state and rather attractive interactions in the uncharged state and can be influenced by ions of the surrounding solution. The polymer poly(*N,N*-dimethylaminoethyl methacrylate) (PDMAEMA, $pK_a \approx 7.0\text{-}7.5$), which consists of a pH-sensitive tertiary amino group in addition to a methacrylate backbone, is an attractive candidate for adaptive surface coatings. In one of our last publications we presented a novel approach to prepare homogeneous, nanoscopic PDMAEMA Guiselin brushes (5-12 nm, dry thickness) on silicon by a grafting-to process [1] motivated by previous works for bulk material [2]. After a comprehensive study of these films in dry state using AFM, ellipsometry and ATR-FTIR, the thermoresponsive behavior was monitored by spectroscopic *in situ* ellipsometry to study the temperature dependent swelling behavior. In addition to the typical LCST-type behavior in pure water an UCST behavior by adding multivalent negatively charged ions, like $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, was demonstrated. To investigate the specific mechanism of the temperature responsiveness, the molecular interactions between the complex ions and the polymer chains were studied by *in situ* infrared spectroscopy, showing wavenumber shifts of the $\nu(\text{C}\equiv\text{N})$ band due to ion

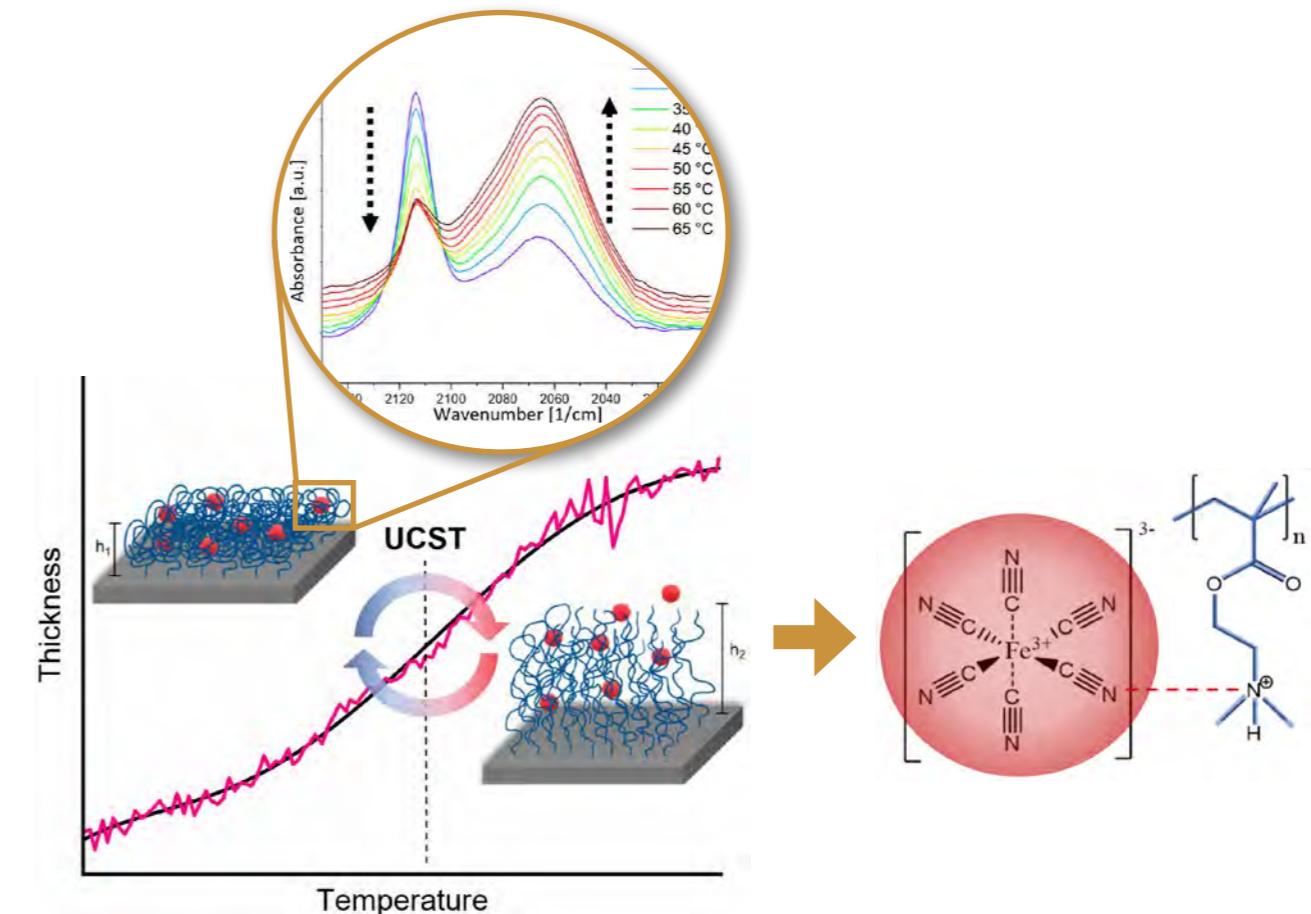


Fig. 1 Schematic illustration of temperature dependent swelling behavior of PDMAEMA films in the presence of multivalent ions.

pairing as well as changes of the $\nu(\text{OH})$ band intensity due to swelling. The experimental data suggest that the electrostatic interaction between the two components plays a significant role in the thermoresponsive behavior of PDMAEMA films. Using this knowledge, the UCST of the PDMAEMA Guiselin brushes could be adjusted. Above the pK_a of PDMAEMA in weakly basic milieu (pH 8) an UCST of $34.0 \pm 1.2^\circ\text{C}$ was obtained, which shifted to $40.7 \pm 2.0^\circ\text{C}$ in acidic milieu (pH 5), caused by the highly charged state of the dimethylamino groups at pH 5 (degree of protonation $\alpha \approx 99\%$) leading to strong attractive

electrostatic interactions with the trivalent anion. Thus, ionic bridging results in a highly collapsed state of the polymer chains at low temperatures.

With this work we could present a new, generalizable concept, with which it is possible to introduce UCST behavior in a polyelectrolyte film by specific interactions with multivalent ions in addition to the usual LCST behavior. ■

Sponsors

BMW i (AiF-IGF 19895 BR), BMBF (03SF0475B)

[1] P. Flemming, M. Müller, A. Fery, A. S. Münch, P. Uhlmann: Macromolecules 53 (2020) 1957-1966.

[2] F. A. Plamper, M. Ballauff, A. H. E. Müller: J. Am. Chem. Soc. 129 (2007) 14538-14539.

Polymer phase separation in competitive solvents

Jens-Uwe Sommer, Huaisong Yong, Holger Merlitz, Petra Uhlmann, Eva Bittrich, Andreas Fery

Cononsolvency occurs if a mixture of two good solvents causes the collapse or demixing of polymers in a certain range of compositions of these two solvents. The better solvent is usually called cosolvent and another common solvent is called solvent [1]. So far, the phase-transition mechanism behind cononsolvency is still rather controversially debated. In our experimental studies [2], we reported a strong collapse transition in poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAAm) brushes followed by a re-entry behavior as observed in a series of alcohol-water mixtures; this case corresponds to the condition of weak cosolvent-solvent attraction. Based upon experimental observations and thermodynamic analysis, we are able to exclude that the cosolvent-solvent attraction is the dominating factor that triggers the cononsolvency effect. The hypothesis of preferential adsorption, on the other hand, can account for this case by assuming an increasing hydrophobically driven adsorption of the cosolvent on the polymer chains, see Figure 1.

The key of understanding cononsolvency relies on

correctly determining the roles of various interactions among solvent molecules and polymer. Both a theoretical analysis and experimental observations [2, 3] show that the phase-transition mechanism of cononsolvency depends on the relative strengths of various interactions in the polymer solutions. By an extension of the adsorption-attraction model [4], we are able to describe and predict the phase-transition behaviors of PNIPAAm polymers. Using data from our own experiments and literature we have shown that the cononsolvency response of brushes, gels or a single long polymer chain can be consistently and quantitatively described with the same model, see Figure 2. The parameters applied to fit the physical model are consistent with their microscopic interpretations. Our analysis showed that besides the dominant roles of polymer-cosolvent preferential adsorption and the cosolvent-assisted temporary crosslinking effect that define the strength of the collapse-transition in the cosolvent-poor region, additional factors are of relevance:

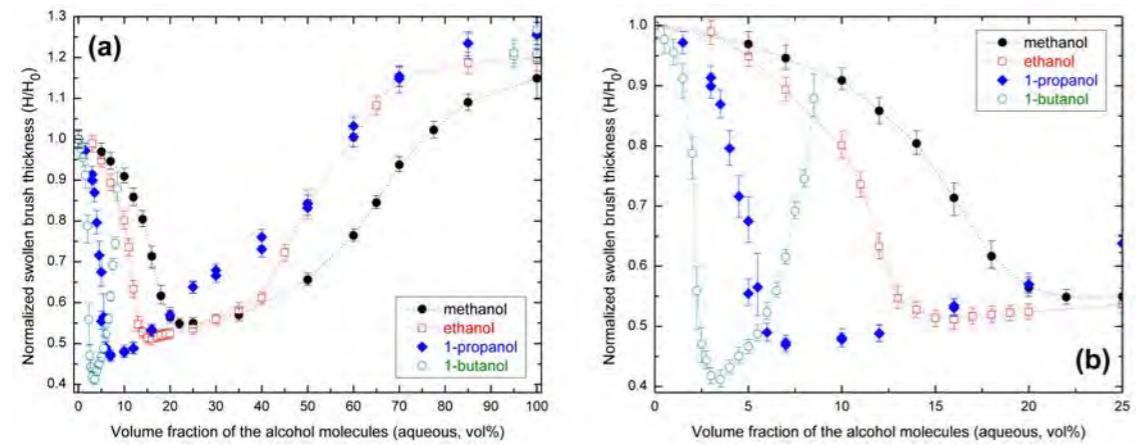


Fig. 1 Normalized PNIPAAm brush thickness as a function of the volume fraction of cosolvent (a) Cononsolvency transition of the same PNIPAAm brush in different alcohol aqueous solutions, at the temperature of 25 °C. Parameters of the PNIPAAm brush are: grafting density $\sigma = 0.143$ chains/nm², $M_n = 6.1 \times 10^4$ g/mol, $M_w/M_n = 1.40$. (b) A zoom-in of Figure 1a for the alcohol's volume fraction ranging from 0 to 25 %. Note that the dotted lines in the figures are guides to the eye.

The non-ideal mixing between polymer and solvent plays a role in shifting the collapse transition to the lower-concentration regime of the cosolvent, and an increase of the demixing tendency between cosolvent and solvent on the polymer chains reduces the window width of the cononsolvency transition, see Figure 3.

The mechanism behind the cosolvent-assisted temporary crosslinking effect that dominates the cononsolvency transition has already been reported in molecular dynamic simulations [5, 6]; however, so far this assumption is still lacking direct evidence in experimental studies, which are currently work in progress. ■

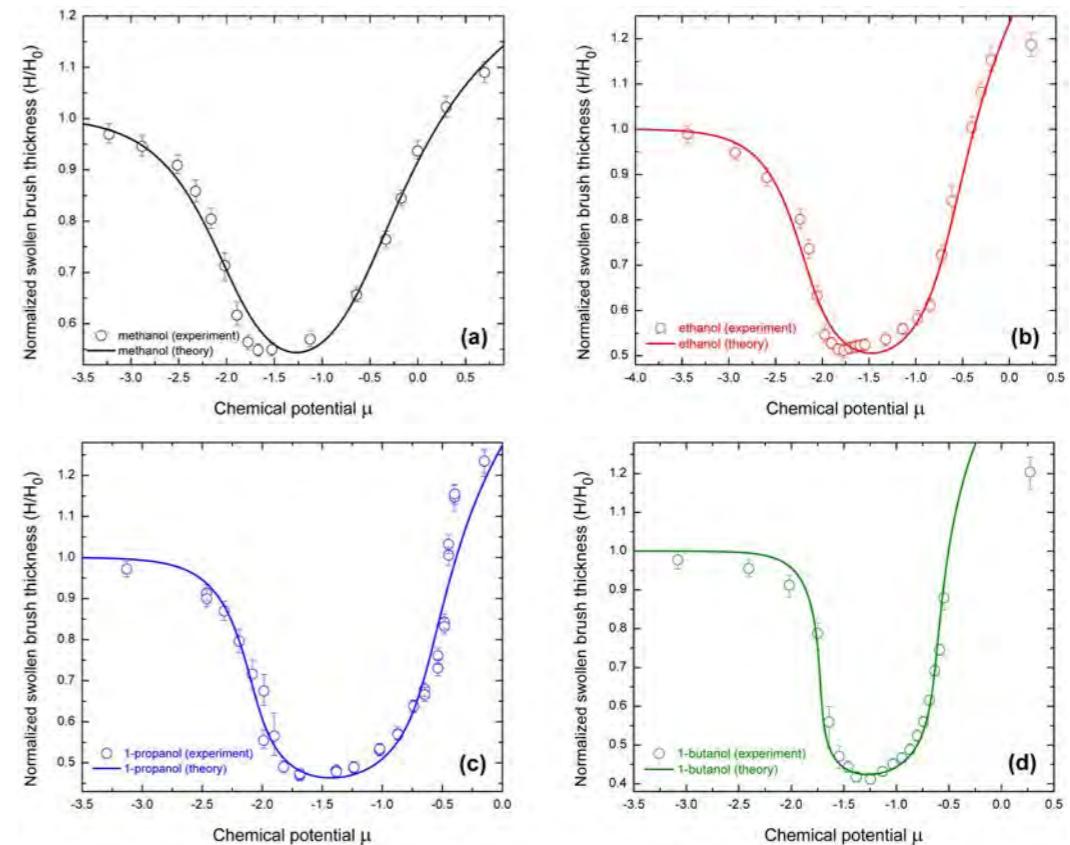


Fig. 2 Cononsolvency transition of a single PNIPAAm brush sample in different alcohol aqueous solutions: open circles are experimental results and solid lines are theoretical fits using the extended adsorption-attraction model. The experimental data have already been reported in Figure 1.

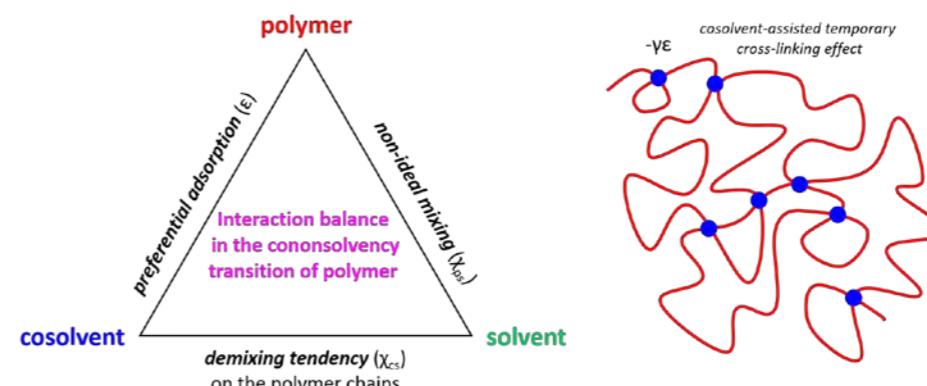


Fig. 3
The mechanism behind the cononsolvency transition of polymers in which the cosolvent has a strong tendency to adsorb at the polymer, forming temporary crosslinks.

- [1] H. G. Schild, M. Muthukumar, D. A. Tirrell: *Macromolecules*, 24 (1991) 948-952.
- [2] H. Yong, E. Bittrich, P. Uhlmann, A. Fery, J.-U. Sommer: *Macromolecules*, 52 (2019), 6285-6293.
- [3] H. Yong, H. Merlitz, A. Fery, J.-U. Sommer: *Macromolecules*, 53 (2020) 2323-2335.
- [4] J. - U. Sommer: *Macromolecules*, 50 (2017) 2219-2228.
- [5] G. Park, Y. Jung: *Soft Matter*, 15 (2019) 7968-7980.
- [6] D. Mukherji, C.M. Marques, K. Kremer: *Nature Communications*, 5 (2014) 4882.

Prozessgeführte Strukturbildung polymerer Materialien



Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden



Prof. Dr.-Ing. Markus Stommel Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer

Das strategische Thema „Prozessgeführte Strukturbildung polymerer Materialien“ überführt grundlegende Forschungserkenntnisse zur Entwicklung und Gestaltung von Polymerwerkstoffen in Werkstoffanwendungen. Dazu werden oft die Schritte Polymersynthese, Verarbeitung bis hin zum Einsatz des Kunststoffproduktes übergreifend betrachtet und dort ablaufende Strukturbildungsprozesse untersucht.

Ein prägnantes Beispiel dafür sind teilkristalline Thermoplaste. Es wurde ein tiefer Einblick in die Entstehung kristalliner Strukturen beim Spritzgießen und daraus eine valide Grundlage für ein Verständnis der Struktur-Verarbeitungs-Eigenschafts-Beziehung gewonnen. Neben diesen eher indirekt beeinflussbaren Strukturen werden Polymere auch gezielt im Verarbeitungsprozess modifiziert. Am IPF besteht die einzigartige Möglichkeit, mittels energiereicher Elektronen Polymere im Verarbeitungsprozess zu gestalten. Diese Methode wurde so weiterentwickelt, dass nun anstelle eines Hochenergie-Elektronenbeschleuniger ein niederenergetischer Elektronenemitter ausreicht, was die Schwelle für die industrielle Anwendung wesentlich herabsetzt.

Auf dem Gebiet der Modifizierung von Polymeren mit Füllstoffen wurden Arbeiten mit Layered-Double-Hydroxiden (LDH) ausgeführt, die ursprünglich als eine brandhemmende Kohlenstoffschicht untersucht wurden und aufgrund ihrer lichtabsorbierenden Wirkung für Anwendungen im Bereich der Energieapplikationen weiterentwickelt werden konnten. Es ist mit einer solaraktiven LDH-Struktur der erste Schritt auf

dem Weg zu einer extrudierbaren Solarzelle getan. Eine stetig zunehmende Rolle spielt die Nachhaltigkeit von Polymerwerkstoffen. In Projekten zu bio-inspirierten Haftvermittlern konnte mit dem Vorbild der Miesmuschel eine sehr attraktive Alternative für die Chrom(VI)-freie Metallisierung von Kunststoffen erschlossen werden. Für die Beschichtung eines metallischen Substrats konnten selbst-schichtenbildende Pulverlackssysteme auf polymerer Basis entwickelt werden, die Prozessschritte einsparen und industrietaugliche, nachhaltige Beschichtungssysteme bilden. Auf dem Gebiet der Verbundwerkstoffe ist es gelungen, den ökologischen Fußabdruck von carbonfaser-verstärkten Kunststoffen (CFK) zu verbessern, indem recycelte Carbonfasern im Verbund mit primären Carbonfasern eingesetzt werden.

Immer kürzere Zeiten von der Idee zur Marktreife werden nur durch vollständige rechnergestützte Durchdringung des Produktentstehungsprozesses möglich. Die Forschung zu Simulationsmethoden nimmt deshalb am IPF zunehmend mehr Platz ein. Die Arbeiten zu Multiphasen-Strömungen in Aufbereitungsprozessen sind ein eindrucksvolles Beispiel für die Weiterentwicklung von Simulationsmethoden. Materialien, deren Eigenschaften sich durch äußere Stimuli steuern lassen, sind Bausteine für Zukunftstechnologien. Bei Polymeren mit Azobenzol-Gruppen, die optisch kontrollierbare Materialeigenschaften ermöglichen, wurden mittels Computersimulationen Zusammenhänge zwischen molekularen Eigenschaften und der Selbstorganisation aufgeklärt. ■

Additive Fertigung von Mikroflusszellen mittels Mikrostereolithographie für die Produktion von Mikroemulsionen und Polymermikropartikeln

Max J. Männel, Niclas Weigel, Julian Thiele

Mikroflusszellen bestehen aus Kanalnetzwerken im Größenbereich von ca. 10 bis 1.000 µm. In diesen können Ströme von Flüssigkeiten und Gasen mit Volumina von wenigen Pico- (10^{-12}) und sogar Femtolitern (10^{-15}) manipuliert werden. Hierdurch eignen sich Mikroflusszellen insbesondere für die Darstellung von Nano- und Mikromaterialien wie Emulsionen, Polymerpartikel sowie Vesikeln. Die Kombination einer uniformen Größenverteilung mit Produktionsraten bis in den Megahertz-Bereich hinein ist eine wesentliche Stärke der Mikrofluidik und die Grundlage für reproduzierbare Experimente mit statistisch relevanten Zahlen.

Um die Produktion von Mikroflusszellen bei geringem Investitionsaufwand wesentlich zu vereinfachen, wurde das Verfahren der Mikrostereolithographie basierend auf einer kommerziell verfügbaren 3D-Druckplattform für die Darstellung von Polymermikrostrukturen optimiert. Im Fokus standen wesentliche Prozessparameter des Druckvorgangs wie die maximale Entfernung zwischen gedrucktem Bauteil und Polymerharz-Wanne, die Ausrichtung des Mikroflusszellendesigns an der Bauplattform sowie die sogenannte Voxelkompensation zur Annäherung der gewünschten Mikrokanaldimensionen (Anm.: Voxel = kleinste Volumeneinheit in einem 3D-gedruckten Körper analog zum Pixel in der zweidimensionalen Welt). Mit diesem optimierten Parameterraum

konnten Mikroflusszellen mit einer minimalen Strukturauflösung von 75 µm (*Adv. Mater. Technol.* 2019), gegenwärtig sogar < 50 µm, innerhalb des 3D-gedruckten Bauteils erstmalig erhalten werden. Hervorzuheben ist die Tatsache, dass die µSL-gedruckten Mikroflusszellen aufgrund der Designfreiheitsgrade im additiven Fertigungsprozess wesentlich komplexere Mikrokanalstrukturen – trotz einstufigem Herstellungsprozess – aufweisen als herkömmlich produzierte Mikroflusszellen. Diese nicht-planaren Kanalstrukturen ermöglichen mit ein und derselben Flusszelle, unabhängig von der Mikrokanal-Oberflächenbeschaffenheit, sowohl die Bildung von Wasser-in-Öl- als auch Öl-in-Wasser-Emulsionen sowie Wasser-in-Öl-in-Wasser- und Öl-in-Wasser-in-Öl-Emulsionen. Als wesentliches Anwendungsbeispiel wurden diese Emulsionen als Template für die Darstellung von hydrophilen wie hydrophoben Polymermikropartikeln eingesetzt. ■

Gefördert durch

- BMBF: "Biotechnology 2020+: Leibniz Research Cluster", 031A360C (2015-2020)
- DFG: TH 2037/1 (2016-2019); Research Training Group1865 "Hydrogel-based microsystems" (2017-)
- Volkswagen Foundation: "Experiment!" (2019-2020)

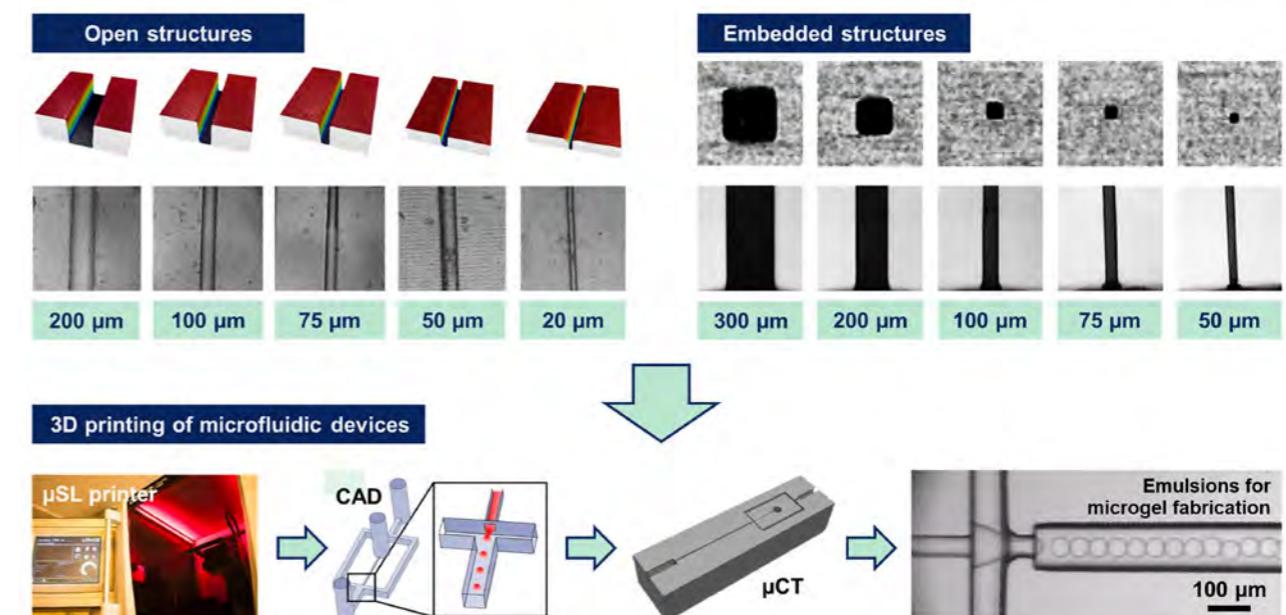


Abb. 1 Additive Fertigung von Mikrokanälen basierend auf dem Prinzip der Mikrostereolithographie. Offene Kanalstrukturen mit einer minimalen Strukturauflösung von ca. 20 µm (links), Kanalstrukturen innerhalb eines 3D-gedruckten Polymerbauteils mit einer minimalen Strukturauflösung von ca. 50 µm (rechts). Mittels optimierter Prozessparameter ist unter Anwendung kommerziell verfügbarer µSL die Herstellung von Mikroflusszellen möglich, die erstmalig eine ähnliche minimale Strukturauflösung aufweisen wie solche, die bisher nur mittels konventioneller lithografischer Methoden erhalten werden konnten.

- [1] M. J. Männel, C. Fischer, J. Thiele: *Micromachines* 11 (2020) 246-260.
- [2] M. J. Männel, N. Hauck, J. Thiele: Proc. SPIE 11235, Microfluidics, BioMEMS, and Medical Microsystems XVIII (2020) 112350H-1-112350H-10.
- [3] M. J. Männel, N. Weigel, J. Thiele: Proc. SPIE 10875, Microfluidics, BioMEMS, and Medical Microsystems XVII (2019) 1087507-1-1087507-9.
- [4] M. J. Männel, L. Selzer, R. Bernhardt, J. Thiele: *Adv. Mater. Technol.* 4 (2019) 1800408-1-1800408-10.

Robuste funktionelle Mikrostrukturen an Kunststoffteilen durch 3D-Druck

Jürgen Nagel, Andreas Fery, Philipp Zimmermann,
Kornelia Schlenstedt, Simona Schwarz

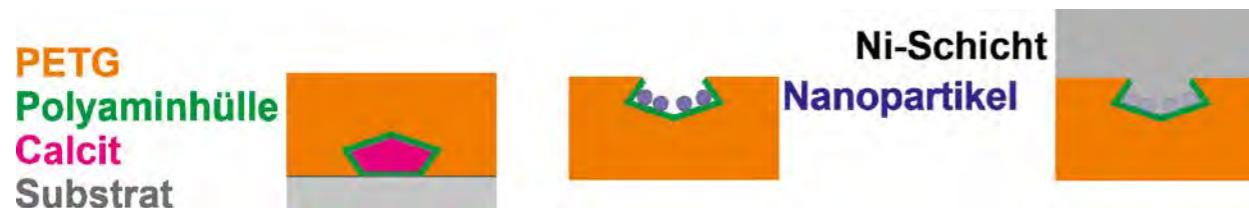


Abb. 1 Schema der Probenpräparation. Von links nach rechts: 1. PETG wird auf eine Schicht aus Calcit und Polyamin gedruckt. 2. Nach Auflösen des Calcit in Säure entstehen funktionalierte Mikrokavitäten, die Farbstoff bzw. Metallionen adsorbieren und in denen Nanopartikel erzeugt werden. 3. Diese dienen als Katalysatoren für die reduktive Abscheidung einer Ni-Schicht in den Kavitäten.

Kunststoffteile werden u. a. aus Thermoplasten durch Formgebungsprozesse erzeugt. Spezielle Oberflächen-eigenschaften der Formteile, die von denen des Kunststoffs abweichen, müssen in einem nachgelagerten Schritt realisiert werden, z. B. durch Plasmaprozesse oder, gezielter, durch chemische Ppropfung funktioneller Polymere. Eine Mikrostrukturierung der Oberfläche erfordert ebenfalls einen nachgelagerten Prozessschritt. Industriell wird eine Mikrostrukturierung von Oberflächen von ABS-Teilen durch Ätzen in Chromschwefelsäure erreicht. In der Kunststoffgalvanik bildet dies die Voraussetzung für eine chemische Metallisierung. Größe und chemische Funktionalisierung der inneren Kavitätsoberflächen lassen sich hier aber nur eng steuern. In unseren Forschungsarbeiten ist jetzt eine neuartige, alternative Methode entwickelt worden, mit der eine funktionelle und offenporige Kunststoffoberfläche bereit schon bei der Formgebung präpariert werden kann. Damit kann der nachgelagerte Prozessschritt für die

Mikrostrukturierung der Formteiloberfläche entfallen. Als Präparationsmethode wird Fused Filament Fabrication (FFF) eingesetzt, bei der eine kolloide Lösung aus Calcit-Partikeln und einem Polyamin den Ausgangspunkt bildet. Das Polyamin adsorbiert dabei teilweise an der Calcit-Oberfläche. Die Präparation ist in Abb. 1 dargestellt. Die Formen der entstandenen Mikrokavitäten an der unteren Seite des Kunststoffteils entsprechen denen der Calcit-Partikel. Die Oberfläche zeigte das typische Verhalten des chemisch gekoppelten Polyamins. Die erzielte Adsorptionskapazität wurde durch selektive Farbstoffadsorption bestimmt. Die Blindprobe (Typ A in Abb. 2) sowie eine mikrostrukturierte Oberfläche ohne Funktionalisierung (Typ B) adsorbieren keinen Farbstoff, wie die Fotos in Abb. 2 zeigen. Glatte funktionalierte Oberflächen (Typ C) absorbieren wenig Farbstoff. Oberflächen mit funktionalierten Mikrokavitäten adsorbieren dagegen die zwanzigfache Menge Farbstoff, d. h. die effektive Oberfläche ist wesentlich

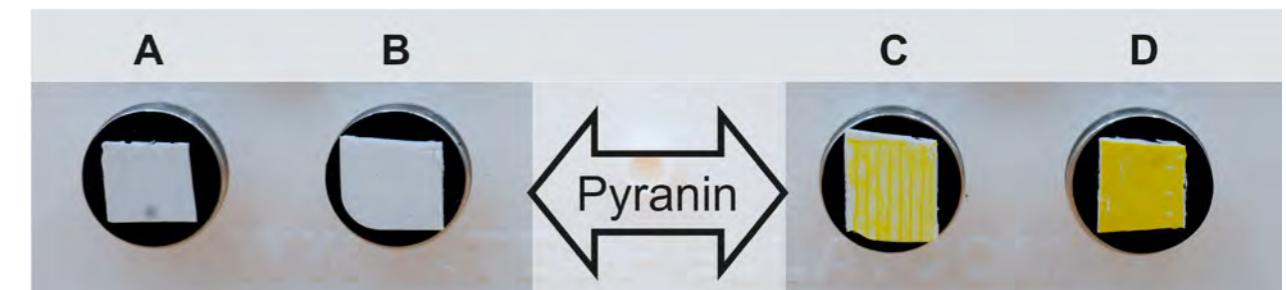


Abb. 2 Fotos der auf unterschiedlichen Substraten gedruckten PETG-Teile nach Säurebehandlung und nach Tauchen in Pyraninlösung. Ausgangssubstrate waren: A) unbeschichtet, B) Calcitschicht, C) Polyaminschicht, D) Schicht aus Calcit und Polyamin.

größer. Die Stabilität gegenüber Extraktion wurde in mehreren Zyklen aus Farbstoffadsorption und Extraktion in Natronlauge untersucht. Die Funktionalisierung ändert sich über mehrere Extraktionszyklen nicht, was für eine stabile chemische Kopplung spricht.

In den Mikrokavitäten werden Pd-Nanopartikel reduktiv aus adsorbierten Pd-Ionen erzeugt, s. Abb. 1. Diese zeigen katalytisches Verhalten, indem sie Ni-Ionen zu metallischem Ni reduzieren. Im weiteren Verlauf bildet sich eine geschlossene Ni-Schicht mit hoher Haftung. Nach selektivem Auflösen des PETG erscheint die innere Oberfläche der Ni-Schicht. Sie zeigt die gleiche Mikrostruktur wie die der ursprünglichen Calcit-Partikel, wie in Abb. 3 gezeigt. Dies weist auf eine vollständige Formfüllung der Mikrokavitäten durch Ni hin. Die Methode nutzt die besonderen Eigenschaften der Schmelze (hohe Temperatur, niedrige Viskosität) wodurch (i) die Schmelze die Partikel teilweise umschließt und sie einbettet und (ii) das Polyamin chemisch an die PETG-Oberfläche pflanzt. Kunststoffteile können so ad-hoc mit gezielter Mikrostrukturierung und gezielter chemischer Funktionalisierung gedruckt werden. Solche Oberflächen eignen sich für Modellexperimente als auch zur Effektivitätssteigerung für chemische Adsorber und Sensoren in integrierten Systemen. ■

Gefördert durch

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
mit dem Projekt NA 831/4-1

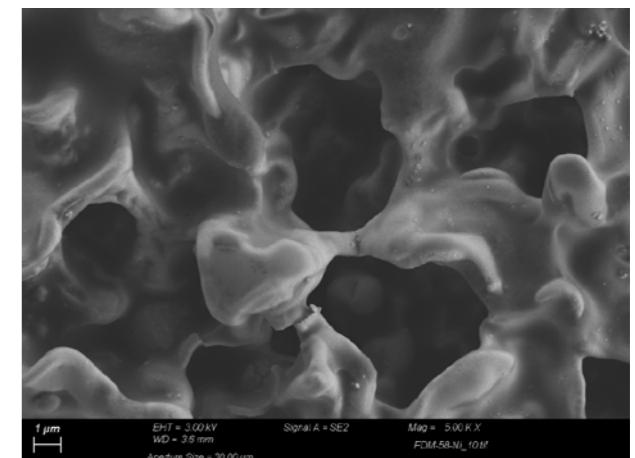


Abb. 3 REM-Aufnahme der nach dem selektiven Lösen des Kunststoffs entstehenden Oberfläche. Die Schicht besteht aus Ni und weist eine Struktur ähnlich der des Calcit auf.

[1] P. Zimmermann, J. Nagel, K. Schlenstedt, S. Schwarz, R. Vogel, M. Blanke, A. Fery, Green approach for manufacturing of coral-like open polymer surface structures with robust chemical functionalised inner surface, *Adv. Mater. Int.*, in Vorbereitung

Korrelative Visualisierung von prozessgesteuerten Morphologien im Polyamid

Regine Boldt, Yvonne Spörer, Andreas Janke, Ines Kühnert

Struktur und die daraus resultierenden Werkstoff- und Bauteileigenschaften teilkristalliner Polymere können maßgeblich durch die Verarbeitung beeinflusst werden. Für ein detailliertes Verständnis dieser Struktur-Verarbeitungs-Eigenschafts-Beziehung kommen korrelativen Untersuchungen von Strukturen und Eigenschaften eine Schlüsselrolle zu. Typische Strukturen sind radialsymmetrische Sphärolithe, deren Durchmesser bis zu mehreren μm betragen kann. Diese Sphärolithe sind aus Lamellen aufgebaut, die sich durch Anlagerung kleiner Kristallite formen. Die Kristallite sind nur wenige nm groß, wohingegen die Lamellen laterale Ausdehnung von mehreren nm bis in den μm -Bereich aufweisen können. Die im Zusammenhang mit der Struktur stehenden Eigenschaften, wie z. B. thermisches und mechanisches Verhalten werden allerdings global, also für die gesamte Probe untersucht. Es besteht daher die Aufgabe, diese Eigenschaften den Strukturen zuzuordnen.

In diesem Projekt wurden spritzgegossene Polyamid-Zugstäbe und extrudierte Polyamid-Folien mit korrelierenden bildgebenden Verfahren auf unterschiedlichen Skalen untersucht. Dafür wurden aus der Mitte der Zugstäbe bzw. der Folien Proben entnommen und mittels (Ultra)-Mikrotomie Anschnitte bzw. (Ultra)-Dünn schnitte angefertigt. Für beide Verarbeitungsverfahren (Spritzguß und Folienextrusion) unterscheiden sich die Abkühlgeschwindigkeiten und Scherraten über den durch die Kunststoffschmelze durchströmten Bauteilquerschnitt signifikant. So können am Bauteilrand Kühl- und Schergeschwindigkeiten von mehreren 10^3 K/s bzw. $1/\text{s}$ herrschen, während im Bauteilinneren diese nur wenige 10^1 K/s bzw. $1/\text{s}$ betragen.

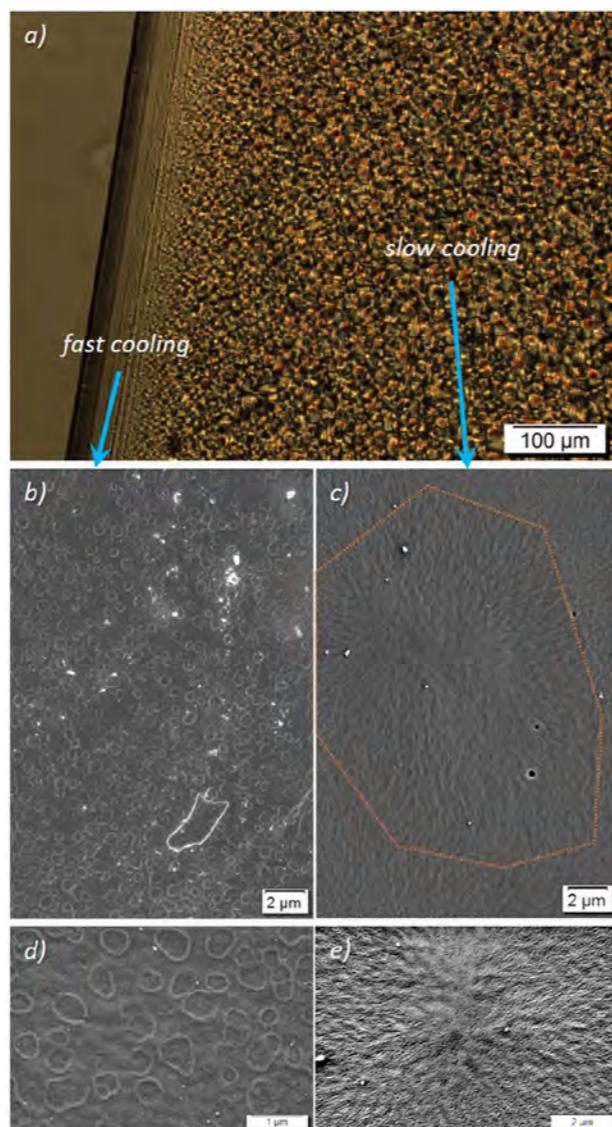


Abb. 1 Morphologie eines spritzgegossenen PA-Zugstabes auf unterschiedlichen Skalen: Lichtmikroskopisches Bild vom Querschnitt (a), REM-Aufnahmen vom Rand (b, d) und Kern (c, e)

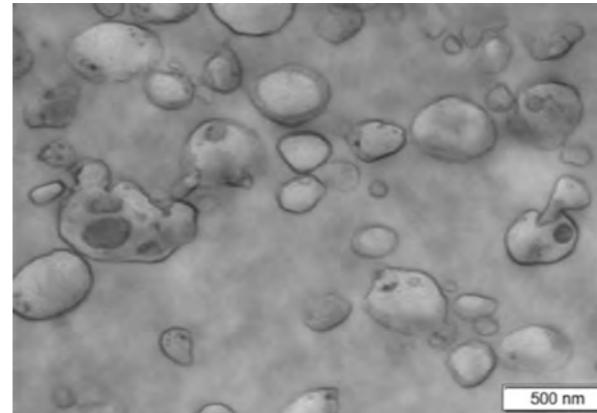


Abb. 2 Elektronenmikroskopische Aufnahme einer extrudierten PA-Folie

Mit Hilfe eines Durchlichtmikroskops werden im Polarisationskontrast unterschiedliche Morphologien im Querschnitt des Zugstabes sichtbar. Im Kern, wo die Abkühlung der Schmelze sehr langsam erfolgt, sind kristalline Strukturen in Form von Sphärolithen zu erkennen, deren Größe mit wachsendem Abstand vom Rand zunimmt. Im Gegensatz dazu ist der Randbereich durch eine optisch isotrope Schicht gekennzeichnet, die in eine ca. $30 \mu\text{m}$ breite Randzone und eine darauffolgende ca. $45 \mu\text{m}$ breite Übergangszone unterteilt werden kann (Abb. 1a). Mittels DSC und X-Ray kann nachgewiesen werden, dass die Randschicht nicht amorph, sondern teilkristallin ist.

Eine detaillierte Untersuchung der Strukturen im Rasterelektronenmikroskop zeigt im Kernbereich die typischen langgestreckten Lamellen, die vom Zentrum aus radialsymmetrisch nach außen zu Sphärolithen mit einem Durchmesser von größer $10 \mu\text{m}$ wachsen (Abb. 1c, e). Der Einfluss von Größe und Verteilung dieser kristallinen Überstrukturen auf die Eigenschaften von thermoplastischen Polymeren ist in großem Umfang untersucht und gilt im Wesentlichen als bekannt. Bislang jedoch noch nicht beschrieben sind die im Randbereich des Zugstabes sphärischen Domänen, deren Durchmesser $400 - 800 \text{ nm}$ beträgt (Abb. 1b, d). Ähnliche Morphologien werden im Querschnitt der extrudierten Folien beobachtet (Abb. 2). Die meisten Domänen liegen voneinander getrennt vor und sind unregelmäßig über den

Querschnitt verteilt. Auffällig ist, dass diese Domänen nur in den Bereichen der Probe auftreten, bei denen hohe Abkühlgeschwindigkeiten und hohe Scherraten während der Verarbeitung wirken

Die mittels AFM charakterisierten E-Moduln (Abb. 3) zeigen auf, dass es sich bei den sphärischen Domänen um weiche (amorphe) Bereiche handelt, die in eine härtere (teilkristalline) Matrix eingebettet sind. Inwieweit diese Domänen die Eigenschaften des Polyamids beeinflussen, wie z. B. das Kristallisierungsverhalten oder die Initiierung und Ausbreitung von Rissen, soll in weiterführenden Arbeiten durch Untersuchung der thermischen und mechanischen Eigenschaften an Dünnschnitten aus dem Randbereich analysiert werden. Das wesentliche Ziel dabei besteht darin, die Entstehung dieser Strukturmerkmale und deren Wirkung auf die Werkstoffeigenschaften aufzuklären, um die Prozessparameter so anzupassen, dass Bauteileigenschaften gezielt eingestellt werden können. ■

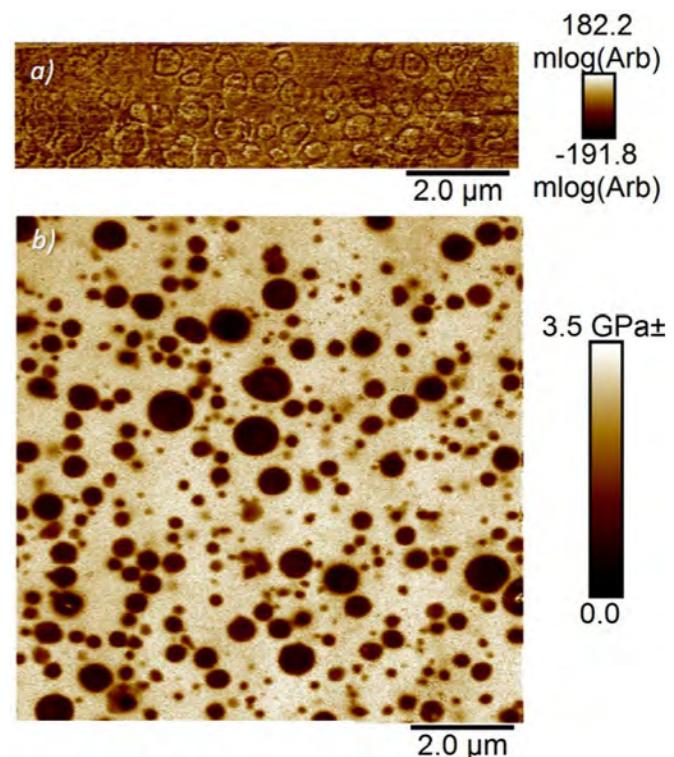


Abb. 3 AFM, E-Modul Bild am Querschnitt des Zugstabes (a) und der Folie (b)

Kontinuierliche elektroneninduzierte reaktive Aufbereitung – ein Prozess zur nachhaltigen Modifizierung von Polymerwerkstoffen

Carsten Zschech, Michael Thomas Müller,
Mathias Pech, Udo Wagenknecht, Sven Wiesner

(a) Klassische reaktive Aufbereitung mittels Peroxiden

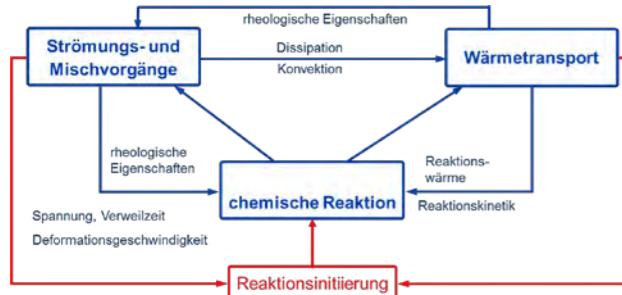
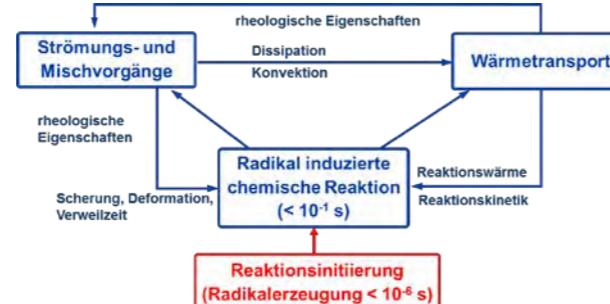


Abb. 1 Vergleich der Stoff- und Wärmetransport Kopplung zwischen der klassischen (a) und elektroneninduzierten (b) reaktiven Aufbereitung

Die Polymermodifizierung mit energiereichen Elektronen wird beispielsweise zur Vernetzung sowie zur Funktionalisierung und dem gezielten Abbau von Polymeren genutzt. Durch eine zielbewusste Modifizierung von Polymeren bzw. einer Kompatibilisierung von Polymerblends, sind Polymerwerkstoffe mit einem erhöhten Eigenschaftsniveau darstellbar. Die Elektronen induzierte reaktive Aufbereitung [1] ist ein Prozess, der in vorteilhafter Weise eine zeitlich und räumlich präzise, additiv-freie sowie temperaturunabhängige Erzeugung chemisch reaktiver Spezies (hier: Polymerradikale) mittels energiereicher Elektronen bietet. Die Temperaturunabhängigkeit führt zu einer Entkopplung der drei Teilprozesse (Stoff- und Wärmetransport sowie chemische Reaktion), welche im Fall der konventionellen Peroxid

(b) Elektroneninduzierte reaktive Aufbereitung



induzierten reaktiven Aufbereitung einander bedingen (Abbildung 1). Darüber hinaus reduziert die Entkopplung von Reaktions- und Aufbereitungsvolumen im Falle der Elektronen induzierten Aufbereitung den Einfluss von Scher- und Dehnspannungen auf die chemische Reaktion, wodurch eine präzise Steuerung der gewünschten chemischen Reaktionen realisiert werden kann.

Am IPF wurde ein kontinuierliches Verfahren für die elektroneninduzierte reaktive Aufbereitung entwickelt und qualifiziert, welches 2015 mit dem Innovationspreis des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e. V. ausgezeichnet wurde [2]. Dieses kontinuierliche Verfahren (Abbildung 2) wurde jetzt mit Blick auf zukünftige industrielle Anwendungen auf einen Durchsatz von



Abb. 2 Entwicklung einer modularen kontinuierlichen elektroneninduzierten reaktiven Aufbereitung

20 kg/h (vorher ca. 2–3 kg/h) und unter Verwendung eines kompakten, niederenergetischen Elektronenemitters (Elektronenenergie ≤ 300 keV) weiterentwickelt und umgesetzt (Abbildung 3). Im Vergleich zum bisher genutzten Hochenergiebeschleuniger (1,5 MeV), welcher auf einem aufwendigen Strahlenschutzkonzept basiert, gestattet die Begrenzung der Elektronenenergie auf 300 keV eine lokale modulare Röntgenabschirmung (analog zu Röntgengeräten in der Medizintechnik) des Verfahrens und somit eine kosteneffektive Integration in eine konventionelle Compoundierlinie [3]. Infolgedessen die Investitionskosten von ursprünglich ca. 3–4 Mio Euro um das 8-fach gesenkt werden konnten. ■

Gefördert durch

BMBF-Validierungsprojekt VIP+
„Nachhaltige reaktive Compoundierung für Hochleistungspolymer“ NAREC; 03VP03070

Kooperationspartner

Dr. Uwe Gohs, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), TU-Dresden

- [1] Zschech, C., et al., Zeitschrift Kunststofftechnik, 2(2) (2016) 113-134.
- [2] IPF Jahresbericht 2015, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.
- [3] Zschech, C., et al., Radiation Physics and Chemistry, 170 (2020) 108652.

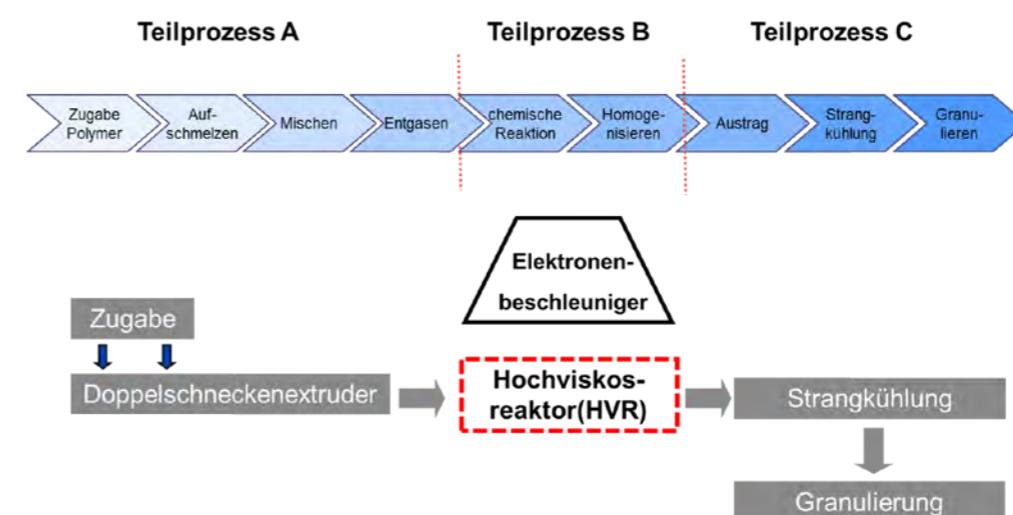


Abb. 3 Prinzipieller Aufbau einer kontinuierlich arbeitenden elektroneninduzierten reaktiven Aufbereitungs- und Compoudierungsstrecke

Numerical simulation of multiphase flows – an approach for modelling and simulation of micro- and macro-mixing in polymer processing

Mehdi Mostafaiyan, Mathias Pech,
Carsten Zschech, Gert Heinrich, Sven Wiesner

In recent decades, different high-tech industries have been demanding polymeric materials with pre-defined properties. The synthesis of new polymers with superior properties is an answer to the expanding request. However, producing polymeric blends via a melt mixing process is the most economical and tangible scenario to develop particular polymeric materials with adjusted properties.

A proper design of a mixer improves the quality of the mixture. Therefore, several experimental tasks are conducted to evaluate and compare the mixing efficiency in various mixers. Numerical analysis is another method to improve a mixer's design before the time-consuming construction of its expensive parts; however, it comprises some difficulties.

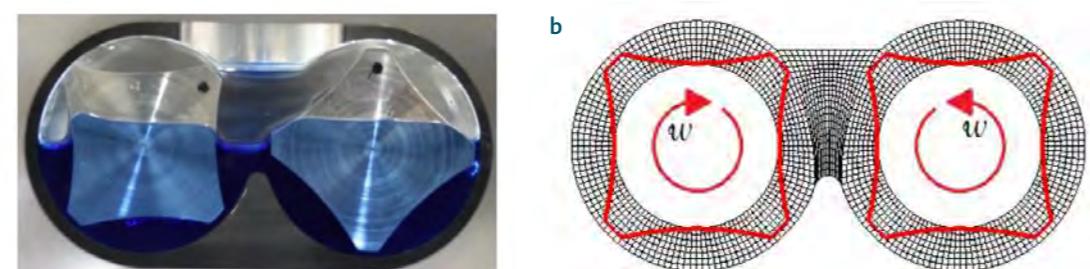
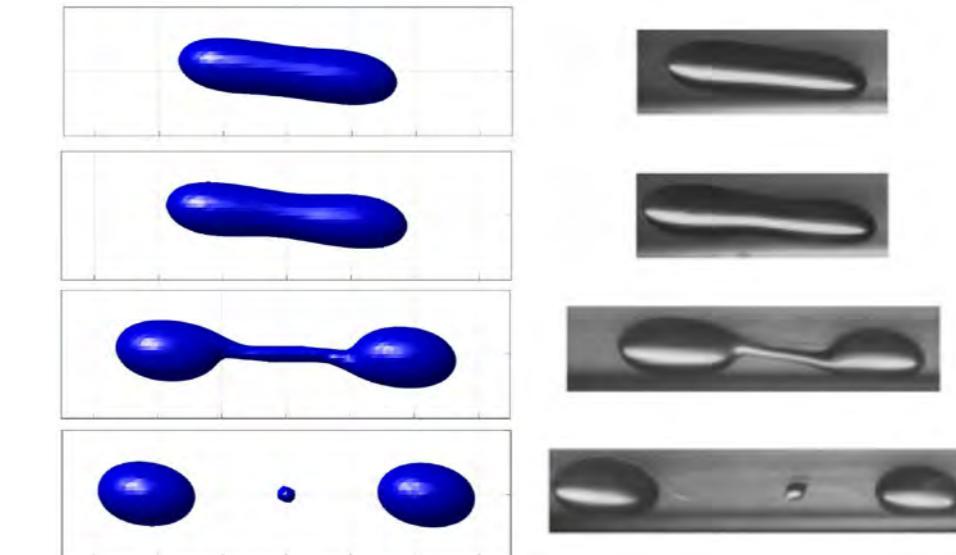


Fig. 1 Transparent 2D mixer and meshing system

Figure 1b shows the fixed mesh which is provided for the flow domain. This mesh is independent of the rotors' shape, arrangements, and rotation directions. Here we can find elements with and without discontinuity. The continuous elements are occupied by one phase (e.g., polymer melt or air). On the contrary, the discontinuous elements contain an interface (e.g., polymer/air interface).

The main challenge is the discontinuity of the domain due to a second phase (e.g., the air in commonly used partially filled mixing devices). Besides the less accurate approaches, which simplify the problem (e.g., single-phase chamber), one can use an extended finite element method (XFEM) for more precise analysis. However, XFEM has some restrictions, such as its limitation to two phases. Since we could not find any specific subroutine or commercial package to consider flow field discontinuities, we have introduced a new simulation method. A customized experimental setup (transparent 2D-mixer) has been manufactured to validate the simulation results: The transparent mixing chamber, which is partially filled by a blue-pigmented PDMS (figure 1a). It is equipped with two rotors with no curvature in the axis direction and provides a two-dimensional flow pattern.



Numerical results of our research

Experiment [Vanroye et al.]

Fig. 2 Different states of the deformation before and after the break-up of a droplet

However, the classical method fails to provide an accurate set of results when the two phases have considerably different properties (e.g., viscosity values). To overcome this problem, we have developed a novel numerical method based on the finite element method (FEM) and the application of moving least-squares (MLS) interpolation functions. This new approach we named MLS-FEM. In the newly introduced approach, the elements containing an interface are divided into smaller sub-

elements, and new quasi-nodes are introduced. The pressure and the quasi-nodes' velocity values are correlated to their surrounding nodes by employing the MLS interpolation functions. We have used the MLS-FEM to predict the free surface development in the partially filled transparent 2D mixer and have got satisfactory results when comparing with the experimental setup, which is shown for two different rotor arrangements in figure 3.



With the developed MLS-FEM, it is possible to account for polymer/air interfaces in multiphase flows and their impact on mixing efficiency in the numerical simulation of polymer processing devices. Future research will address an extension to 3D flow modeling and consideration of more complex rheological behavior. ■

Fig. 3
Comparison of experimental (left) and numerical results (right) for two rotor arrangements

- [1] M. Mostafaiyan: Flow Field Discontinuities in the Numerical Studies of Micro- and Macro-Mixing during Polymer Processing, Dissertation Technische Universität Dresden (2020).
- [2] M. Mostafaiyan, S. Wießner, G. Heinrich: Computers & Fluids 211 (2020) 104669.
- [3] M. Mostafaiyan et al: Computers & Fluids 174 (2018) 110.
- [4] A. Vananroye, P. Van Puyvelde, P. Moldenaers: Langmuir 22 (2006) 3972.

Beanspruchungsgerecht verstärkte Vliesstoffe aus recycelten Carbonfasern

Kai Uhlig, Axel Spickenheuer

Während die mechanischen Eigenschaften von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) überragend sind, ist deren bisheriger ökologischer Fußabdruck weniger vorteilhaft. Um letzteres zu verbessern, ohne dabei jedoch die mechanischen Kennwerte der CFK herabzusetzen, haben Forscher des IPF und des STFI im Rahmen des zweijährigen SAB-Vorhabens „Carbonstickgrund“ (InfraPro, 100319942) eine Technologie zur Herstellung von hochbelastbaren CFK-Strukturen mit einem Anteil an recycelten Kohlenstofffasern (rCF) von mindestens 50 % entwickelt.

Aktuell werden rCF mittels Pyrolyse aus genutzten CFK-Strukturen zurückgewonnen. Weiterhin entstehen bei der Herstellung von CF-Gelegen und Geweben sowie beim Preforming für Strukturauteile eine große Menge an rCF aus Verschnitresten. Aufgrund der undefinierten Faserlängen und -qualitäten und den daraus

resultierenden reduzierten mechanischen Eigenschaften wurden diese rCF bisher nur zu Bauteilen mit geringen mechanischen Ansprüchen weiterverarbeitet. Durch die Kombination von beanspruchungsgerecht im Tailored Fiber Placement (TFP)-Prozess auf rCF basierten Vliesstoffen abgelegten Primär-Kohlenstofffasern (CF) kann der Eigenschaftsnachteil von rCF basierten Halbzeugen kompensiert werden. Letzteres wird aber erst durch neue Optimierungsverfahren zur Definition der Faserverläufe, wie z. B. der am IPF entwickelten Direct Fiber Path Optimization Methode ermöglicht.

Um diesen Technologieansatz sowohl für thermoplastische als auch duroplastische Matrixmaterialien zu adaptieren, wurden reine rCF Vliesstoffe auf Basis duromerer Matrices und Hybridvliesstoffe auf Basis thermoplastischer (TP) Matrix (rCF-TP) für CFK-Anwendungen entwickelt (Abb. 1).

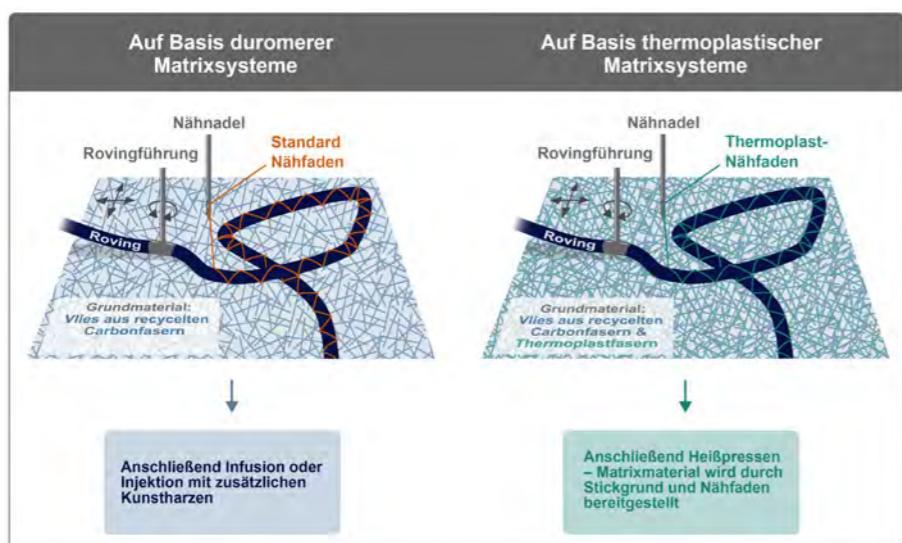


Abb. 1 Im Projekt verfolgte Ansätze zur Fertigung von CFK-Bauteilen auf Basis beanspruchungsgerechter Vliesstoffe aus recycelten Kohlenstofffasern.

Die Hybridvliesstoffe, bestehend aus einer Mischung von thermoplastischen Stapelfasern (PA 6.6) und mittels Pyrolyse zurückgewonnenen rCF Material, ermöglichen die

Bereitstellung des Matrixmaterials für den darauf applizierten Roving aus dem Grundmaterial heraus. Ein am IPF entwickelter und hergestellter Nähfaden (PA 6.6 mit

angepasster Schichte) liefert zusätzliches Matrixmaterial und sorgt zudem für eine hohe Prozesssicherheit des TFP-Prozesses.

Die Entwicklung der rCF bzw. rCF-TP Vliese erfolgte am STFI. Zur quantitativen Bewertung der Ablagegenauigkeit auf den unterschiedlichen Vliesstoffen wurde am IPF ein Faserablagemuster mit unterschiedlichen

Stichdichten inklusive einer Auswertesoftware entwickelt (Abb. 2).

Die neu entwickelten rCF bzw. rCF-PA 6.6 Vliesstoffe zeichnen sich durch eine sehr hohe TFP-Prozesssicherheit, eine außerordentlich gute Drapier- und Infiltrationsfähigkeit sowie im konsolidierten Zustand durch ein höheres Energieaufnahmevermögen bis zum Totalversagen aus.

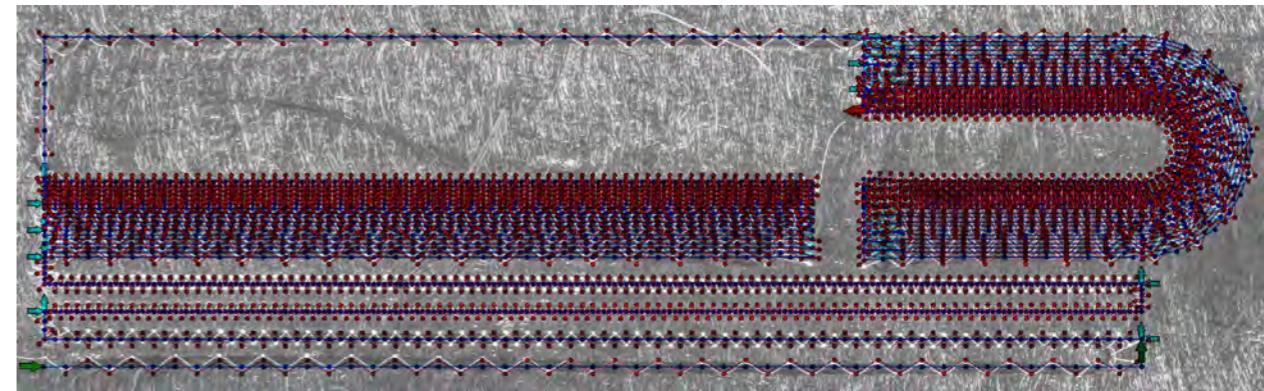


Abb. 2 TFP-Ablagemuster zur Bewertung der rCF Vliese bei Verarbeitung im TFP-Prozess – im Bild ist ein 12K CF Roving auf einem 100 g/m² rCF Vlies mit überlagerter Darstellung des Sollverlaufs gezeigt

Zur Bewertung der mechanischen Eigenschaften wurden Prüflamine mit einem Anteil von 50 % CF (TFP-Ablage) und 50 % rCF (Vlies) hergestellt und im RTM Verfahren konsolidiert. Dabei können Gesamtfaservolumenanteile von 35 % erreicht werden. Die experimentell ermittelten E-Moduln und Festigkeitskennwerte entsprechen bei Berücksichtigung der Faservolumenanteile und der im TFP-Prozess induzierten Welligkeiten [1] den zu erwartenden Kennwerten. Der etwa 100 g leichte, im Projekt entwickelte Demonstrator „Radsattel“ (Abb. 3),

erbringt zudem den Nachweis, dass mit dem untersuchten Ansatz komplexe, doppelt gekrümmte Geometrien auf Basis einer einteiligen Preform realisiert werden können, welche sich zu einem konkurrenzfähigen Hochleistungsleichtbauteil mit einem Recyclingfaseranteil von mehr als 50 % verarbeiten lassen.

Damit liefert die Forschung einen wichtigen Beitrag zum Einsatz von recycelten Kohlenstofffasern in strukturmechanisch hochbelastbaren Bauteilen und zur signifikanten Verbesserung der Umweltbilanz dieser Werkstoffe. ■



Gefördert durch

Das SAB-Vorhaben wurde mit Mitteln des EFRE und des Freistaates Sachsen gefördert.

Kooperationspartner

Katharina Heilos, M. Eng. und Dipl.-Ing. Marcel Hofmann, Sächsisches Textilforschungsinstitut e. V. (STFI)

[1] Uhlig, K.; Tosch, M.; Bittrich, L.; Leipprand, A.; Dey, S.; Spickenheuer, A.; Heinrich, G.: Meso-scaled finite element analysis of fiber reinforced plastics made by tailored fiber placement, Composite Structures 143 (2016) 53-62.

Light-induced order-disorder transitions in azobenzene-containing systems in solution and solid state

Olga Guskova, Markus Koch, Vladyslav Savchenko,
Bharti Yadav, Marina Saphiannikova

In physics, the terms “order” and “disorder” denote the presence or absence of some anisotropy or correlation in a many-body system. The way from order to disorder and back again can be manipulated by different triggers: by the system composition, temperature, chemical additives, pressure, applied mechanical stress, electromagnetic fields including light. In this report we illustrate, how the incorporation of a light-responsive azobenzene (azo) moiety into a polymer or small organic molecule, introduces a method, by which a system can undergo an order-disorder transition (ODT) in response to a contactless external stimulus – light.

The ODT in azo-systems is generated by appropriate irradiation. In the dark, the trans-azo unit is rigid and anisotropic and thereby prone to build ordered phases, whereas under UV light it switches to the cis-form which is a poor mesogen (Example 1). Another aspect is attributed to the reorientation of trans-isomers perpendicularly to the light polarization after multiple trans-cis-trans isomerisation cycles, and subsequent reorientation of the rigid polymer segments, the azo groups are attached to (Example 2). Such orientation ordering is accompanied by large mechanical stress and directional deformations of azo-polymers [1].

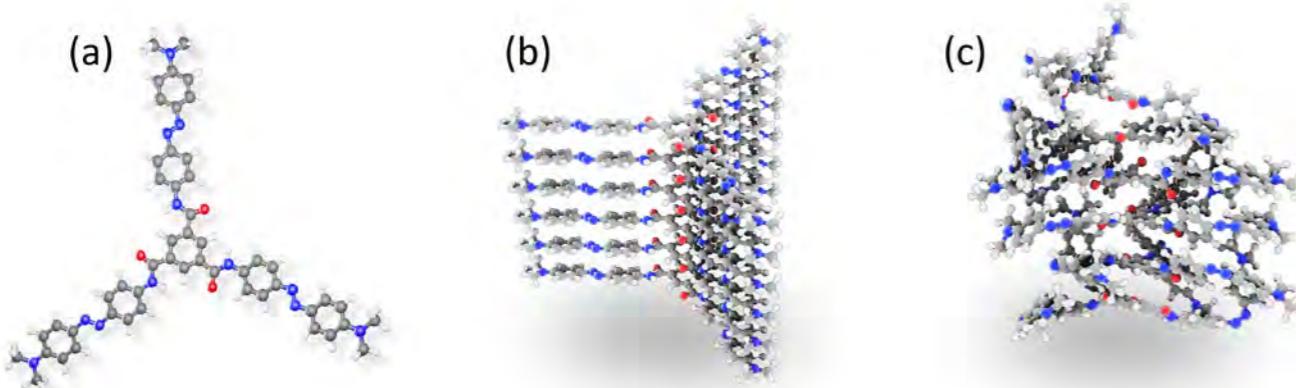
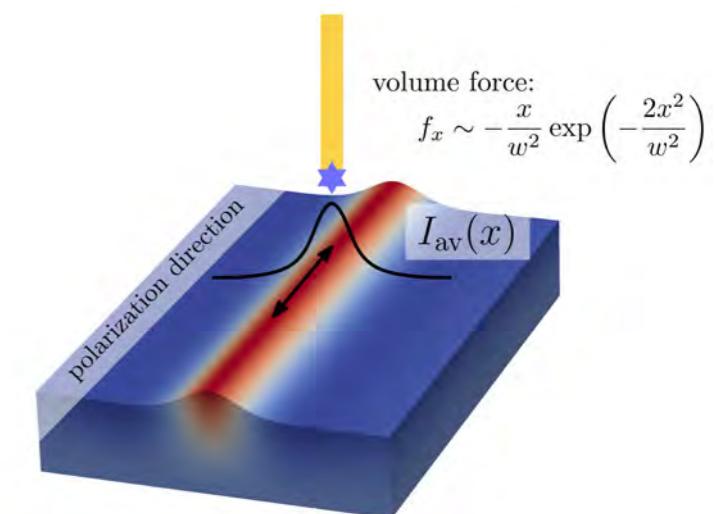


Fig. 1 The BTA-cored star (a), column of trans-isomers (b), and loosely packed aggregate consisting of cis-stars after ODT (c).

Fig. 2

The film is moved along the light polarization direction (black arrow) of a strongly focused laser beam: the average light intensity $I_{av}(x)$ and resulting volume forces f_x have a strong spatial dependence perpendicular to the film movement; ω is the size of the laser spot.



Example 1. In solutions of C_3 -symmetric stars (Figure 1a), self-assembled (SA) micelles are stable in the dark but can be disordered by light irradiation [2-4]. Experiments [2] demonstrated switchable phases ranging from fibers and gels to hollow spheres. In other words, the primary (molecular conformation) and the secondary shapes (morphologies) of azo SA structures in a solution can be controlled with light. However, the cornerstone of the mentioned structures is a column of azo-stars (Figure 1b), hydrogen-bonded with their neighbors. It is still puzzling which changes this structural unit undergoes under light. In a recent paper [2] it was hypothesized that the cis-star, formed upon irradiation, is incapable to maintain the stabilizing H-bonding, and tends to molecular dissolution disrupting the high-order. In our detailed modeling [3,4] we found that molecules remain bound within columns, both during the absence of light and after UV irradiation (Figure 1c). In the latter case an ODT indeed occurs: the clusters are of a less regular shape and bind less strongly. However, the absolute binding energies between the stars are still so large that the assemblies remain stable.

Example 2 is related to the disorder-order transition occurring in the solid state. A typical experiment for demonstrating surface patterning involves exposing a glassy azo-polymer film to the interference pattern of two coherent laser beams [5]. The variation in light intensity or polarization is encoded into the material as a surface topography. In our recent publication [6] we explain the appearance of stripe patterns in a quickly moving azo-polymer film irradiated with a strongly focused laser beam (Figure 2). The mechanical stresses induced by such irradiation in the interior of the film due to orientation ordering of polymer backbones are unbalanced and result in volume forces acting perpendicular to the film moving direction. In particular, the force is compressive for light polarization parallel to the film movement and generates elongated protrusions. ■

Sponsor

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),
project GU1510/5-1

Cooperations

▪ Prof. Svetlana Santer, Potsdam University

- [1] B. Yadav, J. Domurath, K. Kim, S. Lee, M. Saphiannikova: *J. Phys. Chem. B* 123 (2019) 3337-3347.
- [2] S. Lee, S. Oh, J. Lee, Y. Malpani, Y.-S. Jung, et al.: *Langmuir* 29 (2013) 5869-5877.
- [3] M. Koch, M. Saphiannikova, O. Guskova: *Langmuir* 35 (2019) 14659-14669.
- [4] V. Savchenko, M. Koch, A.S. Pavlov, M. Saphiannikova, O. Guskova: *Molecules* 24 (2019) 4387.
- [5] J. Jelken, S. Santer: *RSC Adv.* 9 (2019) 20295-20305.
- [6] B. Yadav, J. Domurath, M. Saphiannikova: *Polymers* 12 (2020) 735.

Fibre-matrix interaction in mineral-bonded composites under dynamic loading

Enrico Wölfel, Harald Brünig, Christina Scheffler

The DFG-founded Research Training Group GRK 2250/1 "Mineral-bonded composites for enhanced structural impact safety" aims at the development of novel strengthening materials with various types of fibre reinforcement for enhancing the impact resistance of the critical infrastructure, e.g. energy supply centers, public transport facilities or hospitals. Adequate testing methods and evaluation protocols are developed for

a fundamental material characterization including the rate effects. The experimental results form an important basis for formulating numerical models for simulations of the composites, strengthening layers and concrete elements by linking different space and time scales. Finally, methods for evaluating the sustainability and resilience of the developed strengthening solutions and materials are developed [1].

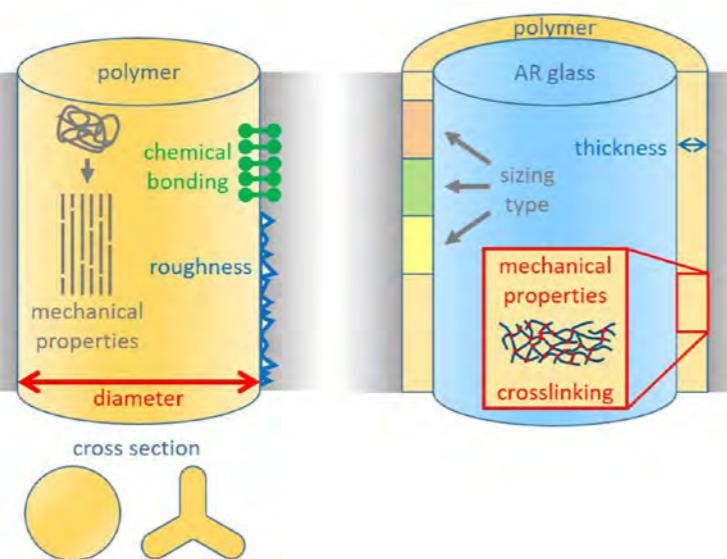


Fig. 1 Systematic variation of PP- and AR-glass fibre properties to evaluate the failure mechanisms during fibre pull-out and crack-bridging for improved strain hardening cement-based composites

The primary goal is to bring substantial improvements in the impact-resistance of existing buildings by applying thin layers of short fibre reinforced strengthening material made by strain hardening cement-based composites (SHCC). For this, short fibres are used for crack bridging. Their mechanical properties and the fibre-matrix interphase on the micro level have a

significant influence on the macroscopic component properties. Investigations on the specific modification and adaptation of fibre properties in relation with the failure mechanisms at different strain rates hardly exist so far, since mainly commercially available fibres are used, that do not enable the systematic variation of properties.

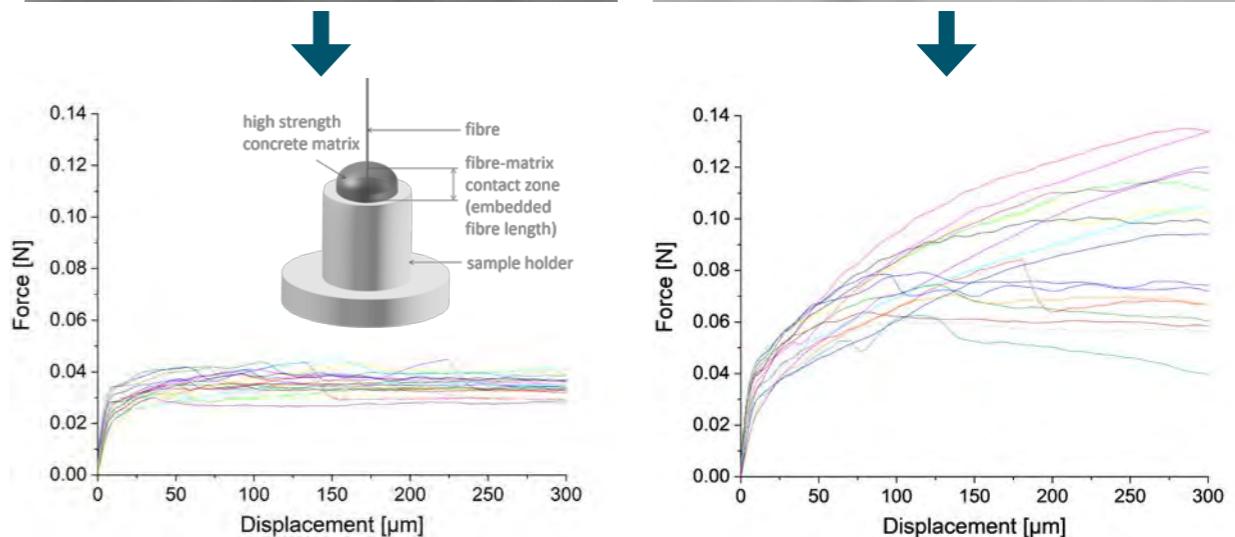
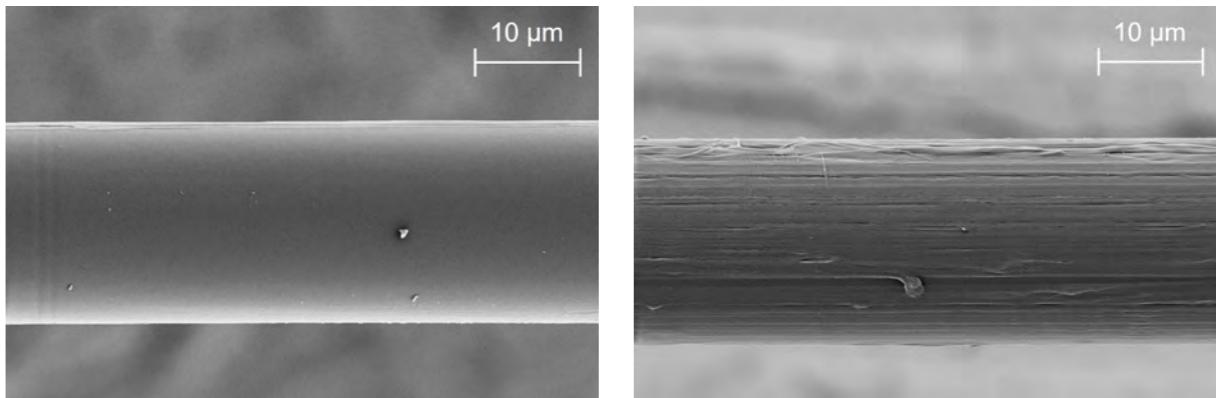


Fig. 1 Influence of the drawing ratio during PP-fiber spinning on surface roughness: SEM-images of PP-fiber surfaces produced with low (left) and high (right) drawing ratio with corresponding force-displacement curves of dynamic single fibers pullout out tests with concrete matrix

In the frame of this work, two different fibre types – polypropylene (PP) fibres and alkali-resistant (AR) glass fibres – are produced on lab spinning devices. Their properties are adapted in such a way that fundamental correlations between the influence of fibre geometry, mechanical properties, chemical functionalities and surface structure on the behaviour during fibre pull-out from the concrete matrix can be derived (Fig. 1). The PP-fibres are produced with different degrees of stretching, cross-sectional geometries (circular, trilobal), fibre diameters as well as without and with surface treatment by sizing. AR-glass fibres are used in the unsized state, but also with various chemical surface treatments. Aqueous polymer dispersions and polymer films of different materials were characterized in detail regarding particle size, pH-value, solids content and surface tension. Using a high-strength concrete matrix, the modified PP and AR glass-fibres are used to produce and test single fibre model composites to evaluate the pull-out

behaviour in the case of crack-bridging under quasi-static or dynamic loading (Fig. 2). The results revealed that the mechanism of mechanical interlocking between polymer fibre or polymer coating layer and the concrete matrix is of great importance to enhance the energy absorption during crack bridging, since polymer abrasion and deformation are induced. High mechanical fibre properties (tensile strength, Youngs Modulus) in combination with increased surface roughness are the key parameters to develop new bicomponent PP-fibres and particle-structured coatings for high performance SHCC. ■

Sponsors

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),
Research Training Group GRK 2250/1
"Mineral-bonded composites for enhanced structural impact safety", project number 287321140

[1] I. Curosu et al.: Impaktsicherheit von Baukonstruktionen durch mineralisch gebundene Komposite: Materialebene. Beton und Stahlbetonbau 115 (12) (2020) <https://doi.org/10.1002/best.202000074>.

Ergebnisse in Zahlen

Publikationen

• 559 Publikationen

davon 340 Artikel in Fachzeitschriften

• 5 Bücher und 3 Buchbeiträge

Patente

ANMELDUNGEN (Erstanmeldungen 2019)

- 8 Patente angemeldet und 1 patentfähige Erfindung übertragen auf Industrie- und Kooperationspartner
- 15 Nachanmeldungen (national und regional) hinterlegt

ERTEILUNGEN

• 15 Patente erteilt

davon 7 in Deutschland (DE), 3 in Europa (EP), 2 in Japan (JP),
1 in den USA (US), 1 in Hongkong (HK) und 1 in Korea (KR)

Abgeschlossene Graduiierungsarbeiten

• 1 Habilitation

• 23 Promotionen

• 19 Master- und Diplomarbeiten

• 7 Bachelorarbeiten

Publikationen

Bücher



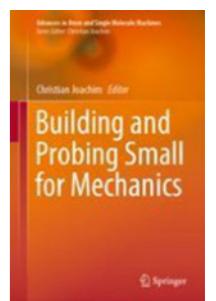
Hay, S.; Huther, H.; Grimm, S.; Leuteritz, A.; et al.: **EnEff: Wärme - Technische Gebrauchsdaueranalyse von Wärmenetzen unter Berücksichtigung volatiler erneuerbarer Energien : Akronym: "TGdA": Schlussbericht : Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2015-31.05.2019 / Herausgeber: AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.**; Autoren: AGFW: Dipl.-Ing. Stefan Hay ... [und 13 andere]. - Frankfurt am Main : AGFW, 2020. -



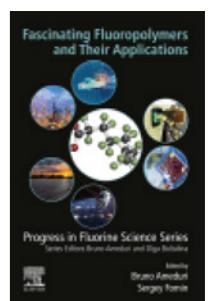
Voit, B.; et al.: **Science to enable sustainable plastics. - A White Paper from the 8th Chemical Sciences and Society summit (CS3).** - May 2020. - London, GB : 2020.

Beiträge in Büchern

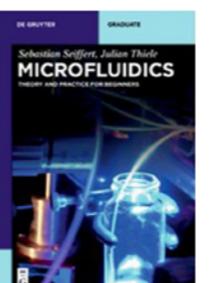
Aiboudi, O.; Lissel, F.: **Chemical anchoring of molecular rotors.** - in: *Building and Probing Small for Materials* / Christian Joachim, Editor. - Berlin : Springer, 2020. - S. 99-115 (*Advances in Atom and Single Molecular Machines*) ISBN 978-3030567761



Pospiech, D.; Jehnichen, D.; Horn, C.; Plötner, M.: **Self-organizing semifluorinated polymers for organic electronics.** - in: *The fascinating world of fluoropolymers and their applications* / B. Ameduri, S. Fomin, Eds. Elsevier, 2020. - Chapter 8, S. 227-268. - (*Progress in fluorine series*) ISBN 978-0-12-821873-0



Mäder, E.; Scheffler, C.: **Glass Fibers 2018 : Special Issue / ed. by Edith Mäder and Christina Scheffler.** - Basel [u.a.]: MDPI, 2020. - 102 Seiten, ISBN 3-03928-244-1



Seiffert, S.; Thiele, J.: **Microfluidics : theory and practice for beginners.** - Berlin : De Gruyter, 2020. - XVI, 277 Seiten: Illustrationen, ISBN 978-3-11-048777-0



Synytska, A.; Drechsler, A.; Frenzel, R.; Harenburg, J.; Bellmann, C.: **Self-cleaning surfaces: from fundamental aspects to real technical applications.** - in: *Surface and Interface Science: Volume 10: Applications of Surface Science II*, Volume 10 / Editor: Klaus Wandelt. - Weinheim: Wiley-VCH, 2020. - S. 893-926, ISBN 978-3-527-82250-8

Veröffentlichungen in Fachzeitschriften

- Abbate, R. A. ; Alkhafaf, M. ; Boye, S. ; Lederer, A. : **The effect of carrier liquid composition on the molecular properties of caseinate solutions studied by AF4.** - LC, GC Europe (2020). - 10 Seiten
- Abd-El-Aziz, A.S. ; Antonietti, M. ; Barner-Kowollik, C. ; Binder, W. H. ; Voit, B. ; et al. : **The Next 100 Years of Polymer Science.** - Macromolecular Chemistry and Physics 221 (2020). - Article Number: 2000216
- Abdoli, I. ; Kalt, E. ; Vuijk, H. ; Wittmann, R. ; Sommer, J.-U. ; Brader, J. M. ; Sharma, A. : **Correlations in multithermostat Brownian systems with Lorentz force.** - New Journal of Physics 22 (2020)9. - Article Number: 093057
- Abdoli, I. ; Vuijk, H. ; Sommer, J.-U. ; Brader, J. M. ; Sharma, A. : **Nondiffusive fluxes in a Brownian system with Lorentz force.** - Physical Review E 101 (2020). - Article Number: 012120
- Abdoli, I. ; Vuijk, H. ; Wittmann, R. ; Sommer, J.-U. ; Brader, J. M. ; Sharma, A. : **Stationary state in Brownian systems with Lorentz force.** - Physical Review Research 2 (2020). - Article Number: 023381
- Aghajan, M.H. ; Panahi-Sarmad, M. ; Alikarami, N. ; Shojaei, S. ; Saeidi, A. ; Khonakdar, H. A. ; Goodarzi, V. : **Using solvent-free approach for preparing innovative biopolymer nanocomposites based on PGS/gelatin.** - European Polymer Journal 131 (2020). - Article Number: 109720
- Ajayakumar, M. R. ; Fu, Y. ; Liu, F. ; Komber, H. ; Tkachova, V. ; Zhou, S. ; Popov, A. A. ; Liu, J. ; Feng, X. : **Tailoring magnetic feature in zigzag-edged nano-graphenes via controlled Diels-Alder reactions.** - Chemistry - A European Journal 26 (2020). - S. 7497-9503
- Al Aiti, M. ; Das, A. ; Kanerva, M. ; Järventausta, M. ; Johansson, P. ; Scheffler, C. ; Göbel, M. ; Jehnichen, D. ; Brünig, H. ; Wulff, L. ; Boye, S. ; Arnhold, K. ; Kuusipalo, J. ; Heinrich, G. : **Dry-jet wet spinning of thermally stable lignin-textile grade polyacrylonitrile fibers regenerated from chloride-based ionic liquids compounds.** - Materials 13 (2020)17. - Article Number: 3687
- Alghamdi, M. ; Chierchini, F. ; Eigel, D. ; Taplan, C. ; Miles, T. ; Pette, D. ; Welzel, P. ; Werner, C. ; Wang, W. ; Neto, C. ; Gumbleton, M. ; Newland, B. : **Poly(ethylene glycol) based nanotubes for tuneable drug delivery to glioblastoma multiforme.** - Nanoscale Advances 2 (2020). - S. 4498-4509
- Almeida Jr., J.H.S. ; Bittrich, L. ; Spickenheuer, A. : **Improving the open-hole tension characteristics with variable-axial composite laminates: Optimization, progressive damage modeling and experimental observations.** - Composites Science and Technology 185 (2020). - Article Number: 107889
- Ambilkar, S. C. ; Bansod, N. D. ; Kapgate, B. P. ; Das, A. ; Formanek, P. ; Rajkumar, K. ; Das, C. : **In situ zirconia: A superior reinforcing filler for high-performance nitrile rubber composites.** - ACS Omega 5 (2020)14. - 7751-7761
- Anke, F. ; Boye, S. ; Spannenberg, A. ; Lederer, A. ; Heller, D. ; Beweries, T. : **Dehydropolymerisation of methylamine borane and an N-substituted primary amine borane using a PNP Fe catalyst.** - Chemistry - A European Journal 26 (2020)35. - S. 7889-7899
- Apelt, S. ; Höhne, S. ; Uhlmann, P. ; Bergmann, U. : **Heterogeneous freezing on pyroelectric poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene) thin films.** - Surface and Interface Analysis 52 (2020)12. - S. 1150-1155
- Apsite, I. ; Constante, G. ; Dulle, M. ; Vogt, L. ; Caspari, A. ; Boccaccini, A.R. ; Synytska, A. ; Salehi, S. ; Ionov, L. : **4D Biofabrication of fibrous artificial nerve graft for neuron regeneration.** - Biofabrication 12 (2020)3. - Article Number: 035027
- Arias, S. ; Amini, S. ; Horsch, J. ; Pretzler, M. ; Rompel, A. ; Melnyk, I. ; Sychev, D. ; Fery, A. ; Börner, H. G. : **Toward artificial mussel-glue proteins: Differentiating sequence modules for adhesion and switchable cohesion.** - Angewandte Chemie - International Edition 59 (2020)42. - S. 18495-18499
- Auernhammer, G. ; Fataei, S. ; Haustein, M.A. ; Patel, H. ; Schwarze, R. ; Secrieru, E. ; Mechtcherine, V. : **Transparent model concrete with tunable rheology for investigating flow and particle-migration during transport in pipes.** - Materials & Design 193 (2020). - Article Number: 108673
- Avid, A. ; Jafari, S.H. ; Khonakdar, H. A. ; Ghaffari, M. ; Krause, B. ; Pötschke, P. : **Surface modification of MWCNT and its influence on properties of paraffin/MWCNT nanocomposites as phase change material.** - Journal of Applied Polymer Science 137 (2020). - Article Number 48428
- Azevedo, C.B. ; Almeida Jr., J.H.S. ; Flores, H.F. ; Eggers, F. ; Amico, S. C. : **Influence of mosaic pattern on hygrothermally-aged filament wound composite cylinders under axial compression.** - Journal of Composite Materials 54 (2020)19. - S. 2651-2659
- Azizli, M.J. ; Mokhtary, M. ; Khonakdar, H. A. ; Goodarzi, V. : **Compatibilizer/graphene/carboxylated acrylonitrile butadiene rubber (XNBR)/ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) nanocomposites: Morphology, compatibility, rheology and mechanical properties.** - Journal of Applied Polymer Science 137 (2020)43. - Article Number: 49331
- Bartholomay, S. ; Wester, T.T.B. ; Perez-Becker, S. ; Konze, S. ; Hölling, M. ; Spickenheuer, A. ; Peinke, J. ; Nayeri, C.N. ; Paschereit, O.P. ; Oberleithner, K. : **Pressure based lift estimation and its application to feedforward load control employing trailing edge flaps.** - Wind Energy Science (2020). - S. 1-39
- Bayrak, S. ; Paulkowski, D. ; Stöckelhuber, K.W. ; Staar, B. ; Mayer, B. : **A comprehensive study about the role of crosslink density on the tribological behavior of DLC coated rubber.** - Materials 13 (2020)23. - Article Number: 5460
- Bazir, A. ; Baumann, A. ; Ziebert, F. ; Kulic, I.M. : **Dynamics of fiberoids.** - Soft Matter 16 (2020)22. - S. 5210-5223
- Beck, A. ; Obst, F. ; Busek, M. ; Grünzner, S. ; Mehner, P. J. ; Paschew, G. ; Appelhans, D. ; Voit, B. ; Richter, A. : **Hydrogel patterns in microfluidic devices by do-it-yourself UV-photolithography suitable for very large-scale integration.** - Micromachines 11 (2020). - Article Number: 479
- Belova, V. ; Hinderhofer, A. ; Zeider, C. ; Storzer, T. ; Rozboril, J. ; Hagenlocher, J. ; Novak, J. ; Gerlach, A. ; Scholz, R. ; Schreiber, F. : **Structure-dependent charge transfer in molecular perylene-based donor/acceptor systems and role of side chains.** - Journal of Physical Chemistry C 124 (2020)21. - S. 11639-11651
- Benseny-Cases, N. ; Alvarez-Marimon, E. ; Aso, E. ; Carmona, M. ; Clementieva, O. ; Appelhans, D. ; Ferrer, I. ; Cladera, J. : **In situ structural characterization of early amyloid aggregates in Alzheimer's disease transgenic mice and Octodon degus.** - Scientific Reports 10 (2020). - Article Number: 5888
- Berg, P. ; Obst, F. ; Simon, D. ; Richter, A. ; Appelhans, D. ; Kuckling, D. : **Novel application of polymer networks carrying tertiary amines as a catalyst inside microflow reactors used for Knoevenagel reactions.** - European Journal of Organic Chemistry (2020)35. - S. 5765-5774

Besford, Q.A. ; Christofferson, A.J. ; Kalayan, J. ; Sommer, J.-U. ; Henchman, R.H. :
The attraction of water for itself at hydrophobic quartz interfaces. - Journal of Physical Chemistry B 124 (2020)29. - S. 6369-6375



Besford, Q.A. ; Weiss, A.C.G. ; Schubert, J. ; Ryan, T.M. ; Maitz, M.F. ; Tomanin, P.P. ; Savioli, M. ; Werner, C. ; Fery, A. ; Caruso, F. ; Cavalieri, F. :
Protein component of oyster glycogen nanoparticles: An anchor point for functionalization. - ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)35. - S. 38976-38988

Beyer, S. ; Kobsch, O. ; Pospiech, D. ; Simon, F. ; Peter, C. ; Nikolowski, K. ; Wolter, M. ; Voit, B. :
Influence of surface characteristics on the penetration rate of electrolytes into model cells for lithium ion batteries. - Journal of Adhesion Science and Technology 34 (2020). - S. 849-866

Binnewerg, B. ; Schubert, M. ; Voronkina, A. ; Muzychka, L. ; Petrenko, I. ; Djurovic, M. ; Kovalchuk, V. ; Tsurkan, M. ; Bechmann, N. ; Fursov, A. ; Ivanenko, V.N. ; Smolii, O.B. ; Joseph, Y. ; Giovine, M. ; Bornstein, S.R. ; Stelling, A. ; Tunger, A. ; Schmitz, M. ; Taniya, O.S. ; Kovalev, I. ; Zyryanov, G. ; Guan, K. ; Ehrlich, H. :
Marine biomaterials: Biomimetic and pharmacological potential of cultivated Aplysina aerophoba marine demosponge. - Materials Science and Engineering C 109 (2020). - Article Number: 110566

Bittrich, E. ; Domke, J. ; Jehnichen, D. ; Bittrich, L. ; Malanin, M. ; Janke, A. ; Uhlmann, P. ; Eichhorn, K.-J. ; Papamichail, A. ; Stanishev, V. ; Darakchieva, V. ; Al-Hussein, M. ; Levichkova, M. ; Fritz, T. ; Walzer, K. :
Morphology of thin films of aromatic ellagic acid and its hydrogen bonding interactions. - Journal of Physical Chemistry C 124 (2020)30. - S. 16381-16390

Biwas, S. ; Muzata, T.S. ; Krause, B. ; Rzeczkowski, P. ; Pötschke, P. ; Bose, S. :
Does the type of polymer and carbon nanotube structure control the electromagnetic shielding in melt-mixed polymer nanocomposites? - Journal of Composites Science 4 (2020)1. - Article Number: 9

Boldt, R. ; Leuteritz, A. ; Schob, D. ; Ziegenhorn, M. ; Wagenknecht, U. :
Barrier properties of GnP-PA-extruded films. - Polymers 12 (2020). - Article Number: 669

Bollengier, Q. ; Simic, D. ; Tahir, M. ; Hickmann, R. ; Cherif, C. ; Klüppel, M. ; Wiesner, S. :
Magneto-adaptive Funktionsbauteile aus faserverstärkten Elastomerverbunden. - GAK : Gummi Fasern Kunststoffe (2020)5. - S. 192-199

Brandt, J. ; Bittrich, L. ; Fischer, F. ; Kanaki, E. ; Tagg, A.S. ; Lenz, R. ; Labrenz, M. ; Brandes, E. ; Fischer, D. ; Eichhorn, K.-J. :
High-throughput analyses of microplastic samples using Fourier transform infrared and Raman spectrometry. - Applied Spectroscopy 74 (2020). - S. 1185-1197

Brandt, J. ; Fischer, F. ; Kanaki, E. ; Enders, K. ; Labrenz, M. ; Fischer, D. :
Assessment of subsampling strategies in micro-spectroscopy of environmental microplastic samples. - Frontiers in Environmental Science (2020).

Brasse, Y. ; Gupta, V. ; Schollbach, H.C.T. ; Karg, M. ; König, T. ; Fery, A. :
Mechanotunable plasmonic properties of colloidal assemblies. - Advanced Materials Interfaces 7 (2020). - Article Number: 1901678

Brasse, Y. ; Ng, C. ; Magnozzi, M. ; Zhang, H. ; Mulvaney, P. ; Fery, A. ; Gómez, D. E. :
A tunable polymer-metal based anti-reflective metasurface. - Macromolecular Rapid Communications 41 (2020). - Article Number: 1900415

Bräuer, M. ; Lönncke, K. ; Lehmann, D. ; Reichert, V. ; Schneider, K. :
Metal-plastic-composites with an elastic intermediate layer - Production by means of press-injection molding process or sandwich-injection molding. - Kautschuk Gummi Kunststoffe (2020)1-2. - S. 24-30

Braun, U. ; Altmann, K. ; Bannick, C.G. ; Becker, R. ; Fischer, D. ; et al., :
Statuspapier Mikroplastik-Analytik: Probenahme, Probenaufbereitung und Detektionsverfahren. - Plastik in der Umwelt: PlastikNet (2020). - 65 Seiten

Brodowsky, H. ; Hennig, A. ; Müller, M. T. ; Werner, A. ; Zhandarov, S. ; Gohs, U. :
Laccase-enzyme treated flax fibre for use in natural fibre epoxy composites. - Materials 13 (2020)20. - Article Number: 4529

Bucatariu, F. ; Ghiorghita, C.-A. ; Zaharia, M. ; Schwarz, S. ; Simon, F. ; Mihai, M. :
Removal and separation of heavy metal ions from multicomponent simulated waters using silica/polyethyleneimine composite microparticles. - ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)33. - S. 37585-37596

Bucatariu, F. ; Schwarz, D. ; Ghiorghita, C.-A. ; Schwarz, S. ; Zaharia, M. ; Steinbach, C. ; Mihai, M. :
Nanostructured polymer composites for selective heavy metal ion sorption. - Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 603 (2020). - Article Number: 125211

Cao, X.-Z. ; Merlitz, H. ; Wu, C.-X. :
Mechanical strength management of polymer composites through tuning transient networks. - Journal of Physical Chemistry Letters 11 (2020). - S. 710-715



Carone, M. ; Moreno, S. ; Cangiotti, M. ; Ottaviani, M. F. ; Wang, P. ; Carloni, R. ; Appelhans, D. :
DOTA glycodendrimers as Cu(II) complexing agents and their dynamic interaction characteristics toward liposomes. - Langmuir 36 (2020)43. - S. 12816-12829



Cautela, J. ; Stenqvist, B. ; Schillén, K. ; Belic, D. ; Mansson, L.K. ; Hagemans, F. ; Seuss, M. ; Fery, A. ; Crassous, J.J. ; Galantini, L. :
Supracolloidal atomium. - ACS Nano 14 (2020)11. - S. 15748-15756

Chatterjee, R. ; Singh, A. ; Kumar, A. G. ; Voit, B. ; Banerjee, S. :
Synthesis and characterization of star-shaped sulfonated new poly(ether triazole): Proton exchange membrane properties. - European Polymer Journal 123 (2020). - Article Number: 109443

Chatterjee, T. ; Hait, S. ; Bhattacharyya, A.R. ; Das, A. ; Wiesner, S. ; Naskar, K. :
Zinc salts induced ionomerized thermoplastic elastomers based on XNBR and PA12. - Polymer-Plastics Technology and Materials 59 (2020). - S. 141-153

Che, Y. ; Gaitzsch, J. ; Liubimtsev, N. ; Zschoche, St. ; Bauer, T. ; Appelhans, D. ; Voit, B. :
Double cross-linked supramolecular hydrogels with tunable properties based on host-guest interactions. - Soft Matter 16 (2020). - S. 6733-6742

Chen, Y. ; Pötschke, P. ; Pionteck, J. ; Voit, B. ; Qi, H. :
Aerogels based on reduced graphene oxide/cellulose composites: Preparation and vapour sensing abilities. - Nanomaterials 10 (2020)9. - Article Number: 1729

Chen, Y. ; Pötschke, P. ; Pionteck, J. ; Voit, B. ; Qi, H. :
Multifunctional cellulose/rGO/Fe₃O₄ composite aerogels for electromagnetic interference shielding. - ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)19. - S. 22088-22098

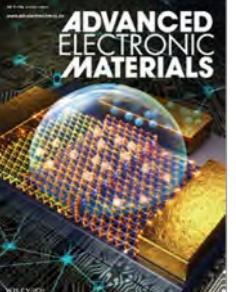
Chlebosz, D. ; Janus, K. ; Danielewicz, K. ; Goldman, W. ; Czapik, A. ; Glasser, G. ; Mezger, M. ; Kiersnowski, A. : **Recrystallization upon solvent vapor annealing and impact of polymer crystallinity on hole transport in poly(3-hexylthiophene):small molecule blends.** - Molecular Systems Design & Engineering 5 (2020)8. - S. 1417-1427

Chowdhury, S.G. ; Chanda, J. ; Ghosh, S. ; Banerjee, K. ; Banerjee, S. S. ; Das, A. ; Ghosh, P. ; Bhattacharyya, S.K. ; Mukhopadhyay, R. : **Impact of adhesive ingredients on adhesion between rubber and brass-plated steel wire in tire.** - Polymer Engineering and Science 60 (2020)8. - S. 1973-1983

Curosu, I. ; Liebscher, M. ; Alsous, G. ; Muja, E. ; Li, H. ; Drechsler, A. ; Frenzel, R. ; Synytska, A. ; Mechtcherine, V. : **Tailoring the crack-bridging behavior of strain-hardening cement-based composites (SHCC) by chemical surface modification of poly(vinyl alcohol) (PVA) fibers.** - Cement and Concrete Composites 114 (2020). - Article Number: 103722

Daeg, J. ; Xu, X. ; Zhao, L. ; Boye, S. ; Janke, A. ; Temme, A. ; Zhao, J. ; Lederer, A. ; Voit, B. ; Shi, X. ; Appelhans, D. : **Bivalent peptide- and chelator-containing bioconjugates as toolbox components for personalized nanomedicine.** - Biomacromolecules 21 (2020). - S. 199-213

Dalibor, I.H. ; Lisbôa, T.V. ; Marczak, R.J. ; Amico, S. C. : **Optimum slippage dependent, non-geodesic fiber path determination for a filament wound composite nozzle.** - European Journal of Mechanics - A/Solids 82 (2020). - Article Number: 103994

 Darbandy, G. ; Dollinger, F. ; Formanek, P. ; Hübner, R. ; Resch, S. ; Roemer, C. ; Fischer, A. ; Leo, K. ; Kloes, A. ; Kleemann, H. : **Unraveling structure and device operation of organic permeable base transistors.** - Advanced Electronic Materials 6 (2020)7. - Article Number: 2000230

Daubian, D. ; Fillion, A. ; Gaitzsch, J. ; Meier, W. : **One-pot synthesis of an amphiphilic ABC triblock copolymer PEO-b-PEHOx-b-PETOz and its self-assembly into nanoscopic asymmetric polymersomes.** - Macromolecules 53 (2020)24. - S. 11040-11050

Daubian, D. ; Gaitzsch, J. ; Meier, W. : **Synthesis and complex self-assembly of amphiphilic block copolymers with a branched hydrophobic poly(2-oxazoline) into multicompartiment micelles, pseudo-vesicles and yolk/shell nanoparticles.** - Polymer Chemistry 11 (2020). - S. 1237-1248

Dedova, S. ; Schneider, K. ; Stommel, M. ; Heinrich, G. : **Dissipative heating, fatigue and fracture behavior of rubber under multiaxial loading.** - Advances in Polymer Science (2020). - 23 Seiten

Deepthi, K. ; Stamm, M. ; Gowd, E. B. : **Factors influencing the formation of block copolymer-based supramolecular assemblies in bulk and thin films.** - Materials Today Communications 24 (2020). - Article Number: 101147

Demydova, K. ; Horechyy, A. ; Meier-Haack, J. ; Malanin, M. ; Häußler, L. ; Stamm, M. ; Yevchuk, I. ; Demchyna, O. : **Hybrid organic-inorganic materials on the basis of acrylic monomers and TEOS prepared by simultaneous UV-curing and sol-gel process.** - Journal of Polymer Research 27 (2020). - Article Number: 88

Ding, Q. ; Janke, A. ; Schick, C. ; Androsch, R. : **Morphology of alpha-crystals of poly (butylene 2,6-naphthalate) crystallized via a liquid crystalline mesophase according to Ostwald's rule of stages.** - Polymer 194 (2020). - Article Number: 122404

Dompe, M. ; Cedano-Serrano, F.J. ; Vahdati, M. ; Sidoli, U. ; Heckert, O. ; Synytska, A. ; Hourdet, D. ; Creton, C. ; van der Gucht, J. ; Kodger, T. ; Kamperman, M. : **Tuning the interactions in multiresponsive complex coacervate-based underwater adhesives.** - International Journal of Molecular Sciences 21 (2020). - Article Number: 100



Domurath, J. ; Ausias, G. ; Ferec, J. ; Saphiannikova, M. : **Numerical investigation of dilute suspensions of rigid rods in power-law fluids.** - Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 280 (2020). - Article Number: 104280



Donets, S. ; Guskova, O. ; Sommer, J.-U. : **Flow-induced formation of thin PEO fibers in water and their stability after the strain release.** - Journal of Physical Chemistry B 124 (2020)41. - S. 9224-9229

Drechsler, A. ; Caspari, A. ; Synytska, A. : **Influence of roughness and capillary size on the zeta potential values obtained by streaming potential measurements.** - Surface and Interface Analysis 52 (2020). - S. 991-995

Dutta, S. ; Sengupta, S. ; Chanda, J. ; Das, A. ; Wiesner, S. ; Ray, S. S. ; Bandyopadhyay, A. : **Distribution of nanoclay in a new TPV/nanoclay composite prepared through dynamic vulcanization.** - Polymer Testing 83 (2020). - Article Number: 106374

Eggers, F. ; Almeida Jr., J.H.S. ; Lisbôa, T.V. ; Amico, S. C. : **Creep and residual properties of filament-wound composite rings under radial compression in harsh environments.** - Polymers 13 (2020). - Article Number: 33

Engelke, J. ; Boye, S. ; Tuten, B. T. ; Barner-Kowollik, C. ; Barner, L. ; Lederer, A. : **Critical assessment of the application of multidetection SEC and AF4 for the separation of single-chain nanoparticles.** - ACS Macro Letters 9 (2020). - S. 1569-1575

Engelke, J. ; Tuten, B. T. ; Schweins, R. ; Komber, H. ; Barner, L. ; Plüschke, L. ; Barner-Kowollik, C. ; Lederer, A. : **An in-depth analysis approach enabling precision single chain nanoparticle design.** - Polymer Chemistry 11 (2020). - S. 6559-6578

Entezam, M. ; Poormadadkar, H. ; Khonakdar, H. A. ; Jafari, S.H. : **Melt rheology and interfacial properties of binary and ternary blends of PS, EOC, and SEBS.** - Journal of Applied Polymer Science 137 (2020). - Article Number: 48791

Euchler, E. ; Bernhardt, R. ; Schneider, K. ; Heinrich, G. ; Tada, T. ; Wiesner, S. ; Stommel, M. : **Cavitation in rubber vulcanizates subjected to constrained tensile deformation.** - Advances in Polymer Science (2020). - 22 Seiten

Euchler, E. ; Bernhardt, R. ; Schneider, K. ; Heinrich, G. ; Wiesner, S. ; Tada, T. : **In situ dilatometry and X-ray microtomography study on the formation and growth of cavities in unfilled styrene-butadiene-rubber vulcanizates subjected to constrained tensile deformation.** - Polymer 187 (2020). - Article Number: 122086

Eyckens, D. ; Randall, J. D. ; Stojcevski, F. ; Sarlin, E. ; Palola, S. ; Kakkonen, M. ; Scheffler, C. ; Henderson, L. C. : **Examining interfacial interactions in a range of polymers using poly(ethylene oxide) functionalized carbon fibers.** - Composites Part A 138 (2020). - Article Number: 106053

Farshchi, N. ; Abbasian, A. : **Clarification on ‘Critical comments on ‘Assessment of the thermodynamic properties of DL-p-mentha-1,8-diene, 4-isopropyl-1-methylcyclohexene (DL-limonene) by inverse gas chromatography (IGC)’.** - Journal of Chromatographic Science 58 (2020)10. - S. 896-898

Farshchi, N. ; Gedan-Smolka, M. : **Polyurethane powder coatings: A review of composition and characterization.** - Industrial & Engineering Chemistry Research 59 (2020)34. - S. 15121-15132

Farshchi, N. ; Ostad, Y.K. : **Sepiolite as a nanofiller to improve mechanical and thermal behavior of recycled high-density polyethylene.** - Progress in Rubber Plast. Recycl. Technol. 36 (2020)3. - S. 185-195

Ferreira, I.; Leuteritz, A.; Brünig, H.; Focke, W. W.; Androsch, R.:

Effect of DEET on the crystallinity of bicomponent poly(lactic acid) monofilaments. -

AIP Conference Proceedings 2289 (2020). -

Article Number: 020058

Fidyk, J.; Waliszewski, W.; Sieczkowski, P.; iersnowski, A.; Pisula, W.; Marszalek, T.:

Switching from electron to hole transport in solution-processed organic blend field-effect transistors. -

Polymers 12 (2020)11. - Article Number: 2662

Flemming, P.; Janke, A.; Simon, F.; Fery, A.; Münch, A. S.; Uhlmann, P.:

Multiresponsive transitions of PDMAEMA brushes for tunable surface patterning. -

Langmuir 36 (2020)50. - S. 15283-15295

Flemming, P.; Müller, M.; Fery, A.; Münch, A. S.; Uhlmann, P.:

Mechanistic investigation of the counterion-induced UCST behavior of poly(N,N-dimethylaminoethyl methacrylate) polymer brushes. -

Macromolecules 53 (2020). - S. 1957-1966

Folini, J.; Murad, W.; Mehner, F.; Meier, W.; Gaitzsch, J.:

Updating radical ring-opening polymerisation of cyclic ketene acetals from synthesis to degradation. -

European Polymer Journal 134 (2020). - Article Number: 109851

Franiak-Pietryga, I.; Ziembka, B.; Sikorska, H.; Jander, M.; Kuncman, W.; Danilewicz, M.; Appelhans, D.; Lewkowicz, P.;

Ostrowska, K.; Bryszewska, M.; Borowiec, M.:

Maltotriose-modified poly(propylene imine) glycodendrimers as a potential novel platform in the treatment of chronic lymphocytic Leukemia. A proof-of-concept pilot study in the animal model of CLL. -

Toxicology and Applied Pharmacology 403 (2020). -

Article Number: 115139

Fredi, G.; Simon, F.; Sychev, D.; Melnyk, I.; Janke, A.; Scheffler, C.; Zimmerer, C.:

Bioinspired polydopamine coating as an adhesion enhancer between paraffin microcapsules and an epoxy matrix. -

ACS Omega 5 (2020)31. - S. 19639-19653

Fredi, G.; Zimmerer, C.; Scheffler, C.; Pegoretti, A.:

Polydopamine-coated paraffin microcapsules as a multifunctional filler enhancing thermal and mechanical performance of a flexible epoxy resin. -

Journal of Composites Science 4 (2020)4. - Article Number: 174

Freund, P.; Senkovska, I.; Zheng, B.; Bon, V.; Krause, B.; Maurin, G.; Kaskel, S.:

The force of MOFs: The potential of switchable metal-organic frameworks as solvent stimulated actuators. -

Chemical Communications 56 (2020). - S. 7411-7414

Friedel, P.:

Hausmannskost - Skriptbasierte Versionsverwaltung für Einzeldateien. -

LinuxUser (2020)4. - S. 90-93

Fries, F.; Louis, M.; Scholz, R.; Gmelch, M.; Thomas, H.; Haft, A.; Reineke, S.:

Dissecting tetra-N-phenylbenzidine: Biphenyl as the origin of room temperature phosphorescence. -

Journal of Physical Chemistry A 124 (2020). - 479-485

Fritsch, M.; Coeler, M.; Kunze, K.; Krause, B.; Marcinkowski, P.; Pötschke, P.; Wolter, M.; Michaelis, A.:

Lightweight polymer-carbon composite current collector for lithium-ion batteries. -

Batteries 6 (2020)4. - Article Number: 60

Galati, E.; Tao, H.; Rossner, C.; Zhulina, E.B.; Kumacheva, E.:

Morphological transitions in patchy nanoparticles. -

ACS Nano 14 (2020). - S. 4577-4584

Ganguly, D.; Khanra, S.; Goswami, D.; Santra, A.; Ghorai, U.K.; Ghorai, S.K.; Das, A.; Sarkar, K.; Chattopadhyay, S.:

Controlling the mechanoadaptive properties of hydrogenated nitrile rubber by the incorporation of cementitious based industrial waste for downhole application. -

Polymer Composites 41 (2020)10. - S. 4397-4410

Gehrke, J.; Gedan-Smolka, M.; Boinski, C.; Marschner, A.:

Beständigkeit von Dichtstoffen im Schienenfahrzeugbau (Teil 1). -

Adhäsion 64 (2020)3. - S. 35-41

Gehrke, J.; Gedan-Smolka, M.:

Boinski, C.; Marschner, A.:

Beständigkeit von Dichtstoffen im Schienenfahrzeugbau (Teil 2). -

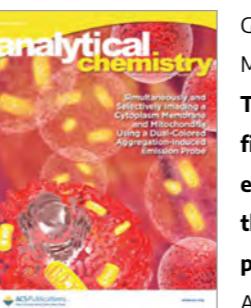
Adhäsion 64 (2020)4. - S. 32-39

Geisler, M.; Lederer, A.:

Non-parabolicity correction for fifty-nine solvents and a retention study for strongly distorted flow-profiles in thermal field-flow fractionation. -

Journal of Chromatography / A 1621 (2020). -

Article Number 461082



Geisler, M.; Plüschke, L.; Merna, J.; Lederer, A.:

The role of solubility in thermal field-flow fractionation: A revisited theoretical approach for tuning the separation of chain walking polymerized polyethylene. -

Analytical Chemistry 92 (2020)21. -

S. 14822-14829

Gevers, B. R.; Naseem, S.; Sheppard, C.J.; Leuteritz, A.; Labuschagné, J.:

Modification of layered double hydroxides using first-row transition metals for superior UV-Vis-NIR absorption and the influence of the synthesis method used. -

ChemRxiv (2020) Preprint posted on 07.02.2020. - 25 Seiten



Ghiorgita, C.-A.; Borchert, K.; Vasiliu, A.-L.; Zaharia, M.; Schwarz, D.; Mihai, M.:

Porous thiourea-grafted-chitosan hydrogels: Synthesis and sorption of toxic metal ions from contaminated waters. -

Colloids and Surfaces A:

Physicochem. Eng. Aspects 607 (2020). - Article Number: 125504

Ghiorgita, C.-A.; Dragan, E. S.; Bucatariu, F.:

Schwarz, D.; Bletescu, C.; Mihai, M.:

Green synthesis of Ag nanoparticles with uncommon behaviour towards NaBH₄ in presence of Congo red using polyelectrolyte multilayers containing sodium carboxymethyl cellulose. -

Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 585 (2020). - Article Number 124157

Ghorai, A.; Roy, S.; Das, S.; Komber, H.; Ghangrekar, M. M.; Voit, B.; Banerjee, S.:

Chemically stable sulfonated polytriazoles containing trifluoromethyl and phosphine oxide moieties for proton exchange membranes. -

ACS Applied Polymer Materials 2 (2020)7. - S. 2967-2979

Ghosh, J.; Hait, S.; Ghorai, S.; Mondal, D.; Wiefner, S.; Das, A.; De, D.:

Cradle-to-cradle approach to waste tyres and development of silica based green tyre composites. -

Resources, Conservation and Recycling 154 (2020). Article Number: 104629

Ghosh, P.; Banerjee, S. S.; Khastgir, D.:

Elastomer modified phenolic resin-based composites with reduced scale friction: Influence of calcined petroleum coke on tribological and thermo-mechanical behavior. -

Polymer Engineering and Science 60 (2020)7. - S. 1446-1458

Ghosh, P.; Banerjee, S. S.; Khastgir, D.:

Performance assessment of hybrid fibrous fillers on the tribological and thermo-mechanical behaviors of elastomer modified phenolic resin friction composite. -

SN Applied Science 2 (2020)5. - Article Number: 788

Ghosh, T. ; Voit, B. ; Karak, N. :
Polystyrene/thermoplastic polyurethane interpenetrating network-based nanocomposite with high-speed, thermo-responsive shape memory behavior. -
Polymer 200 (2020). - Article Number: 122575

Giri, J. ; Lach, R. ; Le, H. H. ; Grellmann, W. ;
Saiter, J. M. ; Henning, S. ; Radusch, H. J. ; Adhikari, R. :
Structural, thermal and mechanical properties of composites of poly(butylene adipate-co-terephthalate) with wheat straw microcrystalline cellulose. -
Polymer Bulletin 77 (2020). - 17 Seiten

Gnanaseelan, M. ; Kalita, U. ; Janke, A. ; Pionteck, J. ;
Voit, B. ; Singha, N. K. :
All methacrylate block copolymer/TiO₂ nanocomposite via ATRP and *in situ* sol-gel process. -
Materials Today Communications 22 (2020). -
Article Number: 100728

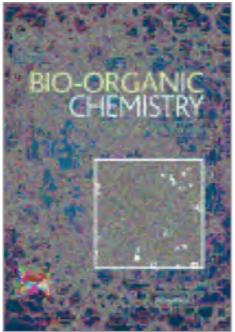
Gögele, C. ; Hahn, J. ; Elschner, C. ; Breier, A. ; Schröpfer, M. ;
Prade, I. ; Meyer, M. ; Schulze-Tanzil, G. :
Enhanced growth of lapine anterior cruciate ligament-derived fibroblasts on scaffolds embroidered from poly(L-lactide-co-e-caprolactone) and polylactic acid threads functionalized by fluorination and hexamethylene diisocyanate cross-linked collagen foams. -
International Journal of Molecular Sciences 21 (2020). -
Article Number: 1132

Gögele, C. ; Schulze-Tanzil, G. ; Kokozidou, M. ; Gäbel, C. ;
Billner, M. ; Reichert, B. ; Bodenschätz, K. :
Growth characteristics of human juvenile, adult and murine fibroblasts: A comparison of polymer wound dressings. -
Journal of Wound Care 29 (2020)10. - S. 572-585

Gomez, N.A.G. ; Maruyama, S.A. ; Leuteritz, A. ; Wypych, F. :
Composites of polyethylene and layered cobalt hydroxide salts as potential ultraviolet radiation absorbers. -
Polymer Bulletin 77 (2020). - S. 255-273

Goodarzi, M. ; Pircheraghi, G. ; Khonakdar, H. A. :
Tailoring the graphene polarity through the facile and one-step electrochemical exfoliation in low concentration of exfoliation agents. -
FlatChem 22 (2020). - Article Number: 100181

Gopalan, P. ; Knight, S. ; Chanana, A. ; Stokey, M. ;
Ranga, P. ; Scarpulla, M.A. ; Krishnamoorthy, S. ;
Darakchieva, V. ; Galazka, Z. ; Irmscher, K. ; Fiedler, A. ;
Blair, S. ; Schubert, M. ; Sensale-Rodriguez, B. :
The anisotropic quasi-static permittivity of single-crystal beta-Ga₂O₃ measured by terahertz spectroscopy. -
Applied Physics Letters 117 (2020)25. - Article Number: 252103



Gorzkiewicz, M. ; Konopka, M. ;
Janaszewska, A. ; Tarasenko, I. ;
Sheveleva, N.N. ; Gajek, A. ; Neelov, I.M. ; Klajnert-Maculewicz, B. :
Application of new lysine-based peptide dendrimers D3K2 and D3G2 for gene delivery: Specific cytotoxicity to cancer cells and transfection *in vitro*. -
Bioorganic Chemistry 95 (2020). - Article Number: 103504

Götze, J. ; Hofmann, B. ; Machałowski, T. ; Tsurkan, M. ;
Jesionowski, T. ; Ehrlich, H. ; Kleeberg, R. ; Ottens, B. :
Biosignatures in subsurface filamentous fabrics (SFF) from the Deccan volcanic province, India. -
Minerals 10 (2020)6. - Article Number: 540

Guo, E. ; Wu, Z.B. ; Darbandy, G. ; Xing, S. ; Wang, S.-J. ; Tahn, A. ;
Göbel, M. ; Kloes, A. ; Kleemann, H. ; Leo, K. :
Vertical organic permeable dual-base transistors for logic circuits. -
Nature Communications 11 (2020). - Article Number: 4725

Guo, J. ; Zou, S. ; Lin, S. ; Zhao, B. ; Deng, X. ; Chen, L. :
Oblique droplet impact on superhydrophobic surfaces: Jets and bubbles. -
Physics of Fluids 32 (2020)12. - Article Number: 122112

Guo, Y. ; Werner, M. ; Fleury, J. B. ; Baulin, V. A. :
Unexpected cholesterol-induced destabilization of lipid membranes near transmembrane carbon nanotubes. -
Physical Review Letters 124 (2020). - Article Number: 038001

Hait, S. ; Valentin, J. I. ; Jiménez, A.G. ; Ortega, P.B. ; Ghosh, A. K. ;
Stöckelhuber, K.W. ; Wiesbner, S. ; Heinrich, G. ; Das, A. :
Poly(acrylonitrile-co-butadiene) as polymeric crosslinking accelerator for sulphur network formation. -
Heliyon 6 (2020). - Article Number: e04659

Hamieh, T. ; Abbasian, A. ; Farshchi, N. :
New methods to characterize the surface and interface acid-base properties of some hydrocarbons by inverse gas chromatography. -
Chromatographia 83 (2020). - S. 615-629

Hannss, M. ; Abbate, R. A. ; Mitzenheim, E. ; Alkhafaf, M. ;
Böhm, W. ; Lederer, A. ; Henle, T. :
Association of enzymatically and nonenzymatically functionalized caseins analyzed by size-exclusion chromatography and light-scattering techniques. -
Journal of Agriculture and Food Chemistry 68 (2020). - S. 2773-2782

Hassan, G. ; Forsman, N. ; Wan, X. ; Keurulainen, L. ; Bimbo, L. M. ;
Stehl, S. ; van Charante, F. ; Chrubasik, M. ; Prakash, A. ;
Johansson, L.-S. ; Mullen, D.C. ; Johnston, B. F. ; Zimmermann, R. ;
Werner, C. ; Yli-Kauhaluoma, J. ; Coenye, T. ; Saris, P. E. J. ;
Österberg, M. ; Moreira, V.M. :
Non-leaching, highly biocompatible nanocellulose surfaces that efficiently resist fouling by bacteria in an artificial dermis model. -
ACS Applied Bio Materials 3 (2020). - S. 4095-4108

Hay, S. ; Grimm, S. ; Blesl, M. ; Wendel, F. ;
Achmus, M. ; Gerlach, T. ; Leuteritz, A. ;
Below, H. ; Thörl, M. ; Grage, T. ; Nielsen, H.-J. :
Technische Gebrauchsdaueranalyse - Kurzfassung der Forschungsergebnisse. -
EuroHeat & Power Deutschland (2020)6. - S. 43-48

Haydukivska, K. ; Blavatska, V. ; Paturej, J. :
Universal size ratios of Gaussian polymers with complex architecture: Radius of gyration vs hydrodynamic radius. -
Scientific Reports 10 (2020)1. - Article Number: 14127

Heida, T. ; Köhler, T. ; Kaufmann, A. ; Männel, M. J. ; Thiele, J. :
Cell-free protein synthesis in bifunctional hyaluronan microgels: A strategy for *in situ* immobilization and purification of his-tagged proteins. -
ChemSystemsChem 2 (2020)3. - Article Number: e1099958

Heida, T. ; Otto, O. ; Biedenweg, D. ; Hauck, N. ; Thiele, J. :
Microfluidic fabrication of click chemistry-mediated hyaluronic acid microgels: A bottom-up material guide to tailor a microgel's physicochemical and mechanical properties. -
Polymers 12 (2020)8. - Article Number: 1760

Heilos, K. ; Uhlig, K. ; Hofmann, M. ; Spickenheuer, A. :
Beanspruchungsgerecht verstärkte Vliesstoffe aus recycelten Carbonfasern. -
TEXTILplus (2020)9-10. - S. 18-20

Heintze, C. ; Formanek, P. ; Pohl, D. ; Rellinghaus, B. ; Kröger, N. :
An intimate view into the silica deposition vesicles of diatoms. -
BMC Materials 2 (2020). - Article Number: 11

Hengstermann, M. ; Hasan, M. M. B. ;
Scheffler, C. ; Abdkader, A. ; Cherif, C. :
Development of a new hybrid yarn construction from recycled carbon fibres for high-performance composites. Part III: Influence of sizing on textile processing and composite properties. -
J. of Thermoplastic Composite Materials 33 (2020). - S. 1-22

Ho, P.Y. ; Komber, H. ; Horatz, K. ; Tsuda, T. ; Mannsfeld, S. ;
Dmitrieva, E. ; Blaque, O. ; Kraft, U. ; Sirringhaus, H. ; Lissel, F. :
Synthesis and characterization of a semiconducting and solution-processable ruthenium-based polymetallayne. -
Polymer Chemistry 11 (2020). - S. 472-479

Hohimer, C. J. ; Petrossian, G. ; Ameli, A. ; Mo, C. ; Pötschke, P. :
3D printed conductive thermoplastic polyurethane/carbon nanotube composites for capacitive and piezoresistive sensing in soft pneumatic actuators. -
Additive Manufacturing 34 (2020). - Article Number: 101281

Höhne, S. ; Hoch, C. ; Böhm, C. ;
Winkler, R. ; Bittrich, E. ; Uhlmann, P. :
A new measuring system for the determination of the ice adhesion strength on smooth surfaces. - Langmuir 36 (2020)16. - S. 4465-4476

Höller, R.P.M. ; Jahn, I. J. ; Cialla-May, D. ; Chanana, M. ; Popp, J. ; Fery, A. ; Kuttner, C. :

Biomacromolecular-assembled nanoclusters:

Key aspects for robust colloidal SERS sensing. -

ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)51. - S. 57303-57313

Höller, R.P.M. ; Kuttner, C. ; Mayer, M. ; Wang, R. ; Dulle, M. ; Contreras-Caceres, R. ; Fery, A. :

Colloidal superstructures with triangular cores:

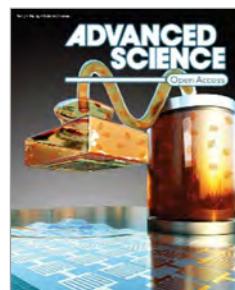
Size effects on SERS efficiency. -

ACS Photonics 7 (2020)7. - S. 1839-1848



Horechyy, A. ; Paturej, J. ; Nandan, B. ; Jehnichen, D. ; Göbel, M. ; Reuter, U. ; Sommer, J.-U. ; Stamm, M. :
Nanoparticle assembly under block copolymer confinement: The effect of nanoparticle size and confinement strength. - Journal of Colloid and Interface Science 578 (2020). - S. 441-451

Hosseini, H. ; Zirakjou, A. ; Goodarzi, V. ; Mousavi, S.M. ; Khonakdar, H. A. ; Zamanlui, S. :
Lightweight aerogels based on bacterial cellulose/silver nanoparticles/polyaniline with tuning morphology of polyaniline and application in soft tissue engineering. - International Journal of Biological Macromolecules 152 (2020). - S. 57-67



Hosseini, K. ; Taubenberger, A. ; Werner, C. ; Fischer-Friedrich, E. :
EMT-induced cell mechanical changes enhance mitotic rounding strength. - Advanced Science 7 (2020)19. - Article Number: 2001276

Hosseini, S.M. ; Shahrousvand, M. ; Shojaei, S. ; Khonakdar, H. A. ; Asefnejad, A. ; Goodarzi, V. :
Preparation of superabsorbent eco-friendly semi-interpenetrating network based on cross-linked poly acrylic acid/xanthan gum/graphene oxide (PAA/XG/GO): Characterization and dye removal ability. - International Journal of Biological Macromolecules 152 (2020). - S. 884-893

Hosseini, S.M. ; Jafari, S.H. ; Khonakdar, H. A. ; Hemmati, F. ; Kalaei, M.R. :
A correlation between morphology and mechanical performance of injected-molded PE/EVA/clay nanocomposites: Insight into phase miscibility and interfacial phenomena. - Journal of Applied Polymer Science 137 (2020)45. - Article Number: 49401

Hu, Y. ; Zhao, B. ; Lin, S. ; Deng, X. ; Chen, L. :
Evaporation and particle deposition of bi-component colloidal droplets on a superhydrophobic surface. - International Journal of Heat and Mass Transfer 159 (2020). - Article Number: 120063

Hübscher, J. ; Rudolf, A. ; Kästner, K. ; Frenzel, R. ; Simon, F. :
Chromfreie Vorbehandlung auf Polymerbasis für Beschichtungen auf kupferhaltigen Aluminiumlegierungen. - International Aluminium Journal 96 (2020)12. - S. 48-53

Husman, D. ; Welzel, P. ; Vogler, S. ; Bray, L. ; Träber, N. ; Friedrichs, J. ; Körber, V. ; Tsurkan, M. ; Freudenberg, U. ; Thiele, J. ; Werner, C. :
Multiphasic microgel-in-gel materials to recapitulate cellular mesoenvironments *in vitro*. - Biomaterials Science 8 (2020). - S. 101-108

Huster, C. ; Rekhade, D. ; Hausch, A. ; Ahmed, S. ; Thiele, J. ; Guck, J. ; Kroy, K. ; Cojoc, G. :
Stretching and heating cells with light: nonlinear photothermal cell rheology. - New Journal of Physics 22 (2020)8. - Article Number: 085003



Ivanova, E.P. ; Linklater, D.P. ; Werner, M. ; Baulin, V. A. ; Xu, X.M. ; Vrancken, N. ; Rubanov, S. ; Hanssen, E. ; Wandiyanto, J. ; Crawford, R.J. :
The multi-faceted mechano-bactericidal mechanism of nanostructured surfaces. - Proc Natl Acad Sci : PNAS 117 (2020)23. - S. 12598-12605

Jenschke, W. ; Ulrich, M. ; Krause, B. ; Pötschke, P. :
Messanlage zur Untersuchung des Sebeck-Effektes in Polymermaterialien. - Technisches Messen 87 (2020)7-8. - S. 495-503

Jia, Y. ; Zhao, B. ; Mehrizi, A.A. ; Wang, C. ; Xu, Y. ; Chen, L. :
Identification of surface nanobubbles and resolving their size-dependent stiffness. - Science China - Physics, Mechanics & Astronomy 63 (2020)9. - Article Number: 294614

Jiao, C. ; Zhang, J. ; Liu, T. ; Peng, X. ; Wang, H. :
Mechanically strong, tough and shape deformable poly(acrylamide-co-vinyl imidazole) hydrogels based on Cu²⁺ complexation. - ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)39. - S. 44205-44214

Karimpour-Motlagh, N. ; Khonakdar, H. A. ; Jafari, S. M. A. ; Mahjub, A. ; Panahi-Sarmad, M. ; Kasbi, S.F. ; Shojaei, S. ; Goodarzi, V. ; Arjmand, M. :
Influence of polypropylene and nanoclay on thermal and thermo-oxidative degradation of poly(lactide acid): TG-FTIR, TG-DSC studies and kinetic analysis. - Thermochimica Acta 691 (2020). - Article Number: 178709

Karimpour-Motlagh, N. ; Moghaddam, A.S. ; Khonakdar, H. A. ; Jafari, S.H. ; Wagenknecht, U. ; Kasbi, S.F. ; Shojaei, S. ; Mirzaee, R. :

A theoretical and experimental analysis of the effect of nanoclay on gas perm-selectivity of bio-degradable PLA/EVA blends in the presence and absence of compatibilizer. - Macromolecular Materials and Engineering 305 (2020)12. - Article Number: 2000433

Karpov, Y. ; Kiriy, N. ; Formanek, P. ; Hoffmann, C. ; Beryozkina, T. ; Hambisch, M. ; Büchner, B. ; Debnath, B. ; Bretschneider, M. ; Krupskaya, Y. ; Lissel, F. ; Kiriy, A. :
Sequentially processed P3HT/CN6-CP center dot-NBu4+ films: Interfacial or bulk doping? - Advanced Electronic Materials 6 (2020). - Article Number: 1901346

Kasbi, S.F. ; Jafari, S.H. ; Khonakdar, H. A. ; Goodarzi, V. ; Torabi, A. :
Beta-polymorph enhancement in poly(vinylidenefluoride) by blending with polyamide 6 and bariu titanate nanoparticles. - Journal of Applied Polymer Science 137 (2020). - Article Number: e49403

Kempe, F. ; Riehle, F. ; Komber, H. ; Matsidik, R. ; Walter, M. ; Sommer, M. :
Semifluorinated, kinked polyarylenes via direct arylation polycondensation. - Polymer Chemistry 11 (2020). - S. 6928-6934

Khodaie, M. ; Saeidi, A. ; Khonakdar, H. A. ; Seyfi, J. ; Hejazi, I. ; Davachi, S. M. ; Bahmanpour, H. :
Improving nanoparticle dispersion and polymer crystallinity in polyvinylidene fluoride/POSS coatings using tetrahydrofuran as co-solvent. - Progress in Organic Coatings 140 (2020). - Article Number: 105534

Khosravi, M. ; Seyfi, J. ; Saeidi, A. ; Khonakdar, H. A. :
Spin-coated polyvinylidene fluoride/graphene nanocomposite thin films with improved beta-phase content and electrical conductivity. - Journal of Materials Science 55 (2020). - S. 6696-6707

Khrunyk, Y.Y. ; Belikov, S. ; Tsurkan, M. ; Vyalykh, I.V. ; Markaryan, A.Y. ; Karabanalov, M.S. ; Popov, A. A. ; Wysokowski, M. :
Surface-dependent osteoblasts response to TiO₂ nanotubes of different crystallinity. - Nanomaterials 10 (2020)2. - Article Number: 320

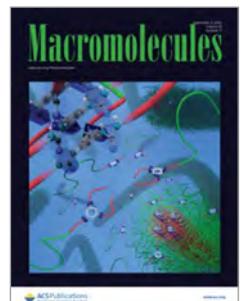
Kilic, U. ; Mock, A. ; Sekora, D. ; Gilbert, S. ; Valloppilly, S. ; Ianno, N. ; Langell, M. ; Schubert, E. ; Schubert, M. : **Precursor-surface interactions revealed during plasma-enhanced atomic layer deposition of metal oxide thin films by *in situ* spectroscopic ellipsometry.** - Scientific Reports 10 (2020)1. - Article Number: 10392

Klinghammer, S. ; Rauch, S. ; Pregl, S. ; Uhlmann, P. ; Baraban, L. ; Cuniberti, G. : **Surface modification of silicon nanowire based field effect transistors with stimuli responsive polymer brushes for biosensing applications.** - Micromachines 11 (2020). - Article Number: 274

Knight, S. ; Korlacki, R. ; Dugan, C. ; Petrosky, J.C. ; Mock, A. ; Dowben, P.A. ; Mann, J.M. ; Kimani, M.M. ; Schubert, M. : **Infrared-active phonon modes in single-crystal thorium dioxide and uranium dioxide.** - Journal of Applied Physics 127 (2020). - Article Number: 125103

Knight, S. ; Schoche, S. ; Kuhne, P. ; Hofmann, T. ; Darakchieva, V. ; Schubert, M. : **Tunable cavity-enhanced terahertz frequency-domain optical Hall effect.** - Review of Scientific Instruments 91 (2020)8. - Article Number: 083903

Koch, K.M. ; Jaeschke, A. ; Murekatete, B. ; Ravichandran, A. ; Tsurkan, M. ; Werner, C. ; Soon, P. ; Hutmacher, D. W. ; Haupt, L.M. ; Bray, L. : **Stromal fibroblasts regulate microvascular-like network architecture in a bioengineered breast tumour angiogenesis model.** - Acta Biomaterialia 114 (2020). - S. 256-269



Koch, M. ; Romeis, D. ; Sommer, J.-U. : **End-adsorbing chains in polymer brushes: Pathway to highly metastable switchable surfaces.** - Macromolecules 53 (2020). - S. 7356-7368

Köhler, T. ; Heida, T. ; Höfgen, S. ; Weigel, N. ; Valiante, V. ; Thiele, J. : **Cell-free protein synthesis and *in situ* immobilization of deGFP-MatB in polymer microgels for malonate-to-malonyl CoA conversion.** - RSC Advances 10 (2020)66. - S. 40588-40596

Köhler, T. ; Patsis, P.A. ; Hahn, D. ; Ruland, A. ; Naas, C. ; Müller, M. ; Thiele, J. : **DNAzymes as catalysts for L-tyrosine and amyloid beta oxidation.** - ACS Omega 5 (2020). - S. 7059-7064

Korlacki, R. ; Stokey, M. ; Mock, A. ; Knight, S. ; Papamichail, A. ; Darakchieva, V. ; Schubert, M. : **Strain and stress relationships for optical phonon modes in monoclinic crystals with beta-Ga₂O₃ as an example.** - Physical Review B 102 (2020)18. - Article Number: 180101

Krause, B. ; Bezugly, V. ; Khavrus, V. ; Ye, L. ; Cuniberti, G. ; Pötschke, P. : **Boron doping of SWCNTs as way to enhance thermoelectric properties of melt mixed polypropylene/SWCNT composites.** - Energies 13 (2020). - Article Number: 394

Krause, B. ; Konidakis, I. ; Arjmand, M. ; Sundararaj, U. ; Fuge, R. ; Liebscher, M. ; Hampel, S. ; Klaus, M. ; Serpetzoglou, E. ; Stratakis, E. ; Pötschke, P. : **Nitrogen-doped carbon nanotube/polypropylene composites with negative Seebeck coefficient.** - Journal of Composites Science 4 (2020)1. - Article Number: 14

Krause, B. ; Kunz, K. ; Kretzschmar, B. ; Kühnert, I. ; Pötschke, P. : **Effect of filler synergy and cast film extrusion parameters on extrudability and direction-dependent conductivity of PVDF/carbon nanotube/carbon black composites.** - Polymers 12 (2020)12. - Article Number: 2992

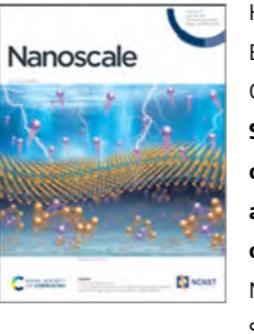
Krieg, E. ; Gupta, K. ; Dahl, A. ; Lesche, M. ; Boye, S. ; Lederer, A. ; Shih, W.M. : **A smart polymer for sequence-selective binding, pulldown, and release of DNA targets.** - Communications Biology 3 (2020). - Article Number: 369

Kriwet, A. ; Stommel, M. : **Arbitrary-reconsidered-double-inclusion (ARDI) model to describe the anisotropic, viscoelastic stiffness and damping of short fiber-reinforced thermoplastics.** - Journal of Composites Science 4 (2020)2. - Article Number: 37

Krönig, K. ; Krause, B. ; Pötschke, P. ; Fiedler, B. : **Nanocomposites with p- and n-type conductivity controlled by type and content of nanotubes in thermosets for thermoelectric applications.** - Nanomaterials 10 (2020)6. - Article Number: 1144

Kufs, J.E. ; Höfgen, S. ; Rautschek, J. ; Bissell, A.U. ; Graf, C. ; Fiedler, J. ; Braga, D. ; Regestein, L. ; Rosenbaum, M.A. ; Thiele, J. ; Valiante, V. : **Rational design of flavonoid production routes using combinatorial and precursor-directed biosynthesis.** - ACS Synthetic Biology 9 (2020)7. - S. 1823-1832

Kühn, S. ; Sievers, J. ; Stoppa, A. ; Träber, N. ; Zimmermann, R. ; Welzel, P. ; Werner, C. : **Cell-instructive multiphasic gel-in-gel materials.** - Advanced Functional Materials 30 (2020). - Article Number: 1908857

Kühne, T. ; Au-Yeung, K.H. ; Eisenhut, F. ; Aiboudi, O. ; Ryndyk, D. ; Cuniberti, G. ; Lissel, F. ; Moresco, F. : **STM induced manipulation of azulene-based molecules and nanostructures: the role of the dipole moment.** - Nanoscale 12 (2020)48. - S. 24471-24476

Kuhrt, R. ; Ho, P.Y. ; Hantusch, M. ; Lissel, F. ; Blacque, O. ; Knupfer, M. ; Buchner, B. : **Synthesis and charge transfer characteristics of a ruthenium-acetylide complex.** - RSC Advances 10 (2020)70. - S. 43242-43247



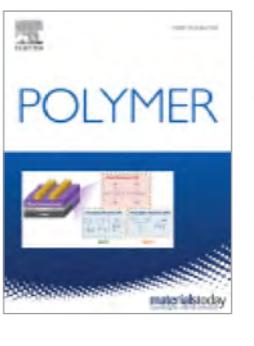
Kumar, L. ; Singh, S. ; Horechyy, A. ; Formanek, P. ; Hübner, R. ; Albrecht, V. ; Weißflog, J. ; Schwarz, S. ; Puneet, P. ; Nandan, B. : **Hollow Au@TiO₂ porous electrospun nanofibers for catalytic applications.** - RSC Advances 10 (2020). - S. 6592-6602

Kumar, M. ; Sharma, A. ; Hait, S. ; Wiesner, S. ; Heinrich, G. ; Arief, I. ; Naskar, K. ; Stöckelhuber, K.W. ; Das, A. : **Effect of prestrain on the actuation characteristics of dielectric elastomers.** - Polymers 12 (2020)11. - Article Number: 2694

Lang, M. ; Müller, T. : **Analysis of the gel point of polymer model networks by computer simulations.** - Macromolecules 53 (2020). - S. 498-512

Lenz, J. ; Pospiech, D. ; Paven, M. ; Albach, R. ; Voit, B. : **Influence of the catalyst concentration on the chemical structure, the physical properties and the fire behavior of rigid polyisocyanurate foams.** - Polymer Degradation and Stability 177 (2020). - Article Number: 109168

Li, C.-W. ; Merlitz, H. ; Sommer, J.-U. : **Mean-field model of the collapse transition of brushes inside cylindrical nanopores.** - Macromolecules 53 (2020)15. - S. 6711-6719

Li, J.-K. ; Shao, M.Y. ; Yang, Z.Y. ; Guskova, O. : **The merging mechanisms of poly(3-hexylthiophene) domains revealed through scanning tunneling microscopy and molecular dynamics simulations.** - Polymer 191 (2020). - Article Number: 122266

Li, X. ; Janke, A. ; Formanek, P. ; Fery, A. ; Stamm, M. ; Tripathi, B. P. :
High permeation and antifouling polysulfone ultrafiltration membranes with *in situ* synthesized silica nanoparticles. -
Materials Today Communications 22 (2020). - Article Number: 100784



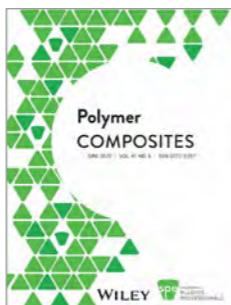
Li, Y. ; Pionteck, J. ; Pötschke, P. ; Voit, B. :
Thermal annealing to influence the vapor sensing behavior of co-continuous poly(lactic acid)/polystyrene/multiwalled carbon nanotube composites. -
Materials & Design 187 (2020). - Article Number: 108383

Li, Y. ; Zheng, Y. J. ; Pionteck, J. ; Voit, B. :
Tuning the structure and performance of bulk and porous vapor sensors based on co-continuous carbon nanotube-filled blends of poly(vinylidene fluoride) and polycarbonates by varying melt viscosity. -
ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)40. - S. 45404-45419

Liebscher, M. ; Domurath, J. ; Saphiannikova, M. ; Müller, M. T. ; Heinrich, G. ; Pötschke, P. :
Dispersion of graphite nanoplates in melt mixed PC/SAN polymer blends and its influence on rheological and electrical properties. -
Polymer 200 (2020). - Article Number: 122577

Lilli, M. ; Sbardella, F. ; Bavasso, I. ; Bracciale, M.P. ; Scheffler, C. ; Rivilla, I. ; Tirilló, J. ; Xin, W. ; De Rosa, I.M. ; Sarasini, F. :
Tailoring the interfacial strength of basalt fibres/epoxy composite with ZnO-nanorods. -
Composite Interfaces 27 (2020). - S. 1-23

Limasale, Y. D. P. ; Atallah, P. ; Werner, C. ; Freudenberg, U. ; Zimmermann, R. :
Tuning the local availability of VEGF within glycosaminoglycan-based hydrogels to modulate vascular endothelial cell morphogenesis. -
Advanced Functional Materials 30 (2020)44. - Article Number: 2000068



Lisbôa, T.V. ; Almeida Jr., J.H.S. ; Dalibor, I.H. ; Spickenheuer, A. ; Marczak, R.J. ; Amico, S. C. :
The role of winding pattern on filament wound composite cylinders under radial compression. -
Polymer Composites 41 (2020)6. - S. 2446-2454

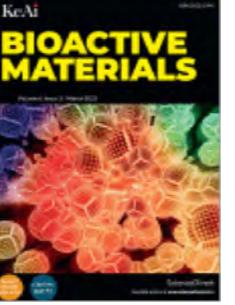
Lisbôa, T.V. ; Marczak, R.J. :
Modified decomposition method applied to laminated thick plates in nonlinear bending. -
Commun Nonlinear Sci numer Simulat 81 (2020). - Article Number: 105015

Liu, X. ; Feng, Y. ; Jin, L. ; Wang, X. ; Zhang, X. ; Xie, Y. ; Zhao, C. ; Appelhans, D. ; Voit, B. :
Rapid synthesis of PEGylated multiblock polymers by sequence-controlled polymerization in H₂O. -
Polymer Chemistry 11 (2020). - S. 417-424

Liu, X. ; Zhou, D. ; Feng, Y. ; Gou, J. ; Li, C. ; he, C. ; Zhao, W. ; Sun, S. ; Zhao, C. ; Appelhans, D. ; Voit, B. :
Quantitative synthesis of temperature-responsive polymersomes by multiblock polymerization. -
Angewandte Chemie - International Edition (2020). - 7 Seiten

Lopes, P.E. ; Moura, D. ; Hilliou, L. ; Krause, B. ; Pötschke, P. ; Figueiredo, H. ; Alves, R. ; Lepleux, E. ; Pacheco, L. ; Paiva, M.C. :
Mixed carbon nanomaterial/epoxy resin for electrically conductive adhesives. -
Journal of Composites Science 4 (2020)3. - Article Number: 105

Loy, T.L. ; Vehlow, D. ; Kauschke, V. ; Müller, M. ; Heiss, C. ; Lips, K. S. :
Effects of BDNF and PEC nanoparticles on osteocytes. -
Molecules 25 (2020)18. - Article Number: 4151



Lu, B. ; Han, X. ; Zhao, A. S. ; Luo, D. ; Maitz, M.F. ; Wan, H. ; Yang, P. ; Huang, N. :
Intelligent H₂S release coating for regulating vascular remodeling. -
Bioactive Materials 6 (2020). - S. 1040-1050

Lundberg, P. ; Wei, Q. ; Ge, Z. ; Voit, B. ; Reineke, S. ; Edman, L. :
Polymer featuring thermally activated delayed fluorescence as emitter in light-emitting electrochemical cells. -
Journal of Physical Chemistry Letters 11 (2020)15. - S. 227-6234

Ma, J. ; Fu, Y. ; Dmitrieva, E. ; Liu, F. ; Komber, H. ; Hennersdorf, F. ; Popov, A. A. ; Weigand, J. J. ; Liu, J. ; Feng, X. :
Helical nanographenes containing an azulene unit: Synthesis, crystal structures, and properties. -
Angewandte Chemie - International Edition 59 (2020). - S. 5637-5642

Magno, V. ; Meinhardt, A. ; Werner, C. :
Polymer hydrogels to guide organotypic and organoid cultures. -
Advanced Functional Materials 30 (2020)48. - Article Number: 2000097

Magnozzi, M. ; Brasse, Y. ; König, T. ; Bisio, F. ; Bittrich, E. ; Fery, A. ; Canepa, M. :
Plasmonics of Au/polymer core/shell nanocomposites for thermoresponsive hybrid metasurfaces. -
ACS Applied Nano Materials 3 (2020). - S. 1674-1682

Männel, M. J. ; Fischer, C. ; Thiele, J. :
A non-cytotoxic resin for micro-stereolithography for cell cultures of HUVECs. -
Micromachines 11 (2020)3. - Article Number: 246



Mao, H. ; Liu, D. ; Zhang, N. ; Huang, T. ; Kühnert, I. ; Yang, J. ; Wang, Y. :
Constructing a microcapacitor network of carbon nanotubes in polymer blends via crystallization-induced phase separation toward high dielectric constant and low loss. -
ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)23. - S. 26444-26454

Marschelke, C. ; Fery, A. ; Syntska, A. :
Janus particles: from concepts to environmentally friendly materials and sustainable applications. -
Colloid and Polymer Science 298 (2020). - S. 841-865

Matthew, S.A.L. ; Totten, J. D. ; Phuagkhaopong, S. ; Egan, G. ; Witte, K. ; Perrie, Y. ; Seib, F. P. :
Silk nanoparticle manufacture in semi-batch format. -
ACS Biomaterials Science & Engineering 6 (2020)12. - S. 6748-6759

Matura, A. ; Köpke, D. ; Marschelke, C. ; Kramer, J. ; Syntska, A. ; Sallat, M. :
Funktionalisierte Kern-Schale-Partikel als Träger zur Enzymimmobilisierung und deren Anwendung = Functional core-shell particles for enzyme immobilization and their application. -
Chemie Ingenieur Technik 92 (2020). - S. 248-255

Merlitz, H. ; Vuijk, H. ; Wittmann, R. ; Sharma, A. ; Sommer, J.-U. :
Pseudo-chemotaxis of active Brownian particles competing for food. -
PLoS One 15 (2020)4. - Article Number: e0230873

Metsch, P. ; Schmidt, H. ; Sindersberger, D. ; Kalina, K. A. ; Brummund, J. ; Auernhammer, G. ; Monkman, A.P. ; Kästner, M. :
Field-induced interactions in magneto-active elastomers - A comparison of experiments and simulations. -
Smart Materials and Structures 29 (2020)8. - Article Number: 085026



Miller, H.A. ; Bouzek, K. ; Hnat, J. ; Loos, S. ; Bernäcker, C.I. ; Weißgärber, T. ; Röntzsich, L. ; Meier-Haack, J. : **Enhanced properties of poly(lactic acid) by concurrent addition of organo-modified Mg-Al layered double hydroxide (LDH) and triethyl citrate.** - J. of Thermoplastic Composite Materials 33 (2020). - 16 Seiten

Green hydrogen from anion exchange membrane water electrolysis: A review of recent developments in critical materials and operating conditions. - Sustainable Energy & Fuels 4 (2020)5. - S. 2114-2133

Moeeni, M.A. ; Hosseini, M. S. ; Aghjeh, M.K.R. ; Mostafaiyan, M. : **Numerical study on the effect of rheological parameters on the droplet deformation process in Newtonian and non-Newtonian two-phase systems using extended finite element method.** - Progress in Computational Fluid Dynamics 20 (2020). - S. 143-155

Moeinifar, E. ; Otadi, M. ; Seyfi, J. ; Khonakdar, H. A. : **Study on the effects of polyhedral oligomeric silsesquioxane on compatibility, crystallization behavior and thermal stability of polylactic acid/polycaprolactone blends.** - Polymer Bulletin 77 (2020). - S. 585-598

Moghadam, A.S. ; Khonakdar, H. A. ; Sarikhani, E. ; Jafari, S.H. ; Javadi, A. ; Shamsi, M. ; Amirkhani, M.A. ; Ahadian, S. : **Fabrication of carboxymethyl chitosan nanoparticles to deliver paclitaxel for melanoma treatment.** - ChemNanoMat 6 (2020). - S. 1373-1385

Mohtaramzadeh, Z. ; Hemmati, F. ; Kasbi, S.F. ; Goodarzi, V. ; Arnhold, K. ; Khonakdar, H. A. : **Structure-properties correlations in poly(epsilon-caprolactone)/poly(styrene-co-acrylonitrile)/nanosilica mixtures: Interrelationship among phase behavior, morphology and non-isothermal crystallization kinetics.** - Polymer Testing 89 (2020). - Article Number: 106593

Mondal, M. ; Behera, P. K. ; Voit, B. ; Böhme, F. ; Singha, N. K. : **Tailor-made functional polymethacrylates with dual characteristics of self-healing and shape-memory based on dynamic covalent chemistry.** - Macromolecular Materials and Engineering 305 (2020). - Article Number: 2000142

Monshizadeh, M. ; Seifi, S. ; Seyfi, J. ; Khonakdar, H. A. : **Activated slag as an additive to rubberized unsaturated polyester composite: Thermal and mechanical study.** - Journal of Vinyl and Additive Technology 26 (2020)2. - S. 173-179

Green hydrogen from anion exchange membrane water electrolysis: A review of recent developments in critical materials and operating conditions. - J. of Thermoplastic Composite Materials 33 (2020). - 16 Seiten

Moreno, S. ; Boye, S. ; Lederer, A. ; Formanek, P. ; Oertel, U. ; Falanga, A. ; Galdiero, S. ; Lecommandoux, S. ; Voit, B. ; Appelhans, D. : **Avidin localizations in pH-responsive polymersomes for probing the docking of biotinylated (macro)molecules in the membrane and lumen.** - Biomacromolecules 21 (2020)12. - S. 5162-5172

Moreno, S. ; Sharan, P. ; Engelke, J. ; Gumz, H. ; Boye, S. ; Oertel, U. ; Wang, P. ; Banerjee, S. ; Klajn, R. ; Voit, B. ; Lederer, A. ; Appelhans, D. : **Light-driven proton transfer for cyclic and temporal switching of enzymatic nanoreactors.** - Small 16 (2020)37. - Article Number: 2002135

Moreno, S. ; Voit, B. ; Gaitzsch, J. : **The chemistry of cross-linked polymeric vesicles and their functionalisation towards biocatalytic nanoreactors.** - Colloid and Polymer Science 298 (2020). - 16 Seiten

Morsch, S. ; Liu, Y. ; Lyon, S.B. ; Gibbon, S.R. ; Gabriele, B. ; Malanin, M. ; Eichhorn, K.-J. : **Examining the early stages of thermal oxidative degradation in epoxy-amine resins.** - Polymer Degradation and Stability 176 (2020). - Article Number: 109147

Mostafaiyan, M. ; Wiesner, S. ; Heinrich, G. : **Moving least-squares aided finite element method (MLS-FEM): A powerful means to predict pressure discontinuities of multi-phase flow fields and reduce spurious currents.** - Computers & Fluids 211 (2020). - Article Number: 104669

Mostafaiyan, M. ; Wiesner, S. ; Heinrich, G. : **The moving least square aided finite element method (MLS-FEM): A powerful means to evaluate mixing phenomena in fully filled polymer mixing devices.** - AIP Conference Proceedings 2289 (2020). - Article Number: 020067

Mousa, A. ; Gedan-Smolka, M. ; Wagenknecht, U. : **Activated slag as an additive to rubberized unsaturated polyester composite: Thermal and mechanical study.** - Journal of Vinyl and Additive Technology 26 (2020)2. - S. 173-179

Activated slag as an additive to rubberized unsaturated polyester composite: Thermal and mechanical study. - Journal of Vinyl and Additive Technology 26 (2020)2. - S. 173-179

Mousa, A. ; Gedan-Smolka, M. ; Wagenknecht, U. ; Massadeh, S. : **The effect of silane-coated slag mineral on the mechanical and dynamic mechanical properties of unsaturated polyester composite materials.** - Journal of Adhesion Science and Technology 34 (2020)15. - Early Access: S. 1609-1627

Mousa, A. ; Wagenknecht, U. ; Gedan-Smolka, M. : **The potential of reformed slag on the mechanical and thermal behaviour of toughened unsaturated polyester composites.** - Waste and Biomass Valorization 11 (2020)8. - S. 4369-4378

Müller, M. : **Anomalous influence of salt concentration on deposition of poly(L-lysine)/cellulose sulfate multilayers evidenced by *in situ* ATR-FTIR.** - Molecules 25 (2020)10. - Article Number: 2336

Müller, M. T. ; Zschech, C. ; Gedan-Smolka, M. ; Pech, M. ; Streicher, R. ; Gohs, U. : **Surface modification and edge layer post curing of 3D sheet moulding compounds (SMC).** - Radiation Physics and Chemistry 173 (2020). - Article Number: 108872

Münch, A. S. ; Adam, S. ; Fritzsche, T. ; Uhlmann, P. : **Tuning of smart multifunctional polymer coatings made by zwitterionic phosphorylcholines.** - Advanced Materials Interfaces 7 (2020). - Article Number: 1901422

Muniz, N.O. ; Vechietti, F.A. ; Anesi, G.R. ; Guinea, G.V. ; dos Santos, L.A.L. : **Blend-based fibers produced via centrifugal spinning and electrospinning processes: Physical and rheological properties.** - Journal of Materials Research 35 (2020)21. - S. 2905-2916

Murata, H. ; Baker, S.L. ; Kaupbayeva, B. ; Lewis, D.J. ; Zhang, L. ; Boye, S. ; Lederer, A. ; Russell, A.J. : **Ligands and characterization for effective bio-atom-transfer radical polymerization.** - Journal of Polymer Science Part A 58 (2020). - S. 42-47

Narongthong, J. ; Wiesner, S. ; Hait, S. ; Sirisinha, C. ; Stöckelhuber, K.W. : **Strain-rate independent small-strain-sensor: Enhanced responsiveness of carbon black filled conductive rubber composites at slow deformation by using an ionic liquid.** - Composites Science and Technology 188 (2020). - Article Number: 107972

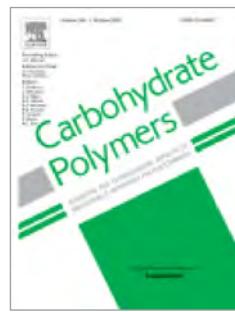
Naseem, S. ; Gevers, B. R. ; Labuschagne, F.J.W. ; Leuteritz, A. : **Catalytic degradation study of iron (Fe) containing LDH-PP composites.** - AIP Conference Proceedings 2289 (2020). - Article Number: 020041

Naseem, S. ; Gevers, B. R. ; Labuschagne, F.J.W. ; Leuteritz, A. : **Preparation of photoactive transition-metal layered double hydroxides (LDH) to replace dye-sensitized materials in solar cells.** - Materials 13 (2020). - Article Number: 4384

Natarajan, T. S. ; Finger, S. ; Lacayo-Pineda, J. ; Bhagavatheswaran, E. S. ; Banerjee, S. S. ; Heinrich, G. ; Das, A. : **Robust triboelectric generators by all-in-one commercial rubbers.** - ACS Applied Electronic Materials 2 (2020)12. - S. 4054-4064

Newland, B. ; Ehret, F. ; Hoppe, F. ; Eigel, D. ; Pette, D. ; Newland, H. ; Welzel, P. ; Kempermann, G. ; Werner, C. : **Macroporous heparin-based microcarriers allow long-term 3D culture and differentiation of neural precursor cells.** - Biomaterials 230 (2020). - Article Number: 119540

Newland, B. ; Ehret, F. ; Hoppe, F. ; Eigel, D. ; Pette, D. ; Newland, H. ; Welzel, P. ; Kempermann, G. ; Werner, C. : **Static and dynamic 3D culture of neural precursor cells on macroporous cryogel microcarriers.** - MethodsX 7 (2020). - Article Number: 100805



- Newland, B. ; Varricchio, C. ;
Körner, Y. ; Hoppe, F. ; Taplan, C. ;
Newland, H. ; Eigel, D. ; Tornillo, G. ;
Pette, D. ; Brancale, A. ; Welzel, P. ;
Seib, F. P. ; Werner, C. :
Focal drug administration via heparin-containing cryogel microcarriers reduces cancer growth and metastasis. -
Carbohydrate Polymers 245 (2020). - Article Number: 116504

- Nezafat, P. ; Jafari, S.H. ; Khonakdar, H. A. ;
Saeb, M. R. ; Gohs, U. ; Jehnichen, D. :
Experimental analysis and mechanical modeling of effect of stress-relaxation on shape memory and recovery and behavior of e-beam irradiated HDPE. -
Radiation Physics and Chemistry 169 (2020). - Article Number: 108568

- Niu, W. ; Ma, J. ; Soltani, P. ; Zheng, W. ; Liu, F. ;
Popov, A. A. ; Weigand, J. J. ; Komber, H. ; Poliani, E. ;
Cashiraghi, C. ; Droste, J. ; Hanse, M.R. ; Osella, S. ;
Beljonne, D. ; Bonn, M. ; Wang, H. ; Feng, X. ; Liu, J. ; Mai, Y. :
A curved graphene nanoribbon with multi-edge structure and high intrinsic charge carrier mobility. -
Journal of the American Chemical Society 142 (2020)43. - S. 18293-18298

- Nowacki, K. ; Stepnjak, I. ; Langer, E. ; Tsurkan, M. ;
Wysokowski, M. ; Petrenko, I. ; Khrunyk, Y.Y. ; Fursov, A. ;
Bo, M. ; Bavestrello, G. ; Joseph, Y. ; Ehrlich, H. :
Electrochemical approach for isolation of chitin from the skeleton of the black coral. *Cirripathes* sp. (Antipatharia). -
Marine Drugs 18 (2020)6. - Article Number: 297

- Obst, F. ; Beck, A. ; Bishayee, C. ; Mehner, P. J. ; Richter, A. ;
Voit, B. ; Appelhans, D. :
Hydrogel microvalves as control elements for parallelized enzymatic cascade reactions in microfluidics. -
Micromachines 11 (2020). - Article Number: 167

- Olejnik, O. ; Masek, A. ; Kiersnowski, A. :
Thermal analysis of aliphatic polyester blends with natural antioxidants. -
Polymers 12 (2020). - Article Number: 74

- Özdemir, Z.G. ; Dasdan, D.S. ; Kavak, P. ; Pionteck, J. ;
Pötschke, P. ; Voit, B. ; Misirlioglu, B.S. :
MWCNT induced negative real permittivity in a copolyester of bisphenol-A with terephthalic and isophthalic acids. -
Materials Research Express 7 (2020). - Article Number: 015337

- Pan, S. ; Guo, R. ; Bertleff-Zieschang, N. ; Li, S. ;
Besford, Q.A. ; Zhong, Q.-Z. ; Yun, G. ; Zhang, Y. ;
Cavalieri, F. ; Ju, Y. ; Goudeli, E. ; Richardson, J.J. ; Caruso, F. :
Modular assembly of host-guest metal-phenolic networks using macrocyclic building blocks. -
Angewandte Chemie 132 (2020). - S. 281-286

- Pan, S. ; Guo, R. ; Bertleff-Zieschang, N. ; Li, S. ;
Besford, Q.A. ; Zhong, Q.-Z. ; Yun, G. ; Zhang, Y. ;
Cavalieri, F. ; Ju, Y. ; Goudeli, E. ; Richardson, J.J. ; Caruso, F. :
Modular assembly of host-guest metal-phenolic networks using macrocyclic building blocks. -
Angewandte Chemie - International Edition 59 (2020). - S. 275-280

- Panahi-Sarmad, M. ; Abrisham, M. ; Noroozi, M. ;
Goodarzi, V. ; Arjmand, M. ; Sadri, M. ; Dehghan, P. ;
Amirkiai, A. ; Khonakdar, H. A. :
Programing polyurethane with rational surface modified graphene platelets for shape memory actuators and dielectric elastomer generators. -
European Polymer Journal 133 (2020). - Article Number: 109745

- Park, S. ; Liao, Z.Q. ; Ibarlucea, B. ; Qi, H. ; Lin, H.-H. ;
Becker, D. ; Melidonie, J. ; Zhang, T. ; Sahabudeen, H. ;
Baraban, L. ; Baek, C.K. ; Zheng, Z. ; Zschech, E. ; Fery, A. ;
Heine, T. ; Kaiser, U. ; Cuniberti, G. ; Dong, R. ; Feng, X. :
Two-dimensional boronate ester covalent organic framework thin films with large single crystalline domains for a neuromorphic memory device. -
Angewandte Chemie - International Edition 59 (2020)21. - S. 8218-8224

- Pedziwiatr-Werbicka, E. ; Gorzkiewicz, M. ; Horodecka, K. ;
Abashkin, V. ; Klajnert-Maculewicz, B. ; Pena-Gonzalez, C. ;
Sanchez-Nieves, J. ; Gomez, R. ; Javier de la Mata, F. ; Bryszewska, M. :
Silver nanoparticles surface-modified with carbosilane dendrons as carriers of anticancer siRNA. -
International Journal of Molecular Sciences 21 (2020)13. - Article Number: 4647

- Peidayesh, H. ; Ahmadi, Z. ; Khonakdar, H. A. ; Chodak, I. :
Fabrication and properties of thermoplastic starch/montmorillonite composite using dialdehyde starch as a crosslinker. -
Polymer International 69 (2020). - S. 317-327

- Persson, B.N.J. ; Heinrich, G. ; Tiwari, A. ;
Dorogin, L. ; Tahir, M. ; Stöckelhuber, K.W. :
Fluid dynamics at the interface between soft elastic solids = Fliddynamik an der Grenzfläche gummielastischer Festkörper. -
Kautschuk Gummi Kunststoffe 73 (2020)1-2. - S. 36-41

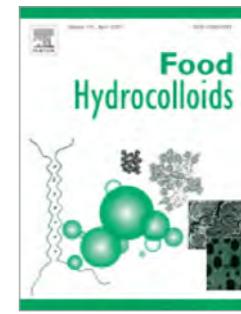
- Perumallapelli, G. R. ; Tsuda, T. ; Formanek, P. ; Kiriy, N. ;
Bakulev, V. ; Simon, F. ; Voit, B. ; Mannsfeld, S. ; Kiriy, A. :
New insights into the structure of two-dimensional lead iodide-based perovskites. -
Organic Electronics 87 (2020). - Article Number: 105935

- Plüschke, L. ; Ndiripo, A. ; Mundil, R. ;
Merna, J. ; Pasch, H. ; Lederer, A. :
Unraveling multiple distributions in chain walking polyethylene using advanced liquid chromatography. -
Macromolecules 53 (2020)10. - S. 3765-3777

- Popova, H. ; Egorov, S. A. ; Milchev, A. :
Nanoparticle diffusion in polymer melts: Molecular dynamics simulations and mode-coupling theory. -
Journal of Chemical Physics 152 (2020)23. - Article Number: 234902

- Qie, X.W. ; Zan, M.H. ; Li, L. ; Gui, P. ; Chang, Z. ;
Ge, M. ; Wang, R. ; Guo, Z. ; Dong, W.F. :
High photoluminescence nitrogen, phosphorus co-doped carbon nanodots for assessment of microbial viability. -
Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 191 (2020). - Article Number: 110987

- Quattrosoldi, S. ; Androsch, R. ; Janke, A. ; Soccio, M. ; Lotti, N. :
Enthalpy relaxation, crystal nucleation and crystal growth of biobased poly(butylene ssophthalate). -
Polymers 12 (2020). - Article Number: 235

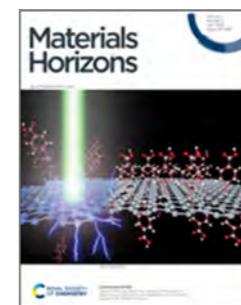


- Raak, N. ; Abbate, R. A. ; Alkhalaif, M. ;
Lederer, A. ; Rohm, H. ; Jaros, D. :
Concentration-triggered liquid-to-solid transition of sodiumcaseinate suspensions as a function of temperature and enzymatic cross-linking. -
Food Hydrocolloids 101 (2020). - Article Number: 105464

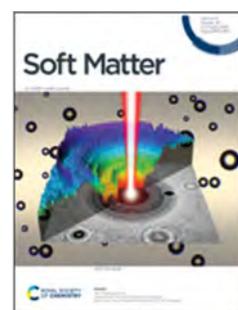
- Ramsperger, A.F.R.M. ; Stellwag, A.C. ; Caspary, A. ; Fery, A. ;
Lueders, T. ; Kress, H. ; Löder, M. G. J. ; Laforsch, C. :
Structural diversity in early-stage biofilm formation on microplastics depends on environmental medium and polymer properties. -
Water 12 (2020)11. - Article Number: 3216

- Rezaei, H. ; Seifi, S. ; Moeinifar, E. ;
Hejazi, I. ; Seyfi, J. ; Khonakdar, H. A. :
Effect of nanoparticle type and content on morphology, rheology, and crystallinity of poly(lactic acid) using titanium dioxide and polyhedral oligomeric silsesquioxane nanoparticles. -
Polymer Composites 41 (2020). - S. 1551-1560

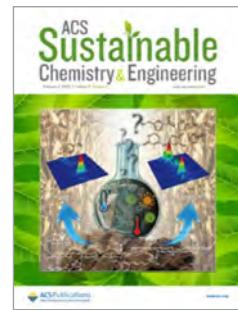
- Robertson, C. ; Vaikuntam, S. R. ; Heinrich, G. :
A nonequilibrium model for particle networking/jamming and time-dependent dynamic rheology of filled polymers. -
Polymers 12 (2020)1. - Article Number: 190



- Rodriguez, R. d. ; Khalelov, A. ;
Postnikov, P.S. ; Lipovka, A. ;
Dorozhko, E. ; Amin, I. ; Murastov, G.V. ;
Chen, J.J. ; Sheng, W. ; Trusova, M.E. ;
Chehimi, M. M. ; Sheremet, E. :
Beyond graphene oxide: Laser engineering functionalized graphene for flexible electronics. -
Materials Horizons 7 (2020). - S. 1030-1041



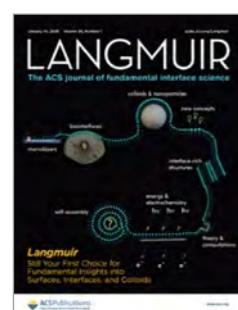
Romeis, D. ; Kostrov, S. A. ; Kramarenko, E. ; Stepanov, G. ; Shamonin, M. ; Saphiannikova, M. : **Magnetic-field-induced stress in confined magnetoactive elastomers . -** Soft Matter 16 (2020)16. - S. 9047-9058



Rosely, C. V. S. ; Joseph, A.M. ; Leuteritz, A. ; Gowd, E. B. : **Phytic acid modified boron nitride nanosheets as sustainable multifunctional nanofillers for enhanced properties of poly(l-lactide). -** ACS Sustainable Chemistry & Engineering 8 (2020). - S. 1868-1878

Rossner, C. : **Consequences of end-group fidelity for the quantitative analysis of surface grafting of polymers. -** ACS Macro Letters 9 (2020). - S. 422-425

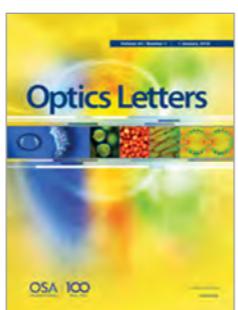
Rossner, C. ; Fery, A. : **Planet-satellite nanostructures from inorganic nanoparticles: From synthesis to emerging applications. -** MRS Communications 10 (2020). - S. 112-122



Rostami, P. ; Straub, B. ; Auernhammer, G. : **Gas-phase induced Marangoni flow causes unstable drop merging. -** Langmuir 36 (2020). - S. 28-36

Rouhana, R. ; Stommel, M. : **Modelling and experimental investigation of hexagonal nacre-like structure stiffness. -** Journal of Composites Science 4 (2020)3. - Article Number: 91

Roy, S. ; Ghorai, A. ; Komber, H. ; Voit, B. ; Banerjee, S. : **Synthesis of 2,2'-hindered pyridine containing semi-fluorinated polytriazoles and investigation for low-temperature proton exchange membrane application with enhanced oxidative stability. -** European Polymer Journal 36 (2020). - Article Number: 109898



Ruder, A. ; Wright, B. ; Peev, D. ; Feder, R. ; Kilic, U. ; Hilfiker, M. ; Schubert, E. ; Herzinger, C. M. ; Schubert, M. : **Mueller matrix ellipsometer using dual continuously rotating anisotropic mirrors. -** Optics Letters 45 (2020)13. - S. 3541-3544

Rueda, J.C. ; Santillán, F. ; Komber, H. ; Voit, B. : **Synthesis and characterization of stiff, self-crosslinked thermoresponsive DMAA hydrogels. -** Polymers 12 (2020)6. - Article Number: 1401

Rueda, J.C. ; Suárez, C. ; Komber, H. ; Zschoche, St. ; Voit, B. : **Synthesis and characterization of pH- and thermo-responsive hydrogels based on poly(2-cyclopropyl-2-oxazoline) macromonomer, sodium acrylate, and acrylamide. -** Polymer Bulletin 77 (2020). - S. 5553-5565

Rust, R. ; Kirabali, T. ; Groennert, L. ; Dogancay, B. ; Limasale, Y. D. P. ; Meinhardt, A. ; Werner, C. ; Lavina, B. ; Kulic, L. ; Nitsch, R.M. ; Tackenberg, C. ; Schwab, M. : **A practical guide to the automated analysis of vascular growth, maturation and injury in the brain. -** Frontiers in Neuroscience 14 (2020). - Article Number: 244

Rzeczkowski, P. ; Pötschke, P. ; Fischer, M. ; Kühnert, I. ; Krause, B. : **Graphite modified epoxy-based adhesive for joining of aluminium and PP/graphite composites. -** Journal of Adhesion 96 (2020). - S. 229-252

Salaeh, S. ; Das, A. ; Stöckelhuber, K.W. ; Wiesner, S. : **Fabrication of a strain sensor from a thermoplastic vulcanizate with an embedded interconnected conducting filler network. -** Composites Part A 130 (2020). - Article Number: 105763

Saqib, M. ; Bernhardt, R. ; Kästner, M. ; Beshchashna, N. ; Cuniberti, G. ; Opitz, J. : **Determination of the entire stent surface area by a new analytical method. -** Materials 13 (2020)24. - Article Number: 5633

Satpathi, H. ; Pospiech, D. ; Banerjee, S. ; Voit, B. : **New trivalent phosphorus containing poly(arylene ether)s as alternative reactants for the Mitsunobu reaction. -** European Polymer Journal 140 (2020). - Article Number: 110045

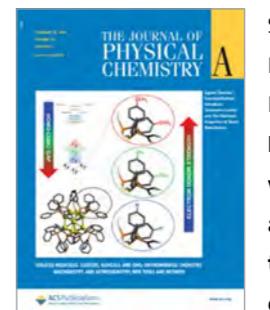
Saveliev, D.V. ; Belyaeva, I. ; Chashin, D.V. ; Fetisov, L.Y. ; Romeis, D. ; Kettl, W. ; Kramarenko, E. ; Saphiannikova, M. ; Stepanov, G. ; Shamonin, M. : **Giant extensional strain of magnetoactive elastomeric cylinders in uniform magnetic fields. -** Materials 13 (2020)15. - Article Number: 3297

Schirmer, L. ; Chwalek, K. ; Tsurkan, M. ; Freudenberg, U. ; Werner, C. : **Glycosaminoglycan-based hydrogels with programmable host reactions. -** Biomaterials 228 (2020). - Article Number: 119557

Schirmer, L. ; Hoornaert, C. ; Le Blon, D. ; Eigel, D. ; Neto, C. ; Gumbleton, M. ; Welzel, P. ; Rosser, A. ; Werner, C. ; Ponsaerts, P. ; Newland, B. : **Heparin-based, injectable microcarriers for controlled delivery of interleukin-13 to the brain. -** Biomaterials Science 8 (2020)18. - S. 4997-5004

Schmitz, M. ; Cadelise, N. ; Kanata, E. ; Llorens, F. ; Thüne, K. ; Villar-Piqué, A. ; da Silva Correia, S.M. ; Dafo, D. ; Sklaviadis, T. ; Appelhans, D. ; Zerr, I. : **Validation of poly(propylene imine) glycodendrimers towards their anti-prion conversion efficiency. -** Molecular Neurobiology 57 (2020). - S. 1863-1874

Shadabfar, M. ; Abdouss, M. ; Khonakdar, H. A. : **Synthesis, characterization, and evaluation of a magnetic molecular imprinted polymer for 5-fluorouracil as an intelligent drug delivery system for breast cancer treatment. -** Journal of Materials Science 55 (2020). - S. 12287-12304



Scholz, R. ; Kleine, P. ; Lygaitis, R. ; Popp, L. ; Lenk, S. ; Etherington, M.K. ; Monkman, A.P. ; Reineke, S. : **Investigation of thermally activated delayed fluorescence from a donor-acceptor compound with time-resolved fluorescence and density functional theory applying an optimally tuned range-separated hybrid functional. -** Journal of Physical Chemistry A 124 (2020). - S. 1535-1553

Schröpfer, M. ; Junghans, F. ; Voigt, D. ; Meyer, M. ; Breier, A. ; Schulze-Tanzil, G. ; Prade, I. : **Gas-phase fluorination on PLA improves cell adhesion and spreading. -** ACS Omega 5 (2020). - S. 5498-5507

Schulze-Tanzil, G. ; Arnold, P. ; Gögele, C. ; Hahn, J. ; Breier, A. ; Meyer, M. ; Kohl, B. ; Schröpfer, M. ; Schwarz, S. : **SV40 transfected human anterior cruciate ligament derived ligamentocytes - Suitable as a human *in vitro* model for ligament reconstruction? -** International Journal of Molecular Sciences 21 (2020)2. - Article Number: 593

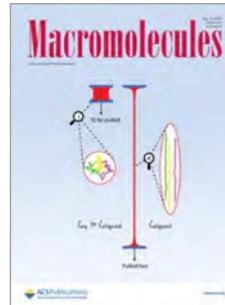
Seyfi, J. ; Goodarzi, V. ; Wurm, F. ; Shojaei, S. ; Jafari-Nodoushan, M. ; Khonakdar, H. A. ; Baghersad, M.H. ; Uzun, L. : **Developing antibacterial superhydrophobic coatings based on polydimethylsiloxane/silver phosphate nanocomposites: Assessment of surface morphology, roughness and chemistry. -** Progress in Organic Coatings 149 (2020). - Article Number: 105944

Shabanian, M. ; Khaleghi, M. ; Allahyari, F. ; Attar, F. ; Ahmadi, H.R. ; Roohani, M. ; Seidi, F. ; Khonakdar, H. A. ; Wagenknecht, U. : **Tannic acid-modified tin oxide nanoparticle and aromatic polyamide: From synthesis to their application for preparation of safe p-PVC. -** Polymer Bulletin 77 (2020). - 22 Seiten

Shadabfar, M. ; Abdouss, M. ; Khonakdar, H. A. : **Synthesis, characterization, and evaluation of a magnetic molecular imprinted polymer for 5-fluorouracil as an intelligent drug delivery system for breast cancer treatment. -** Journal of Materials Science 55 (2020). - S. 12287-12304

Sheng, W. ; Li, W. ; Tan, D. ; Zhang, P. ;
 Zhang, E. ; Sheremet, E. ; Schmidt, B.V.K.J. ;
 Feng, X. ; Rodriguez, R. d. ; Jordan, R. ; Amin, I. :
**Polymer brushes on graphitic carbon nitride
for patterning and as a SERS active sensing
layer via incorporated nanoparticles.** -
ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020). - S. 9797-9805

Shi, C. ; Song, X.P. ; Kan, Y. ; Fan, Y. ;
 Song, X.W. ; Zhang, Y.L. ; Zhang, Z.D. :
**Inhibition corrosion effect of extract from
basella rubra on carbon steel in HCl solution.** -
International Journal of Electrochemical Science 15 (2020)5. -
 S. 4032-4055



Shin, Y. ; Komber, H. ; Caiola, D. ;
 Cassinelli, M. ; Sun, H. ; Stegerer, D. ;
 Schreiter, M. ; Horatz, K. ; Lissel, F. ;
 Jiao, X. ; McNeill, C. R. ; Cimo, S. ;
 Bertarelli, C. ; Fabiano, S. ;
 Caironi, M. ; Sommer, M. :
**Synthesis and aggregation
behavior of a glycolated
naphthalene diimide
bitiophene copolymer for application in low-level
n-doped organic thermoelectric.** -
Macromolecules 53 (2020)13. - S. 5158-5168

Singh, T. ; Hook, A.L. ; Luckett, J. ; Maitz, M.F. ;
 Sperling, C. ; Werner, C. ; Davies, M. C. ;
 rvine, J.D. ; Williams, P. ; Alexander, M. :
**Discovery of hemocompatible bacterial
biofilm-resistant copolymers.** -
Biomaterials 260 (2020). - Article Number: 120312

Sippach, T. ; Dahy, H. ; Uhlig, K. ;
 Grisin, B. ; Carosella, S. ; Middendorf, P. :
**Structural optimization through biomimetic-inspired
material-specific application of plant-based natural
fiber-reinforced polymer composites (NFRP) for
future sustainable lightweight architecture.** -
Polymers 12 (2020). - Article Number: 3048

Solomun, J.I. ; Totten, J. D. ;
 Wongpinyochit, T. ; Florence, A.J. ; Seib, F. P. :
**Manual versus microfluidic-assisted
nanoparticle manufacture: Impact of silk
fibroin stock on nanoparticle characteristics.** -
ACS Biomaterials Science & Engineering 6 (2020). - S. 2796-2804

Spörer, Y. ; Androsch, R. ; Jehnichen, D. ; Kühnert, I. :
**Process induced skin-core morphology in injection
molded polyamide 66.** -
Polymers 12 (2020). - Article Number: 894

Staudinger, U. ; Jakisch, L. ; Hilbig, L. :
**Dispersion and localization behavior of modified MWCNTs
in immiscible polymer blends of polystyrene and polybutadiene and in corresponding nanostructured block copolymers.** -
Journal of Composites Science 4 (2020)2. - Article Number: 40

Stein, S. ; Mordvinkin, A. ; Voit, B. ;
 Komber, H. ; Saalwächter, K. ; Böhme, F. :
**Self-healing and reprocessable bromo butylrubber based on
combined ionic cluster formation and hydrogen bonding.** -
Polymer Chemistry 11 (2020). - S. 1188-1197

Sterzenbach, T. ; Helbig, R. ; Hannig, C. ; Hannig, M. :
**Bioadhesion in the oral cavity and approaches
for biofilm management by surface modifications.** -
Clinical Oral Investigations 24 (2020). - S. 4237-4260

Stöck, R. ; Heinrich, G. ; Schulze, A. ; Wunde, M. ; Klüppel, M. ;
 Vatterott, C. ; Tschimmel, J. ; Lacayo-Pineda, J. ; Kipscholl, R. :
**Chip & cut wear of truck tire treads: Comparison
between laboratory and real tire testing.** -
Kautschuk Gummi Kunststoffe (2020)6. - S. 51-55

Stokey, M. ; Korlacki, R. ; Knight, S. ; Hilfiker, M. ;
 Galazka, Z. ; Irmscher, K. ; Darakchieva, V. ; Schubert, M. :
Brillouin zone center phonon modes in $ZnGa_2O_4$. -
Applied Physics Letters 117 (2020)5. - Article Number: 052104

Stokey, M. ; Mock, A. ; Korlacki, R. ; Knight, S. ;
 Darakchieva, V. ; Schoche, S. ; Schubert, M. :
**Infrared active phonons in monoclinic
lutetium oxyorthosilicate.** -
Journal of Applied Physics 127 (2020). - Article Number: 115702

Straub, B. ; Lah, C. ; Schmidt, H. ; Roth, M. ;
 Gilson, L. ; Butt, H.-J. ; Auernhammer, G. :
**Versatile high-speed confocal microscopy
using a single laser beam.** -
Review of Scientific Instruments 91 (2020). -
 Article Number: 033706

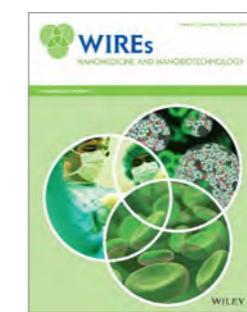
Stribeck, N. ; Schneider, K. ; Eling, B. ; Pösel, E. :
**Short-term morphology relaxation
of 3 elastomers after fast strain steps.** -
Macromolecular Materials and Engineering 305 (2020)9. -
 Article Number: 2000386

Striggow, F. ; Medina-Sánchez, M. ;
 Auernhammer, G. ; Magdanz, V. ;
 Friedrich, B.M. ; Schmidt, O. G. :
**Sperm-driven micromotors
moving in oviduct fluid
and viscoelastic media.** -
Small 16 (2020)24. -
 Article Number: 2000213

Studzian, M. ; Dzialak, P. ; Pulaski, L. ; Hedstrand, D.M. ;
 Tomalia, D. A. ; Klajnert-Maculewicz, B. :
**Synthesis, internalization and visualization
of N-(4-carbomethoxy) pyrrolidone terminated
PAMAM [G5:G3-TREN] tecto(dendrimers)
in mammalian cells dagger.** -
Molecules 25 (2020)19. - Article Number: 4406

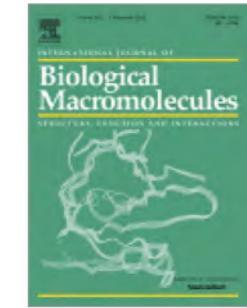
Su, K. X. ; Sun, N. ; Yan, Z. ; Jin, S. ; Li, X. ;
 Wang, D.M. ; Zhou, H. W. ; Yao, J. ; Chen, C. H. :
**Dual-switching electrochromism and electrofluorochromism
derived from diphenylamine-based polyamides with
spirobifluorene/pyrene as bridged fluorescence units.** -
ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)19. - S. 22099-22107

Sun, N. ; Su, K. X. ; Zhou, Z. ; Wang, D.M. ;
 Ferry, A. ; Lissel, F. ; Zhao, X. G. ; Chen, C. H. :
**"Colorless-to-black" electrochromic and
AIE-active polyamides: An effective strategy
for the highest-contrast electrofluorochromism.** -
Macromolecules 53 (2020)22. - S. 10117-10127



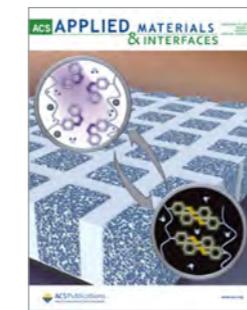
Sztandera, K. ; Gorzkiewicz, M. ;
 Klajnert-Maculewicz, B. :
**Nanocarriers in photodynamic
therapy - *in vitro* and
in vivo studies.** -
*WIREs Nanomedicine and
Nanobiotechnology* 12 (2020). -
 Article Number: 1599

Sztandera, K. ; Marcinkowska, M. ; Gorzkiewicz, M. ;
 Janaszewska, A. ; Laurenti, M. ; Zablocka, M. ;
 Mignani, S. ; Majoral, J. P. ; Klajnert-Maculewicz, B. :
**In search of a phosphorus dendrimer-based carrier
of rose bengal: Tyramine linker limits fluorescent
and phototoxic properties of a photosensitizer.** -
International Journal of Molecular Sciences 21 (2020)12. -
 Article Number: 4456



Talevski, T. ; Leshoska, A.T. ;
 Pejoski, E. ; Pejin, B. ; Machałowski, T. ;
 Wysokowski, M. ; Tsurkan, M. ;
 Petrova, O. V. ; Sivkov, V. N. ;
 Martinovic, R. ; Pantovic, S. ; Khrunyk,
 Y.Y. ; Trylis, V. ; Fursov, A. ; Djurovic,
 M. ; Jesionowski, T. ; Ehrlich, H. :
**Identification and first insights
into the structure of chitin from the endemic freshwater
Demosponge chridaspongia rotunda (Arndt, 1937).** -
International Journal of Biological Macromolecules 162 (2020). -
 S. 1187-1194

Tang, Q. ; Rossner, C. ; Vana, P. ; Müller, M. :
**Prediction of kinetically stable nanotheranostic
superstructures: Integral of first-passage-times
from constrained simulations.** -
Biomacromolecules 21 (2020)12. - S. 5008-5020



Tang, X. ; Pötschke, P. ; Piontek, J. ;
 Li, Y. ; Formanek, P. ; Voit, B. :
**Tuning the piezoresistive behavior
of poly(vinylidene fluoride)/carbon
nanotube composites using
poly(methyl methacrylate).** -
ACS Applied Materials & Interfaces
 12 (2020). - S. 43125-43137

Tschopp, S.M. ; Vuijk, H. ; Sharma, A. ; Brader, J. M. :
Mean-field theory of inhomogeneous fluids. -
Physical Review E 102 (2020)4. - Article Number: 042140

Utech, T. ; Pötschke, P. ; Simon, F. ; Janke, A. ;
 Kettner, H. ; Paiva, M. C. ; Zimmerer, C. :
Bio-inspired deposition of electrochemically exfoliated graphene layers for electrical resistance heating applications. -
Nano Express 1 (2020)3. - Article Number: 030032

Vahidifar, A. ; Esmizadeh, E. ; Rodrigue, D. ;
 Khonakdar, H. A. ; Wagenknecht, U. :
Towards novel super-elastic foams based on isoprene rubber: Preparation and characterization. -
Polymers for Advanced Technologies 31 (2020)7. - S. 1508-1518

Vaikuntam, S. R. ; Bhagavatheswaran, E. S. ; Xiang, F. ;
 Wiesner, S. ; Heinrich, G. ; Das, A. ; Stöckelhuber, K.W. :
Friction, abrasion and crack growth behavior of in situ and ex situ silica filled rubber composites. -
Materials 13 (2020). - Article Number: 270

Varricchio, C. ; Beirne, K. ; Heard, C. ; Newland, B. ;
 Rozanova, M. ; Brancale, A. ; Votruba, M. :
The ying and yang of idebenone: Not too little, not too much - cell death in NQO1 deficient cells and the mouse retina. -
Free Radical Biology Medicine 152 (2020). - S. 551-560

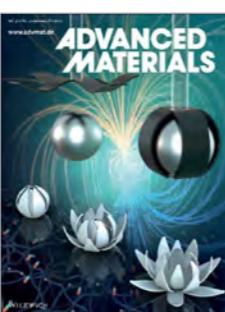
Vehlow, D. ; Wong, J.P.H. ; Urban, B. ; Weißpflog, J. ; Gebert, A. ;
 Schumacher, M. ; Gelinsky, M. ; Stamm, M. ; Müller, M. :
Catechol containing polyelectrolyte complex nanoparticles as local drug delivery system for bortezomib at bone substitute materials. -
Pharmaceutics 12 (2020)9. - Article Number: 799

Visová, I. ; Vrabcová, M. ; Forinová, M. ; Zhigunová, J. ;
 Mironov, V. ; Houska, M. ; Lynn Jr, N.S. ; Hisham, H. ; Bittrich, E. ;
 Eichhorn, K.-J. ; Dejneca, A. ; Vaisocherová-Lisalová, H. :
Surface preconditioning influences the antifouling capabilities of zwitterionic and nonionic polymer brushes. -
Langmuir 36 (2020)29. - S. 8485-8493

Vuijk, H. ; Sommer, J.-U. ; Merlitz, H. ; Brader, J. M. ; Sharma, A. :
Lorentz forces induce inhomogeneity and flux in active systems. -
Physical Review Research 2 (2020)1. - Article Number: 01320

Walinda, E. ; Morimoto, D. ; Scheler, U. ; Sugase, K. :
Visualizing protein motion in Couette flow by all-atom molecular dynamics. -
BBA - General Subjects 1864 (2020). - Article Number: 129383

Walkowiak, J.J. ; Ballauff, M. ; Zimmermann, R. ;
 Freudenberg, U. ; Werner, C. :
Thermodynamic analysis of the interaction of heparin with lysozyme. -
Biomacromolecules 21 (2020)11. - S. 4615-4625



Wang, G. ; Kohn, B. ; Scheler, U. ;
 Wang, F. ; Oswald, S. ; Löffler, M. ;
 Tan, D. ; Zhang, P. ; Zhang, J. ; Feng, X. :
A high-voltage, dendrite-free and durable Zn-graphite battery. -
Advanced Materials 32 (2020). - Article Number: 1905681

Wang, J. ; Kazemi, Y. ; Wang, S. ; Hamidinejad, M. ;
 Mahmud, M.B. ; Pötschke, P. ; Park, C. B. :
Enhancing the electrical conductivity of PP/CNT nanocomposites through crystal-induced volume exclusion effect with a slow cooling rate. -
Composites Part B 183 (2020). - Article Number: 107663



Wang, Z. ; Wang, G. ; Qi, H. ; Wang, M. ; Wang, M. ; Park, S. ; Wang, H. ;
 Yu, M. ; Kaiser, U. ; Fery, A. ; Zhou, S. ;
 Dong, R. ; Feng, X. :
Ultrathin two-dimensional conjugated metal-organic framework single-crystalline nanosheets enabled by surfactant-assisted synthesis. - *Chemical Science* 11 (2020). - S. 7665-7671

Wehr, R. ; Gaitzsch, J. ; Daubian, D. ; Fodor, C. ; Meier, W. :
Deepening the insight into poly(butylene oxide)-block-poly(glycidol) synthesis and self-assemblies: Micelles, worms and vesicles. -
RSC Advances 10 (2020). - S. 22701-22711

Weißpflog, J. ; Boldt, R. ; Kohn, B. ; Scheler, U. ;
 Jehnichen, D. ; Tyrpekl, V. ; Schwarz, S. :
Investigation of mechanisms for simultaneous adsorption of iron and sulfate ions onto chitosan with formation of orthorhombic structures. -
Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 592 (2020). - Article Number: 124575

Weißpflog, J. ; Gündel, A. ; Vehlow, D. ; Steinbach, C. ;
 Müller, M. ; Boldt, R. ; Schwarz, S. ; Schwarz, D. :
Solubility and selectivity effects of the anion on the adsorption of different heavy metal ions onto chitosan. -
Molecules 25 (2020). - Article Number: 2482

Weiss, A.C.G. ; Herold, H.M. ; Lentz, S. ; Faria, M. ;
 Besford, Q.A. ; Ang, C.S. ; Caruso, F. ; Scheibel, T. :
Surface modification of spider silk particles to direct biomolecular corona formation. -
ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)22. - S. 24635-24643

Werner, M. ; Guo, Y. ; Baulin, V. A. :
Neural network learns physical rules for copolymer translocation through amphiphilic barriers. -
npj Computational Materials 6 (2020). - Article Number: 72

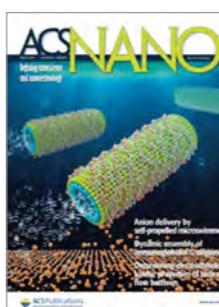
Wiesner, S. ; Bhagavatheswaran, E. S. ;
 Stöckelhuber, K.W. ; Heinrich, G. ; Das, A. :
Piezoresistivity - A powerful tool to monitor the behaviour of filler networks in rubber. -
AIP Conference Proceedings 2289 (2020). - Article Number: 020065

Wojnarowska, Z. ; Musial, M. ; Cheng, S. ; Gapinski, J. ;
 Patkowski, A. ; Pionteck, J. ; Paluch, M. :
Revealing fast proton transport in condensed matter by means of density scaling concept. -
Journal of Physical Chemistry C 124 (2020)29. - S. 15749-15756

Xiang, F. ; Schneider, K. ; Heinrich, G. :
New observations regarding fatigue crack paths and their fracture surfaces in natural rubber: Influences of R-ratio and pre-load. -
International Journal of Fatigue 135 (2020). - Article Number: 105508

Xiao, Y. ; Wang, W. ; Tian, X. ; Tan, X. ; Yang, T. ; Gao, P. ; Xiong, K. ;
 Tu, Q. ; Wang, M. ; Maitz, M.F. ; Huang, N. ; Pan, G. ; Yang, Z. :
A versatile surface bioengineering strategy based on mussel-inspired and bioclickable peptide mimic. -
Research (2020). - Article Number: 7236946

Xing, D. ; Chen, L. ; Ma, Q. ; Hao, B. ; Gutnikov, S. ;
 Lazoryak, B. ; Mäder, E. ; Ma, P.-C. :
What happens to glass fiber under extreme chemical conditions? -
Journal of Non-Crystalline Solids 548 (2020). - Article Number: 120331



Xu, H. ; Medina-Sanchez, M. ; Maitz, M.F. ; Werner, C. ; Schmidt, O. G. :
Sperm micromotors for cargo delivery through flowing blood. -
ACS Nano 14 (2020). - S. 2982-2993

Yadav, B. ; Domurath, J. ; Saphiannikova, M. :
Modeling of stripe patterns in photosensitive azopolymers. -
Polymers 12 (2020)4. - Article Number: 735

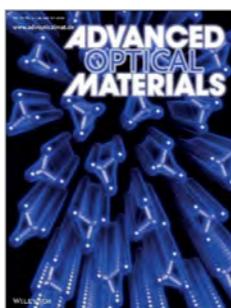
Yang, Y. ; Gao, P. ; Wang, J. ; Tu, Q. ; Bai, L. ;
 Xiong, K. ; Qiu, H. ; Zhao, X. ; Maitz, M.F. ; Wang, H. ;
 Li, X. ; Zhao, Q. ; Xiao, Y. ; Huang, N. ; Yang, Z. :
Endothelium-mimicking multifunctional coating modified cardiovascular stents via a stepwise metal-catechol-(amine) surface engineering strategy. -
Research (2020). - Article Number: 9203906



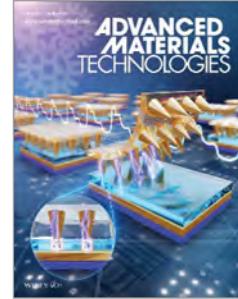
Yaremchuk, D. ; Toshchevikov, V. ; Ilnytskyi, J. ; Saphiannikova, M. :
Magnetic energy and a shape factor of magneto-sensitive elastomer beyond the point dipole approximation. -
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 513 (2020). - Article Number: 167069

Yazdaninia, A. ; Jafari, S.H. ; Ehsani, M. ;
Khajavi, R. ; Khonakdar, H. A. :

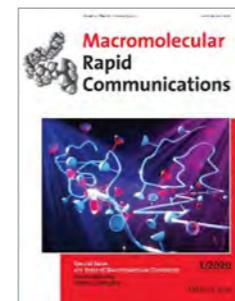
An assessment on the effect of trifluoropropyl-POSS and blend composition on morphological, thermal and thermomechanical properties of PLA/TPU. -
Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 139 (2020). -
S. 279-292



Zessin, J. ; Kiriy, A. ; Schnepf, M. J. ;
Oertel, U. ; Beryozkina, T. ;
König, T. ; Fery, A. ; Mertig, M. :
Remarkable mechanochromism in blends of a pi-conjugated polymer P3TEOT: The role of conformational transitions and aggregation. -
Advanced Optical Materials 8 (2020). -
Article Number: 1901410



Ye, C. ; Wang, J. ; Zhao, A. S. ; He, D. ;
Maitz, M.F. ; Zhou, N. ; Huang, N. :
Atorvastatin eluting coating for magnesium-based stents: Control of degradation and endothelialization in microfluidic assay and in vivo. -
Advanced Materials Technologies 5 (2020). - Article Number: 1900947



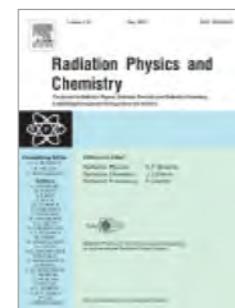
Zhang, K. ; Tkachov, R. ; Ditte, K. ;
Kiriy, N. ; Kiriy, A. ; Voit, B. :
AB- versus AA plus BB-Suzuki polycondensation: A palladium/tris(tert-butyl)phosphine catalyst can outperform conventional catalysts. -
Macromolecular Rapid Communications 41 (2020). -
Article Number: 1900521

Ye, J. ; Weichelt, R. ; Kemper, U. ; Gupta, V. ;
König, T. ; Eychmüller, A. ; Seidel, R. :
Casting of gold nanoparticles with high aspect ratios inside DNA molds. -
Small 16 (2020). - Article Number: 2003662

Yong, H. ; Merlitz, H. ; Fery, A. ; Sommer, J.-U. :
Polymer brushes and gels in competing solvents: The role of different interactions and quantitative predictions for poly(N-isopropylacrylamide) in alcohol-water mixtures. -
Macromolecules 53 (2020). - S. 2323-2335

You, J. ; Ye, Y. ; Cai, K. ; Zhou, D. ; Zhu, H. ; Wang, R. ; Zhang, Q. ;
Liu, H. ; Cai, Y. ; Lu, D. ; Kim, J.K. ; Gan, L. ; Zhai, T. ; Luo, Z.T. :
Enhancement of MoTe₂ near-infrared absorption with gold hollow nanorods for photodetection. -
Nano Research 13 (2020)6. - S. 1636-1643

Yu, Y. ; Schletz, D. ; Reif, J. ; Winkler, F. ;
Albert, M. ; Fery, A. ; Kirchner, R. :
Influences on plasmon resonance linewidth in metal-insulator-metal structures obtained via colloidal self-assembly. -
ACS Applied Materials & Interfaces 12 (2020)50. -
S. 56281-56289



Zschech, C. ; Pech, M. ;
Müller, M. T. ; Wiesner, S. ;
Wagenknecht, U. ; Gohs, U. :
Continuous electron-induced reactive processing -A sustainable reactive processing method for polymers. -
Radiation Physics and Chemistry 150 (2020). - Article Number: 108652 ■

Graduierungsarbeiten

Habilitationen

Dr. Tobias A. F. König
Functional optical surfaces by colloidal self-assembly:
Colloid-to-film coupled cavities and colloidal lattices
Technische Universität Dresden

Promotionen

Muhannad Al Aiti
On the morphology and structure formation of lignin-based carbon fibers
Technische Universität Dresden

Yannic Brasse
Coupled plasmonic nanostructures based on core-shell particles
Technische Universität Dresden

Eric Euchler
Charakterisierung des Deformations- und Versagensverhaltens von Elastomeren unter querdehnungsbehinderter Zugbelastung
Technische Universität Dresden

Markus Franke
Adaptive Spiegelschichten auf Basis metallisierter Silikongele
Technische Universität Dresden

Olga Grätz
Preparation and in-situ spectroscopic characterization of high-energy density lithium-sulphur batteries
Technische Universität Dresden

Vaibhav Gupta
Functional colloidal surface assemblies: Classical optics meets template-assisted self-assembly
Technische Universität Dresden

Yanuar Dwi Putra Limasale
Engineering the transport of signaling molecules in glycosaminoglycan-based hydrogels
Technische Universität Dresden

Claudia Marschelke
Stimuli-responsive hairy Janus particles: Synthesis and immobilization of enzymes for catalytic applications
Technische Universität Dresden

Mehdi Mostafaiyan

Flow field discontinuities in the numerical studies of micro- and macro mixing during polymer processing

Technische Universität Dresden

Jens Neubauer

Application and development of mechanosensitive polymer structures

Technische Universität Dresden

Franziska Obst

Enzyme immobilization in compartmentalized microfluidic devices for serial and parallel multi-enzymatic cascade reactions

Technische Universität Dresden

Laura Plüschke

Advanced structural characterization of dendritic polyethylene obtained from chain walking catalysis

Technische Universität Dresden

Max Schnepp

Coherent energy transfer between fluoropolymers and plasmonic nanostructures as a basis for colloidal metasurfaces

Technische Universität Dresden

Jonas Schubert

The physicochemical properties of protein-coated nanoparticles; implications for the environment

Technische Universität Dresden

Madeleine Schwarzer

Hairy hybrid Janus particles towards anti-icing functional surfaces

Technische Universität Dresden

Moritz Stuck

Neue hochtemperaturbeständige UP-Harze und Zähmodifizierer

Technische Universität Dresden

Enrico Wölfel

Fibre-matrix interaction in mineral-bonded composites under dynamic loading

Technische Universität Dresden

Diplom- und Masterarbeiten

Robert Backes

Ermüdungsversuche an Glasfaser-Polymer-Einzelfaserverbunden

Technische Universität Dresden

Nicolas Büchle

Verfahrensentwicklung für ein Skoliosekorsett auf Basis eines variabel axialen Faser-Kunststoff-Verbunds

Technische Universität Dresden

Sarkhan Butdayev

Glycosaminoglycan-based photo-crosslinkable hydrogel for 3D printing of cellular microenvironments

Technische Universität Dresden

Oliver Ditzer

Crosslinking of a donor-acceptor polymer with metal-phosphine complexes

Technische Universität Dresden

Sophie Gebauer

Untersuchung der Adsorptionseigenschaften von Pharmazeutika an melaminbasierten Harzpartikeln

Technische Universität Dresden

Aneka Gläntzer

Cryostructuring of extracellular matrix-mimicking hydrogels for biomedical applications

Technische Universität Dresden

Emilia Halisch

Adsorptionsuntersuchungen von Huminstoffen und den Oxyanionen Sulfat und Phosphat an porösen Partikeln

Technische Universität Dresden

Julian Heinrich

Monomer synthesis for oxidation responsive polyesters from radical ring-opening polymerization

Technische Universität Dresden

Alison Le

Enzymatisch spaltbare Mikrogele für die autoregulative Wirkstofffreisetzung - Synthese und Charakterisierung

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Dieter Longerich

Experimentelle Untersuchungen zur RTM-Infiltration von TFP-Strukturen

Technische Universität Dresden

Negin Namazian Jam

Development and characterization of a fluorescence-based assay to detect molecular transport above an artificial glomerular barrier

Technische Universität Dresden

Dan Pöhnagen

Erweiterung des J-Integrals auf dissipatives Materialverhalten zur numerischen Beanspruchungsanalyse von Rissen in Elastomeren

Technische Universität Dresden

Saskia Schenker

Untersuchungen zur Stabilität und Funktionalität modifizierter Ankerpolymere unter anwendungsorientierten Bedingungen

Technische Universität Dresden

Alexander Schmidt

Vollaromatische, thermotrope Copolyester/Lignin-Blends als neuartige Precursoren für Carbonfasern

Technische Universität Dresden

Simon Schubotz

Impact of co-nonsolvency effects on dynamic wetting

Technische Universität Dresden

Aleksey Tenyuta

Effective charge and molecular dynamics of different salts of cellulose sulfate acetate

Belarusian State University Minsk

Thomas Witzmann

Charakterisierung der Mechanik und Wechselwirkungen von einzelnen Mikroplastikpartikeln bei CP-AFM

Technische Universität Dresden

Bachelorarbeiten

Simone Arndt

Fluss-gestützte Angiogenese in Glykosaminoglykan (GAG)-basiertem SternPEG Hydrogelen

Staatliche Studienakademie Riesa

Poojesh Bertram-Mohammadi

VIS-Licht-Aktive Bismutoxyhalogenide-Nanopartikel: Funktionalisierung von carboxylierten Polyethersulfon-Membranen für die Anwendung im photokatalytischen Membranenreaktor

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jonas Brodzinski

Grenzflächencharakterisierung funktionaler polymerbasierter bioaktiver Partikel

Technische Universität Dresden

Annika Böhle

Abbau verschiedener Stärkevarianten unter superkritischen Bedingungen

Technische Universität Dresden

Kai Gossen

Funktionale polymerbasierte bioaktive Partikel: Grenzflächendesign

Technische Universität Dresden

Alexander Gündel

Herstellung und Untersuchung von Chitosan-basierten Beads zur Wasseraufbereitung

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Benjamin Köhler

The simulation of the synthesis of olympic gels through ring-opening polymerization

Technische Universität Dresden

Preise und Auszeichnungen

Prof. Dr. Brigitte Voit

PTN Medema Lecture Award

der Stiftung Polymer Technologie Nederland

Prof. Dr. Brigitte Voit [1]

Preis „Macher 30 – Ehrenpreis des Ostens“

in der Kategorie Wissenschaft

Dr. Tobias König [2]

Zsigmondy-Stipendium

der Deutschen Kolloid-Gesellschaft

Dr. Dieter Fischer, Dr. Josef Brandt,

Dr. Lars Bittrich, Dr. Franziska Fischer

und Julia Muche

Innovationspreis 2020 des IPF

für das Programm GEPARD

(GepardEnabledPARTicleDetection)

Dr. Andrea Käppler [3]

Doktorandenpreis 2020 des IPF

für ihre Dissertation „Charakterisierung von Mikroplastik in marinen Proben: Möglichkeiten und Grenzen der FTIR- und Raman-Spektroskopie“

Felix Conrad [4]

Professor-Franz-Brandstetter-Preis 2020

für seine Diplomarbeit „Herstellung von Multi-Matrix-Faserkunststoffverbunden (MM-FKV) und Analyse ihrer mechanischen Eigenschaften“

Ruchika Gahane [5]

Best Poster Award auf der DIATECH 2020

für das Poster “Functional Gold Nanoparticle based Lab-on-Chip Diagnostics”

IPF und Partner [6]

AVK Innovationspreis 2020

1. Platz Kategorie „Forschung und Wissenschaft“ für gemeinsame Forschungsarbeiten basierend auf der Dissertation von

Dr. Moritz Stuck „Neue hochtemperatur-

beständige UP-Harze und Zähmodifizierer“ verliehen an Fachhochschule Münster, Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik, BASF SE Global New Business Development, Leibniz-Institut für Polymerforschung e.V. und Saertex multicom GmbH

Prof. Carsten Werner [7]

Wahl in die

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech

Dr. Silvia Moreno Pinilla

aufgenommen in das

Mentoring-Programm der Leibniz-Gemeinschaft

für herausragende junge Forscherinnen

Philipp Johannes Vogl

Prof. Joehnk-Auszubildendenförderpreis

der Stiftung „Zukunft durch Bildung“

Andreas Schurig [8]

Jahrgangsbester

in der Ausbildung zum Chemielaboranten im Bereich der Industrie- und Handelskammer Dresden



Dieses Unternehmen ist:
2020
Ausgezeichneter
Ausbildungsbetrieb 2020 ■

Verliehen im Rahmen der Ehrung der besten
Prüfungsabsolventen im Jahr 2020.



Wissenschaftleraustausch

IPF-Fellows

Prof. Dr. Mahmoud Al-Hussein

University of Jordan, Department of Physics,
Jordanien

Prof. Dr. Leonid Ionov

Universität Bayreuth,
Fakultät für Ingenieurwissenschaften,
Bayreuth, Deutschland

Prof. Dr. Hossein Ali Khorakdar

Iran Polymer & Petrochemical Institute,
Tehran, Iran

Prof. Dr. Barbara Klajnert-Maculewicz

University of Lodz, Department of General Biophysics,
Lodz, Polen
bis November 2020

Dr. Igor Kulic

CNRS, Institut Charles Sadron, Strasbourg, Frankreich

Prof. Dr. Ivan Minev

The University of Sheffield,
Department of Automatic Control and Systems Engineering,
Sheffield, Großbritannien

Prof. Dr. Tilo Pompe

Universität Leipzig, Institut für Biochemie,
Leipzig, Deutschland

Prof. Dr. Matthias Schubert

University of Nebraska-Lincoln,
Nebraska Center for Materials and Nanoscience,
Lincoln, USA
bis Juni 2020

Prof. Dr. Philipp Seib

Strathclyde University,
Institute of Pharmacy and Biomedical Sciences,
Glasgow, Großbritannien
bis November 2020

Prof. Dr. De-Yi Wang

Madrid Institute for Advanced Studies of Materials,
Madrid, Spain
bis August 2020

Prof. Kim Williams

Colorado School of Mines, Department of Chemistry,
Golden, Colorado, USA

Gastwissenschaftler

(Auswahl)

Alexander-von-Humboldt-Stiftung-Stipendiaten

Dr. Quinn Alexander Besford

University of Melbourne, Australia
Investigation of co-nonsolvency effects in polymer coatings
01.09.2019 bis 31.08.2021

Dr. Soosang Chae

Korea Research Institution of Chemical Technology, South Korea
Nacre-inspired stretchable fibre electrodes
01.05.2018 bis 30.04.2021

Dr. Yue Li

Chinese Academy of Sciences,
Institute of Chemistry, Beijing, China
Bioinspired co-assembled microscopic hydrogel particles
as artificial photosystem via droplet microfluidics
28.10.2019 bis 28.02.2022

Sandra Arias Lopez

Humboldt Universität Berlin
Adhesion of artificial mussel-glue proteins
01.06.2020 bis 31.07.2020

Prof. Kinsuk Naskar

Indian Institute of Technology, Kharagpur, India
Characterization of novel thermoplastic
elastomers (TPEs) for automotive applications
18.05.2020 bis 15.06.2020

Dr. Charlene Ng

Commonwealth Scientific and Industrial
Research Organisation, Canberra, Australia
Enhanced hot carries extraction
by collective plasmonic resonances
30.10.2017 bis 31.01.2020

Dr. Meisam Shabinian

Standard Research Institute, Iran
Synthesis of a new series of partially hydrolyzed
polyacrylamides for improving shale stability
and thermal resistance of drilling mud
01.01.2020 bis 30.06.2021

Dr. Ziwei Zhou

Jilin University, China
Dynamically tunable chiral plasmonics
of strongly coupled 3D nano-enantiomers
01.03.2019 bis 28.02.2021

Liebig-Stipendium

Dr. Franziska Lissel

Stiftung des Verbandes der Chemischen Industrie e. V.
Organometallic donor-acceptor polymers
for (opto)electronic applications
01.04.2018 bis 31.03.2021

Po Yuen Ho

Synthesis and investigation
of ruthenium-based polymetallaynes
16.10.2019 bis 31.10.2021

Dr. Christian Rossner

Maßgeschneiderte Nanohybridmaterialien
für die plasmonenverstärkte Photokatalyse
01.12.2019 bis 30.11.2022

Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD)

Kedar Nath Dhakal

Tribhuvan University, India
Meltspun nanofibers based on biodegradable
poly(butylene adipate-co-terephthalate)/ multiwalled carbon
nanotubes nanocomposites for strain sensor application
01.10.2019 bis 30.09.2021

Dr. Tales Lisboa

PPGE3M, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil
Improving the crashworthiness of composite structures
produced by tailored reinforcements on filament
winding using variable-axis fiber design
01.06.2019 bis 31.05.2020

Subhradeep Mandal

Indian Institute of Technology, Kharagpur, India
Exploring oxygen-metal-complex network
formation in epoxidised natural rubber (ENR)
01.10.2019 bis 31.03.2020

Kajari Mazumder

Indian Institute of Technology,
Materials Science Centre, India
Preparation of functional polymers
and explore their applications
01.10.2019 bis 30.09.2021

Sanjay Pal

Indian Institute of Technology, Kharagpur, India
Formation of double network structure in maleic
anhydride grafted ethylene propylene (M-EPM) rubber:
Structure-processing-properties relationship study
01.10.2019 bis 31.03.2020

Maria Zhyhalo

National Academy of Sciences of Ukraine
Proton conductive polymer and organic-inorganic
membranes for fuel cell application
01.10.2019 bis 30.06.2020

Stipendium von China Scholarship Council (CSC) und DAAD

Dr. Cheng-Wu Li

Xiamen University, Department of Physics, China
Polyelectrolyte brushes in external fields
1.09.2019 bis 28.02.2021

Stipendium des chinesischen State Scholarship Funds vergeben über China Scholarship Council (CSC)

Xueyi Wang

Multicompartmentalized capsules for mimicking cell functions towards the establishment of differently responsive compartments in hollow capsules
21.10.2016 bis 31.12.2020

Yian Chen

Novel functional materials based on cellulose and graphene
07.10.2016 bis 31.03.2020

Yixuan Du

Shanghai University, China
Design of Janus structures for high-performance organic optoelectronic devices with plasmonic particles
14.11.2018 bis 30.09.2022

Chen Jiao

Hydrogels with non-linear and selective response on chemical information for
01.10.2019 bis 30.09.2023

Dr. Zhongzhu Li

Zhongyuan University of Technology, China
Polymer/carbon nanoparticle composites for thermoelectric applications
01.12.2020 bis 30.11.2021

Xinlei Tang

Multicomponent composites containing carbon nanoparticles
01.10.2016 bis 28.02.2021

Peng Wang

Non-covalent interactions for the fabrication of complex polyplexes for imaging study
11.10.2017 bis 31.12.2021

Ruosong Wang

Surface plasmon enhanced upconversion based on Ln-doped nanoparticles
01.11.2018 bis 30.09.2021

Ping Wen

Harbin Institute of Technology School of Chemistry and Chemical Engineering, China
Construction of hybrid multicompartment based on proteinosome and polymersome
01.03.2019 bis 31.03.2020

Xu Xiaoying

Donghua University, China
Artificial cell mimics based on polymersomes and multicompartment for capturing pathogens
01.10.2018 bis 31.03.2022

Kehu Zhang

Integrating attachable, self-sorting, multi-stimuli-responsive polymersomes for applications in microfluidic channels
01.10.2019 bis 31.03.2023

Kenan Zhang

Novel solution-processable semiconducting polymers for vertical transistors
01.09.2017 bis 31.08.2021

Zhi Qiao

Development of reactive polymer matrices for MALDI and MALDI MSI
01.02.2020 bis 31.01.2023

Stipendium der International Helmholtz Research School for Nanoelectronic Networks

Oumaima Aiboudi

Morocco, Africa
Azulene-based nanocars
07.05.2018 bis 31.12.2020

Stipendium des Science and Engineering Research Board (SERB), Indien

Sajan Singh

Indian Institute of Technology, Delhi, India
Multifunctional nano-objects via self-assembly of block copolymer for fluorescence resonance energy transfer studies
01.10.2019 bis 31.12.2020

Promotionsstipendienprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Piotr Jachimowicz

University of Warmia and Mazury, Olsztyn, Poland
The effectiveness of microplastic removal from wastewater in full-scale wastewater treatment plant operated in aerobic granular sludge technology
27.02.2020 bis 26.08.2020

Stipendium des Thailand Research Fund (TRF)

Kriegsank Damampai

Prince of Songkla University, Thailand
Influence of metal ions on coordination linkage of epoxidized natural rubber
01.10.2019 bis 31.03.2020

Gaststudenten am IPF (Auswahl)

Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD)

Narayanan Arivalagan

Indian Institute of Technology, Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Development of structurally tailored chalcogenide ornamented graphene and PVDF based thermoelectric nanocomposites
01.10.2020 bis 31.03.2021

Gaurav Gupta

Indian Institute of Technology, Delhi, India
Plasmonic colloid-to-film-coupled cavities for tailored light-matter interactions
01.10.2020 bis 31.03.2021

Muskan Kularia

Indian Institute of Technology, Delhi, India
Plasmonic nanoparticles self-assembly on a fiber end face
01.10.2019 bis 31.03.2020

Satish Kumar Singh

Indian Institute of Technology, Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Development of a new method based on the wetting concept for determination of the selective localization of a hybrid-filler system in binary rubber blends
01.10.2020 bis 31.03.2021

Durga Charan Mishra

Indian Institute of Technology, Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Role of advanced elastomer composite in the failure behavior under cyclic loading
14.10.2019 bis 31.03.2020

Veranstaltungen

Anu Muthukamatchi

Indian Institute of Technology,
Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Exploring oxygen-metal-complex network formation
in epoxidised natural rubber (ENR) based blends
01.10.2020 bis 31.03.2021

Jishnu Nirmala Suresh

Indian Institute of Technology,
Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Influence of functional fillers on actuation
behavior of dielectric elastomeric materials
01.10.2020 bis 31.03.2021

Darshak Pathiwada

Indian Institute of Technology, Delhi, India
Self-healable supramolecular acrylic elastomers
16.09.2019 bis 31.07.2020

Vignesh Pavunraj

Indian Institute of Technology,
Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Development of advanced elastomeric
composites from eco-friendly and renewable
sources exploring green technology
01.10.2019 bis 31.03.2020

Mahawat Singh Dalmiya

Indian Institute of Technology,
Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Parameterization of constitutive models
for elastomers considering hyperelasticity,
viscoelasticity and the Mullins effect
14.10.2019 bis 31.03.2020

Shubham Verma

Indian Institute of Technology,
Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Self-healing elastomer (SHE) via Ionic
modification of a commercially available rubber
01.10.2020 bis 31.03.2021

Maurya Vibhanshu

Indian Institute of Technology, Kharagpur, India
Effect of e-beam irradiation on crosslink density, physical,
chemical and mechanical properties of TPU blends
16.09.2019 bis 31.07.2020

ERASMUS-Stipendium

Aleksey Tenyuta

Belarusian State University, Minsk, Belarus
NMR investigations on cellulose sulfate acetate
17.02.2020 bis 17.06.2020

Francesco Zantedeschi

University of Padua, Italy
Quotation preparation via dropping microfluidic
07.09.2020 bis 23.12.2020

Aufenthalte von IPF-Mitarbeitern als Gastwissenschaftler im Ausland

Dr. Amit Das

University of Jadavpur, Physics Department, India
Development of MOF network in soft elastomer matrix
03.02 bis 28.02.2020 ■

2020 konnten wegen der Corona-Pandemie so gut wie keine Messen, Tagungen, Kolloquien und Veranstaltungen für die allgemeine Öffentlichkeit durchgeführt werden. Bereits vorbereitete Aktivitäten mussten abgesagt werden, und ab März wurden keine neuen Veranstaltungen geplant.

Wissenschaftliche Tagungen

Get together: Treffen Dresdner

Nachwuchswissenschaftler

6. bis 9. Oktober 2020 (unter Corona-Abstandsregeln)



Wissenschaftliche Kolloquien

Prof. Thomas Palberg

| 22. Januar 2020
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Role of pH in modular micro swimming

Kerstin Thiele

| 3. Februar 2020
Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse, Leuna
Synthese von biobasierten Epoxidharzsystemen und Gewinnung von Bio-Aromaten aus Lignin

Prof. Michael Ryan Hansen

| 27. Februar 2020
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
From molecules to polymers: Insights on molecular packing and conformation from solid-state NMR

Prof. Margaret Sobkowicz Kline

| 4. Februar 2020
University of Massachusetts, Lowell, USA
Reactive extrusion for mechano-chemical modification:
Applications in recycling and renewable polymers

Prof. Reinhard Lorenz

| 3. März 2020
Fachhochschule Münster
UP-Harze: Stand der Technik und neue Entwicklungen

Dr. Igor Kulic

| 27. August 2020
CNRS, ICS Strasbourg, Frankreich
How influenza's spike motor works

Messen

Tire Tech Expo, Hannover

Stand des IPF
25. bis 27. Februar 2020



Institutsführungen

je eine Schüler- und Studentengruppe

Ausstellungsbeteiligungen

Sächsische Landesausstellung und Kampagne „So geht sächsisch!“

Präsentation Muhammed Al Aiti:
Kohlenstofffasern aus nachwachsenden Rohstoffen
Zwickau, 11. Juli bis 31. Dezember 2020

DRESDEN-concept Wissenschaftsausstellung „Wie werden wir in Zukunft leben?“

Altmarkt Dresden, 10. bis 31. Oktober 2020



Lehrtätigkeit

Professuren von IPF-Mitarbeitern

Technische Universität Dresden

Bereich Mathematik und Naturwissenschaften,
Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie

Prof. Dr. Brigitte Voit –
Professur für Organische Chemie der Polymere
Prof. Dr. Andreas Fery –
Professur für Physikalische Chemie Polymerer Materialien
Prof. Dr. Carsten Werner –
Professur für Biofunktionelle Polymermaterialien

Bereich Mathematik und Naturwissenschaften,
Fakultät Physik

Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer –
Professur für Theorie der Polymere

Bereich Ingenieurwissenschaften,
Fakultät Maschinenwesen

Prof. Dr.-Ing. Markus Stommel –
Professur für Polymerwerkstoffe
Prof. Dr.-Ing. Sven Wiesner –
Professur für Elastomere Werkstoffe

Zentrale Wissenschaftliche Einheit ‘Center for
Molecular and Cellular Bioengineering (CMCB)’
Prof. Dr. Carsten Werner

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme
Prof. Dr.-Ing. Udo Wagenknecht –
Honorarprofessur für Kunststofftechnik

University of Toronto, Kanada

Institute of Biomaterials and Biomedical Engineering
Prof. Dr. Carsten Werner –
Adjunct Professor

University of Nebraska-Lincoln, USA

Department of Chemistry
Dr. Petra Uhlmann –
Adjunct Professor

Stellenbosch University, Südafrika

Department of Chemistry and Polymer Science
Prof. Dr. Albena Lederer –
SASOL Chair in Analytical Polymer Science

Technische Universität Wrocław, Polen

Fakultät Chemie
Dr. Adam Kiersnowski –
Associate Professor

Bereich Ingenieurwissenschaften

PD Dr. Marina Grenzer – Privatdozentur
für Rheologie komplexer Fluide,
PD Dr. Hans-Georg Braun – Privatdozentur
für Werkstoffwissenschaften,
Dr.-Ing. Ines Kühnert – Lehrauftrag
in der Fakultät Maschinenwesen,
Dr. Andreas Leuteritz – Lehrauftrag
in der Fakultät Maschinenwesen.

Bereich Ingenieurwissenschaften (fakultätenübergreifend)

Graduiertenkolleg 2430
„Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“
PD Dr. Marina Grenzer
Dr.-Ing. Sven Wiesner

Graduiertenkolleg 1865

„Hydrogel-basierte Mikrosysteme“
Prof. Dr. Brigitte Voit
Dr. Dietmar Appelhans
Dr. Jens Gaitzsch

Graduiertenkolleg 2250

„Impaktsicherheit von Baukonstruktionen
durch mineralisch gebundene Komposite“
Dr. Christina Scheffler

Bereich Bau und Umwelt

Dr. Christina Scheffler – TUD Young Investigator
in der Fakultät Bauingenieurwesen

Zentrale Wissenschaftliche Einheit 'Center for Molecular and Cellular Bioengineering (CMCB)'

PD Dr. Hans-Georg Braun – Lecturer
Dr. Julian Thiele – Lecturer

Dresden International Graduate School for Biomedicine and Bioengineering

Prof. Dr. Carsten Werner
Prof. Dr. Brigitte Voit

Center for Advancing Electronics Dresden cfaed (mit integrierter Graduate School)

Prof. Dr. Brigitte Voit
Prof. Dr. Andreas Fery
Dr. Tobias A. F. König
Dr. Franziska Lissel

International Helmholtz Graduate School NanoNet

Prof. D. Brigitte Voit
Dr. Franziska Lissel

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät
Institut für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie
Dr. Franziska Lissel, Vertretungsprofessor
„Funktionale Farbstoffe, Marker und molekulare Sensoren“

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Fakultät Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme
Dr.-Ing. Ines Kühnert – Lehraufträge
„Verarbeitungsbedingte Materialstrukturen“ und
„Aufbau und Materialverhalten der Kunststoffe“

Fakultät Umwelt und Naturwissenschaften

Dr. Jens Gaitzsch – Lehrauftrag „Polymerchemie“
im B.Sc. Studiengang Materialchemie

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Fakultät Design
Dr. Axel Spickenheuer – Lehrauftrag
„Material und Verfahren, Einsatz von Methoden
der Finite Elemente Analyse (FEA) für das Produktdesign“

Indian Institute of Sciences, Indien

Center of Nanoscience and Engineering, Bangalore
PD Dr. Hans-Georg Braun – DAAD Visiting Professor,
Lecture Series on Soft Matter Engineering

Weitere Lehraufträge von IPF-Mitarbeitern

Technische Universität Dresden

Bereich Mathematik
und Naturwissenschaften

Dr. Franziska Lissel – TUD Young Investigator
in der Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie
Dr. Tobias A. F. König - TUD Young Investigator
in der Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie
Dr. Julian Thiele - TUD Young Investigator
in der Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie
Dr. Abhinav Sharma – TUD Young Investigator
in der Fakultät Physik

PD Dr. Doris Pospiech - Privatdozentur
im Gebiet Makromolekulare Chemie
PD Dr. Martin Müller - Privatdozentur
im Gebiet Makromolekulare Chemie
Prof. Dr. Albena Lederer - Privatdozentur
im Gebiet Physikalische Chemie
PD Dr. Alla Synytska - Privatdozentur
im Gebiet Physikalische Chemie

**Southwest Jiaotong University (SWJTU)
in Chengdu, China**
School of Materials Science and Engineering
Dr. Manfred Maitz – Gastprofessur

Sorbonne Universite in Paris, Frankreich
LabEx Matisse
Dr. Ulrich Scheler – Gastprofessur

Berufsausbildung

In Kooperation mit Partnern ist das Institut in der Berufsausbildung aktiv.

Gemeinsam mit dem Berufsschulzentrum Meißen-Radebeul und der Sächsischen Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden werden Chemielaboranten ausgebildet. 2020 befanden sich 4 Auszubildende am IPF in der Ausbildung zum Chemielaboranten.

Bei der Ausbildung von Berufskademiestudenten zum B.Sc. Biotechnologie kooperiert das Institut mit der Berufskademie Sachsen in Riesa. 2020 war das IPF für 12 Berufskademiestudenten Praxispartner bzw. Ausbildungsunternehmen.
In der Ausbildung zum Verfahrensmechaniker, die in Kooperation mit MEA – Metall- und Elektroausbildung GmbH Kesselsdorf erfolgt, wurden 2020 am IPF zwei Auszubildende betreut. ■

Impressum

Herausgeber

Der Vorstand des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e. V.
Prof. Dr. Brigitte Voit, Wissenschaftliche Direktorin
Dr. Lilla Farkas, Kaufmännische Direktorin

Anschrift

Postfach 120411, 01005 Dresden
Telefon +49 351 4658-0
Telefax +49 351 4658-284
Internet www.ipfdd.de
Email ipf@ipfdd.de

Redaktion

Kerstin Wustrack, Lilja Kusnez

Layout und Satz

Judith Nelke

Druck

Druckerei Thieme Meißen GmbH,
www.druckereithieme.de

Bildnachweis

Titel Jörg Simanowski;
Seite 4 (li.) Jörg Simanowski, (re.) IPF, Nicolas Dennison;
Seite 5 (li.) Jürgen Lösel, (re.) Sven Döring;
Seite 6/7 Jörg Simanowski;
Seite 12-15 Jörg Simanowski;
Seite 40 IPF, Nicolas Dennison;
Seite 41 Jörg Simanowski;
Seite 60 Jürgen Lösel;
Seite 61 Jörg Simanowski;
Seite 72 Sven Döring;
Seite 73 Jörg Simanowski;
Seite 126 [1] privat, [2] Jörg Simanowski, [3] Andrea Käppler, [4] Felix Conrad;
Seite 127 [5] Twitter/ DIATECH 2020, [6] Moritz Stuck, [7] Jörg Simanowski, [8] Anja Caspari;
Seite 129 (oben) Dana Schwarz, (Mitte) Klaus-Werner Stöcklhuber, (unten) Kerstin Wustrack.

Redaktionsschluss

8. März 2021

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige Verwendung sind nur nach vorheriger Absprache mit dem Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. gestattet.



Das IPF wird gemeinsam durch Bund und Länder gefördert.
Das Institut wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtags beschlossenen Haushalts.