

Jahresbericht 2018

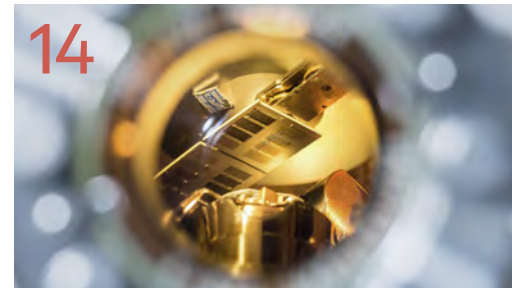


Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.

Jahresbericht 2018

Funktionale nanostrukturierte Grenzflächen und Polymersysteme

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



- 16 Ein neues Kapitel für die molekulare Mikroskopie: Polymere Matrizen für MALDI Imaging
- 18 Comprehensive analysis of polymersome loading properties by asymmetrical flow field-flow fractionation
- 20 Cellulose/reduced graphene oxide composites for multiple sensing applications
- 22 Automatisierte Mikroplastik-Analytik mittels optischer Partikelerkennung und Raman-Mikroskopie
- 24 Fabrication of porous cathodes with tunable porosity by polymer template approach for Li-S batteries
- 26 Kolloidale Selbstorganisationskonzepte für den Schritt vom Nanopartikel zur Funktionellen Struktur
- 28 Gating behavior of polymer brush decorated nanochannels

Inhalt

Biologie-inspirierte Grenzflächen- und Materialgestaltung

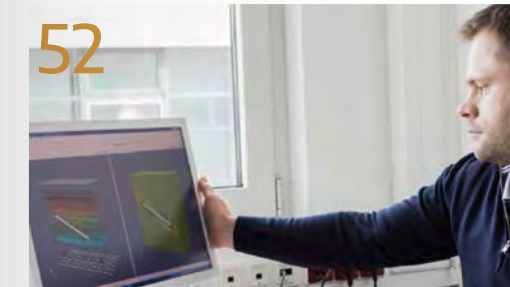


- 32 Fast and facile preparation of biopassive nonfouling coatings
- 34 Biorelated polyelectrolyte coatings studied by *in situ* attenuated total reflection-fourier transform infrared spectroscopy: Deposition concepts, wet adhesiveness, and biomedical applications
- 36 Exploring the astringent stimulation of the tooth-saliva interphase
- 38 Immunomodulatory polymer coatings
- 40 Glycosaminoglycan-based biohybrid hydrogels with variable sulfation patterns
- 42 Mimicking breast cancer to bone metastasis *in vitro* using biphasic hydrogel-cryogels
- 44 Oxygen producing microscale spheres to trigger cell survival upon transplantation
- 46 Unraveling the regulation of neural stem cell plasticity in three-dimensional cultures
- 48 Formation of pores in lipid bilayer membranes by peptide-like amphiphilic polymers
- 50 Computer simulations of bio-engineered polymer surfaces for enhanced cell-material interactions

Prozessgeführte Strukturbildung polymerer Materialien



Polymere Netzwerke und übermolekulare Strukturen



- 54 Multi-sensitive Hydrogele mit reversibel schaltbarer Netzwerkstruktur für sensorische und mikrofluidische Anwendungen
- 56 Polymernetzwerke für Dentalanwendungen
- 58 Selbstheilende Elastomerkomposite auf Basis von ionisch modifiziertem Brombutylkautschuk
- 60 Efficient flexible strain sensors based on functional elastomeric composites
- 62 Elastomer-Textil-Verbunde auf Basis von Hybridgarnen mit einstellbarem bimodularen Verformungsverhalten
- 64 Bildung und Wachstum von Kavitäten in Elastomeren infolge querdehnungs-behinderter Zugdeformation
- 66 Testing the physics of knotting with a Feringa nanoengine

- 70 Entwicklung eines sensorischen Klebstoffes zur Schadensdetektion im konstruktiven Glasbau – SENSOTEK
- 72 Umweltfreundliche und substratunabhängige Metallisierung von Kunststoffen
- 74 Material- und Prozesskettenentwicklung für stoffschlüssige Metall-Kunststoff-Verbunde
- 76 Temperatur- und alkalistabile Anionenaustauschermaterialien basierend auf N-spirocyclischen Ammoniumsalzen
- 78 Nanostrukturierte Glasfaser für den Einsatz im Structural-Health-Monitoring
- 80 Tailored Fibre Placement in thermoplastic composites (TailComp)
- 82 Strukturuntersuchungen an Kohlenstofffasern – Schlüssel zum Verständnis für die Verbesserung ihrer mechanischen Eigenschaften
- 84 Maximizing the translaminal fracture toughness with a variable-axial reinforcement design
- 86 Orientation approach to directional photodeformations in azobenzene polymers
- 88 Particle transport using activity travel waves

- 90 Ergebnisse in Zahlen
- 91 Publikationen
- 120 Abgeschlossene Habilitationen und Promotionen
- 122 Preise und Auszeichnungen
- 124 Wissenschaftleraustausch
- 129 Wissenschaftliche Veranstaltungen
- 130 Wissenschaftliche Kolloquien (öffentlich)
- 135 Messen, Präsentationen, Ausstellungen
- 137 Lehrtätigkeit
- 140 Impressum

Vorwort Preface



**Liebe Leser,
liebe Mitarbeiter,
Partner, Freunde und Förderer,**

Wir freuen uns, Ihnen den Jahresbericht 2018 des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e. V. vorlegen zu können.

Regelmäßigen Lesern unserer Jahresberichte wird sicher zuerst das neue Aussehen der Publikation ins Auge springen. Im Jahre 2018 hat das IPF sein Corporate Design erneuert: Ein neues Institutslogo und neue, einheitliche Gestaltungsvorschriften für alle Präsentationen und Materialien zur Außendarstellung tragen der Entwicklung des IPF Rechnung. Das neue Erscheinungsbild unterstützt visuell die Wahrnehmung als modernes und erfolgreiches Polymerforschungsinstitut im Umfeld führender nationaler und internationaler Forschungseinrichtungen, mit denen es auf polymer- und lebenswissenschaftlichem Gebiet in zahlreichen Projekten und Netzwerken kooperiert, aber auch im Wettbewerb um Ideen, Anerkennung, Fördermittel und hoch qualifizierte Fachkräfte steht.

Bezüglich Inhalten und Strukturierung des Jahresberichts wurden nur kleinere Veränderungen vorgenommen. Konkrete Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit finden Sie wie gewohnt in Form von Kurzberichten zu ausgewählten Forschungsprojekten, gegliedert nach den vier strategischen Themen, die von Wissenschaftlern der fünf Institute des IPF zumeist übergreifend bearbeitet werden. Eine Einführung zu den farbig voneinander abgesetzten Kapiteln der strategischen Themen gibt aus Sicht von deren Sprechern eine kurze Übersicht über neue oder hervorhebenswerte Ansätze und Ergebnisse der fachlichen Arbeit. Komplettiert wird die Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse weiterhin durch Listen aller Veröffentlichungen in Fachzeitschriften sowie aller am Institut betreuten Promotionsarbeiten.

Die umfangreichen Angaben zu Struktur, Gremien, Personal und Finanzen sowie die Fakten zu

**Dear readers, dear employees,
partners, friends and supporters,**

We are pleased to present the 2018 annual report of the Leibniz Institute for Polymer Research Dresden e. V. Regular readers of our annual reports will surely notice the new look of the publication. In 2018, the IPF renewed its corporate design: A new institute logo and new, uniform design guidelines for all presentations and materials for external presentation shall give an adequate impression of what the IPF is today. The new image visually supports the perception as a modern and successful polymer research institute which forms part of the international scientific community, cooperating with leading national and international research institutions in numerous projects and networks, but also competing with them for ideas, recognition, funding and highly qualified professionals.

Regarding contents and structuring of the annual report only minor changes were made. Results of the scientific work can be found as usual in the form of short reports on selected research projects. The reports are classified in chapters according to the strategic topics that are addressed by scientists of the five institutes of the IPF in close cooperation.

Each of the four chapters, which are marked with different colours, has an introduction by the according spokespersons giving a short overview and outlining remarkable approaches, achievements and activities in the field.

The presentation of scientific results will be supplemented by lists of all publications in journals as well as the PhD thesis supervised at the institute. The extensive information on structure, bodies, personnel and finances as well as the facts concerning awards, guests, events, presentations and teaching activities are complemented by an overview page with highlights from all areas, which allows a quick overview of special events and activities in the past year.

We wish you a stimulating read and look forward to your feedback and suggestions for the annual report. We sincerely thank our supporters and partners for the good cooperation in 2018! ■

Prof. Dr. Brigitte Voit and Achim von Dungen,
Board of the IPF

Auszeichnungen, Gästen, diversen Veranstaltungen und Präsentationen sowie Lehrtätigkeit werden ergänzt durch eine Übersichtsseite mit Schlaglichtern aus allen Bereichen, die einen schnellen Überblick über besondere Ereignisse und Aktivitäten im vergangenen Jahr erlauben soll.

Wir wünschen Ihnen eine inspirierende Lektüre und freuen uns auch auf Ihre Rückmeldungen und Anregungen zum Jahresbericht.

Unseren Zuwendungsgebern, Förderern und Kooperationspartnern danken wir sehr herzlich für die gute Kooperation im Jahr 2018! ■

Prof. Dr. Brigitte Voit und Achim von Dungen
Vorstand des IPF



- Hermann-Staudinger-Preis der Gesellschaft Deutscher Chemiker für Frau Professor Dr. Brigitte Voit
Hermann Staudinger Prize of the German Chemical Society awarded to Professor Dr. Brigitte Voit
(» Seite / page 122)

Deutsche Forschungsgemeinschaft bewilligt neues Graduiertenkolleg 2430 Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde an der TU Dresden;
zwei Teilprojektleiter aus dem IPF
New Graduate School 2430 Interactive Fibre Elastomer Composites approved by the DFG;
two projects supervised by IPF researchers

- Breite Medienresonanz u. a. Deutschlandfunk / Forschung aktuell, für IPF-Publikation zu C-Fasern aus nachwachsenden Rohstoffen
(M. Al Aiti, D. Fischer, H. Brünig, G. Heinrich: doi.org/10.1016/j.pmatsci.2018.07.004)
Great media echo for IPF publication on lignin-based carbon fibres or carbon fibres made from renewable resources
(» Seite / page 82)



Schlaglichter Highlights

- Exzellenzstrategie: Bewilligung von drei Exzellenzclusteranträgen der Technischen Universität Dresden, darunter das Cluster Physik des Lebens mit IPF-Beteiligung
Excellence strategy: Approval of three excellence cluster applications of the Technische Universität Dresden, among them the cluster Physics of Life with the IPF as a partner

- Förderatlas der DFG zeigt IPF auf hervorragenden Positionen im Ranking der Drittmittelerwerbung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen 2014–2016 (u. a. Platz 2 im Bereich Chemie)
Funding atlas of the DFG shows excellent position of the IPF in the ranking of German research institutes with regard to acquisition of third party funding in the years 2014 to 2016 (e.g. rank 2 in the field of chemistry)

- IPF erhält von der Industrie- und Handelskammer Dresden zum dritten Mal in Folge den Titel „Ausgezeichneter Ausbildungsbetrieb“
Award for excellent professional education conferred to the IPF by the Chamber of Industry and Commerce Dresden for the third time in a row
(» Seite / page 123 & 139)

- Neuer IPF Fellow ernannt: Dr. Igor Kulić, CNRS / ICS Strasbourg, Frankreich
New IPF Fellow appointed: Dr. Igor Kulic, CNRS / ICS Strasbourg, France
(» Seite / page 124)



- Über 20 offene Labor und Technika und rund 1000 Besucher am IPF zur Dresdner Langen Nacht der Wissenschaften
More than 20 open labs and pilot plants at the IPF attract about 1000 visitors during the Dresden Science Night
(» Seite / page 135)

- Richtfest für das neue Gebäude des Instituts
Roofing ceremony for the new building of the institute

- EXIST Gründerstipendium für Ausgründungsprojekt „Better Basics Laborbedarf“; Firmengründung für 2019 geplant
EXIST grant for spin-off project “Better Basics Laborbedarf” (development and production of smart innovative basic laboratory equipment), currently final product development stage of initial product offering, official company foundation planned for 2019

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 bis zum 30.11.2018 zehn stimmberechtigte Mitglieder, ab dem 1.12.2018 zwölf stimmberechtigte Mitglieder an. Der Freistaat Sachsen ist als juristische Person Mitglied des Vereins.

Das **Kuratorium** hatte 2018 folgende Mitglieder:

- Freistaat Sachsen – vertreten durch das Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, vertreten durch Ministerialrat Christoph Meier, 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 **Kaufmännischer Direktor**: Achim von Dungern

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, Helmholtz-Zentrum 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 Lutolf, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Schweiz,
- Prof. Dr. Wolfgang Paul, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
- Dr. Jens Rieger, BASF SE, Ludwigshafen,
- Rektorin Univ.-Prof. Dr. Sabine Seidler, Technische Universität Wien, Österreich (bis 08/2018),
- Dr. Georges Thielen, Goodyear Innovation Center, Luxemburg,
- Dr. Matthias Ullrich, Evonik Resource Efficiency GmbH, Marl,
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthias Wessling, RTWH Aachen (ab 09/2018).

Weitere **Gremien am Institut** sind Kollegium und Wissenschaftlich-Technischer Rat. Das Kollegium, das durch die Leiter der fünf IPF-Institute gebildet wird, wirkt mit bei der Forschungsplanung, berät und unterstützt den Vorstand bei Aufstellung, Vollzug und wissenschaftlichem Controlling der 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 und Finanzen

Mitarbeiter nach Finanzierung in Prozent

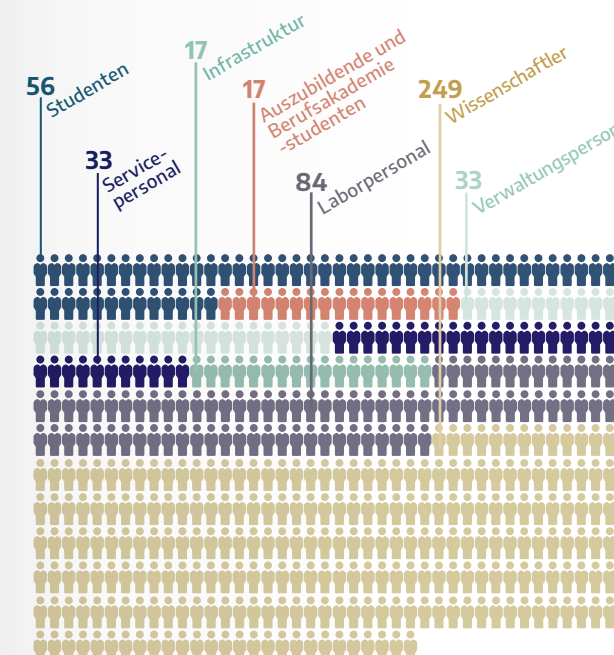


Personal

Im Institut arbeiteten zum 31.12.2018 489 Mitarbeiter; davon waren 249 Wissenschaftler. Zum Stichtag am Jahresende verzeichnet die Statistik 102 Doktoranden und 30 Postdoktoranden. 349 Mitarbeiter wurden aus institutionellen Mitteln und 140 Mitarbeiter aus Drittmitteln finanziert. Der Anteil weiblicher Mitarbeiter lag bei 45 % aller Beschäftigten, der von Beschäftigten mit ausländischer Staatsangehörigkeit bei 20 %. Über das Jahr waren insgesamt 206 Gastwissenschaftler und -studenten für kürzere (57) oder längere (149) Zeiträume* im Rahmen von Gastaufenthalten am IPF tätig. Außerdem beschäftigte das Institut im Jahr 2018 insgesamt 126 studentische Hilfskräfte und Praktikanten. Zum Stichtag 31.12.2018 hatten 17 Auszubildende einen Ausbildungsvertrag mit dem Institut: 8 Chemielaboranten und 9 Biotechnikstudenten. Das Institut ist nach dem audit berufundfamilie als familienfreundliche Einrichtung zertifiziert.

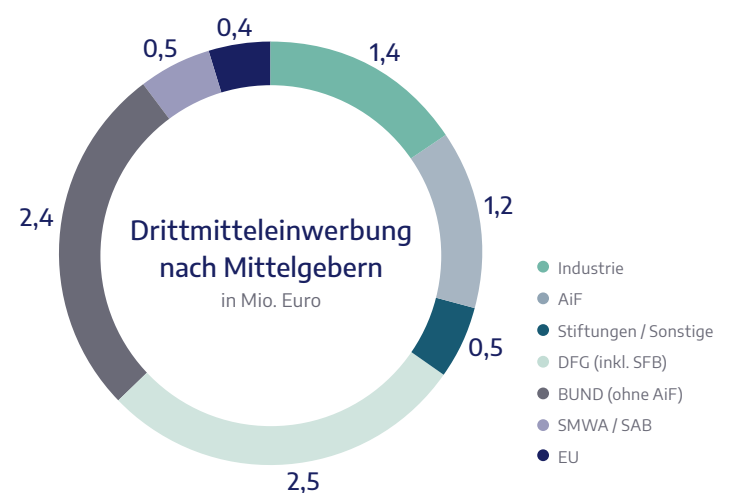
* kleiner/größer drei Monate

Mitarbeiter nach Beschäftigungsgruppen



Finanzen

Im Haushaltsjahr 2018 erhielt das IPF für laufende Maßnahmen eine institutionelle Förderung in Höhe von 26,1 Mio. EUR. Diese Mittel wurden zu 49 % für Personal, zu 29 % für sächliche Verwaltungsausgaben und zu 22 % für Investitionen verwendet. Außerdem wurden dem IPF für 2018 finanzielle Mittel in Höhe von 2,2 Mio. EUR für die Baumaßnahme Neubau Bürogebäude Kaitzer Straße bewilligt.



Aus öffentlich geförderten Projekten und Industrieverträgen im Drittmittelbereich konnten 8,9 Mio. EUR eingeworben werden. Damit erreichten die Drittmittel einen Anteil von 27,5 % am Gesamtetat. 7,5 Mio. EUR der eingeworbenen Mittel entstammen öffentlich geförderten Projekten der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Europäischen Union, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und weiterer Bundesministerien, des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen der VolkswagenStiftung, der Alexander von Humboldt-Stiftung oder des Deutschen Akademischen Austauschdienstes. Über direkte Kooperationen mit der Industrie wurden 1,4 Mio. EUR eingenommen. Darüber hinaus stand für das Haushaltsjahr 2018 eine zweckgebundene Zuwendung zur Förderung der Beschäftigung von Flüchtlingen in Höhe von 22,1 Tausend Euro zur Verfügung. ■

Organigramm

Stand: 31.12.2018

MITGLIEDERVERSAMMLUNG

KURATORIUM

WISSENSCHAFTLICHER
BEIRAT

VORSTAND

Wissenschaftliche Direktorin

Prof. Dr. Brigitte Voit

Kaufmännischer Direktor

Achim von Dungen



Prof. Dr. Brigitte Voit

Institut
Makromolekulare
Chemie

Abteilung
Polymerstrukturen
Dr. Anton Kiri

Abteilung
Bioaktive und
responsive Polymere
Dr. Dietmar Appelhaus

Abteilung
Funktionale
Nanokomposite
und Blends
Dr. Petra Pötschke

Abteilung
Analytik
Dr. Klaus-Jochen Eichhorn



Prof. Dr. Andreas Fery

Institut
Physikalische Chemie
und Physik der Polymere

Abteilung
Polymergrenzflächen
PD Dr. Alla Synytska

Abteilung
Polyelektrolyte
und Dispersionen
Dr. Ulrich Scheler

Abteilung
Nanostrukturierte
Materialien
Dr. Petra Uhlmann



Prof. Dr. Udo Wagenknecht
(kommissarisch)

Institut
Polymerwerkstoffe

Abteilung
Verarbeitungsprozesse
Dr. Ines Kühnert

Abteilung
Reaktive Verarbeitung
Prof. Dr. Udo Wagenknecht

Abteilung
Mechanik und
Verbundwerkstoffe
Dr. Konrad Schneider

Abteilung
Elastomere
Dr. Sven Wießner
(kommissarisch)

LEITUNGSSTAB

Forschungsplanung /
-koordinierung

Antonio Reguero

Öffentlichkeitsarbeit

Kerstin Wustrack



Prof. Dr. Carsten Werner

Institut
Biofunktionelle
Polymermaterialien

Ladung, Struktur
und Adhäsion an
Biogrenzflächen
Dr. Ralf Zimmermann

Hämokompatible
Oberflächen
Dr. Claudia Sperling

Matrix Engineering
Dr. Uwe Freudenberg



Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer

Institut
Theorie der Polymere

Theoretische
Polymerphysik
Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer

Materialtheorie und
Modellierung
PD Dr. Marina Grenzer



Dr. Michael Wilms

Bereich
Forschungstechnik

Geräteentwicklung
und Konstruktion
Dr. Michael Wilms

Gerätebau und
Werkstattservice
Dirk Zimmerhäckel



Achim von Dungen

Verwaltung und
Technische Dienste

Finanzen und Controlling
Dr. Kathrin Imberger

Personal und Soziales
Susanne Otto

Beschaffung und
Allgemeine Dienste
Kerstin Nitsche

Bibliothek
Ursula Umlauf

Labor- und
Anlagentechnische
Gebäudeausrüstung
Falk Wünsche

Informationstechnik
Ulrich Seltmann

Funktionale nanostrukturierte Grenzflächen und Polymersysteme



Prof. Dr. Brigitte Voit Prof. Dr. Andreas Fery Prof. Dr. Carsten Werner

In ST1 fokussieren die Arbeiten auf die Realisierung von funktionalen Polymeren und Nanohybridstrukturen und deren Integration in Anwendungen und Systeme.

Grundvoraussetzung sind effektive Synthesemethoden zum Design strukturell definierter Polymerarchitekturen. Hier konnte eine Form der kontrollierten radikalischen Polymerisation (SET-LRP) so optimiert werden, dass bei hoher Kontrolle in nur 15 Minuten 100 % Umsatz erzielt wird und funktionale Tri-Blockcopolymere ohne Zwischenaufreinigung im Eintopfverfahren auf Silikapartikel erzeugt werden können, die zu dual-responsiven Nanoreaktoren überführt wurden (*Macromolecules* 51 (2018) 1011-1019; *JACS* 140 (2018) 16106-16114). Glyco-Pseudodendrimere auf Polyesterbasis konnten synthetisch erschlossen werden (*Macromol. Rapid Commun.* 39 (2018) 1800364) und konjugierte Polymere wurden erstmalig erfolgreich als dual-mode MALDI-TOF Matrices eingesetzt (*JACS* 140 (2018) 11416-11423).

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf Polymer-Nanopartikel-Hybridstrukturen mit Anwendungen in Sensorik und Informationstechnologie: Nasschemische Synthese erlaubt exakte Kontrolle der Form und Größe metallischer Nanopartikel (*Small* 14 (2018) 1703879) und damit ihrer plasmonischen Eigenschaften (*Nature Comm.* 9 (2018) 4207; *Nano Letters* 18 (2018) 5576-5582). Somit können Einzelpartikeleigenschaften wie Phasentransferverhalten (*Chem. Mater.* 30 (2018) 6717-6727) oder Photoakustik (*Adv. Funct. Mater.* 28 (2018) 1705607) eingestellt werden, die Assemblierung der Partikel in supra-kolloidale Strukturen wie Partikelketten mit

plasmonischen Wellenleitereigenschaften wird möglich (*Nano Letters* 18 (2018) 7323-7329) und Partikel können sogar großflächig so angeordnet werden, dass emergente optische Eigenschaften wie magnetische Resonanzen auftreten (*ACS Appl. Mater. Interfaces* 10 (2018) 3133-3141). *Smart Systems* war auch das Thema des IPF Kolloquium 2018 mit exzellenten internationalen Vortragenden.

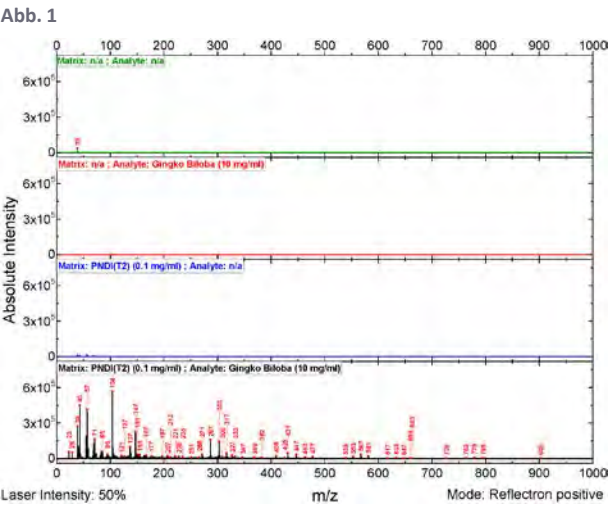
Auch die Nachhaltigkeit spielt bei der Entwicklung von neuen Funktionsmaterialien eine große Rolle. So wurden Cellulose-Graphen-Komposite mittels *in situ* chemischer Reduktion von Graphenoxid für verschiedene Sensoranwendungen erschlossen. (*J. Mater. Chem. A* 6 (2018) 7777-7785), Phosphorhaltige Flammenschutzmittel konnten für biobasierte Polyester entwickelt werden (*Macromol. Mat. Engin.* 303 (2018) 1700512), und erstmalig konnten Polyester-Lignin-Blends zu Kohlenstoffaservorläuferfäden aus der Schmelze versponnen werden. Die Problematik der Mikroplastik wird in einem EU Projekt, drei BMBF Projekten, und in Zukunft in einem SFB zusammen mit der Universität Bayreuth angegangen.

Zu erwähnen ist auch, dass die Nachwuchswissenschaftlerin Frau Dr. Lissel ein Liebig-Stipendium eingeworben hat und zum Young Investigator der TU Dresden ernannt wurde. Frau Dr. Pötschke wurde von der Mahatma Gandhi University in Kottayam, Indien, der Titel Nanochair Visiting Professor verliehen. Dr. Erdmann hat sowohl den IPF Doktorandenpreis als auch den Exzellenz-Award der Stadt Dresden für seine Doktorarbeit auf dem Gebiet der organischen Elektronik verliehen bekommen. ■

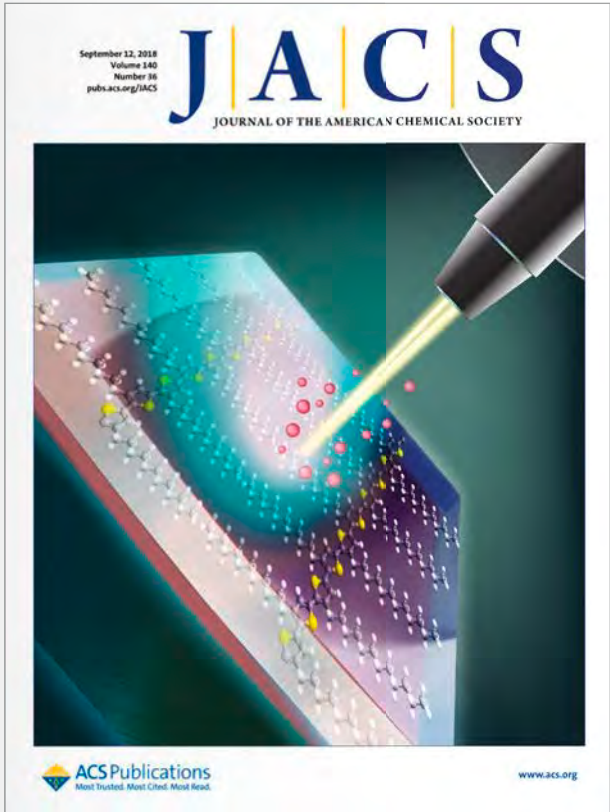
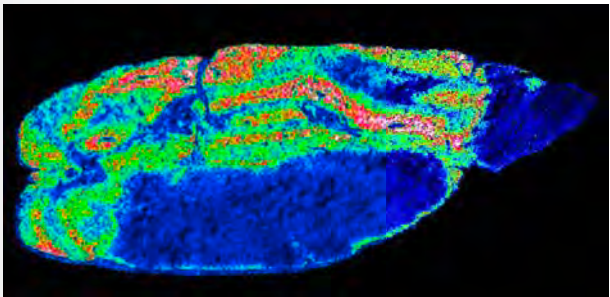
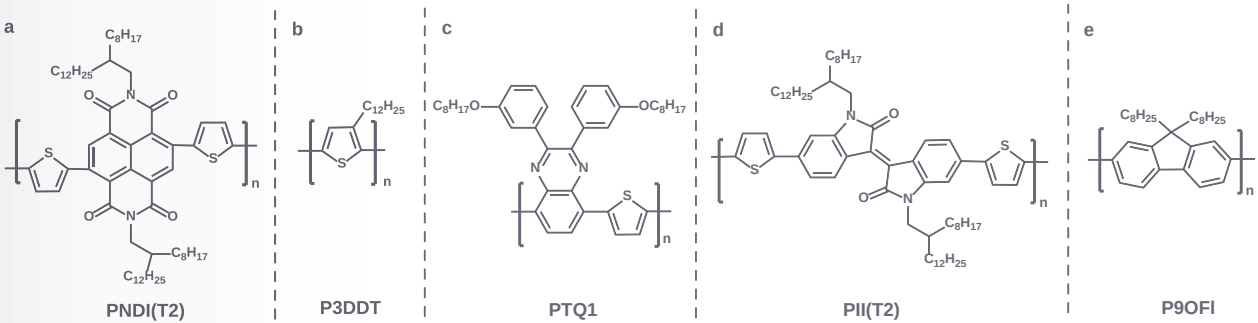
Ein neues Kapitel für die molekulare Mikroskopie: Polymere Matrizen für MALDI Imaging

Kilian Horatz, Yevhen Karpov, Karin Sahre, Anton Kiri, Brigitte Voit, Franziska Lissel

Die molekulare Masse ist ein wichtiges Charakteristikum bei der Untersuchung einer chemischen Verbindung, und wird hauptsächlich durch die Methode der Massenspektrometrie (MS) bestimmt. Hier werden die Moleküle in die Gasphase überführt (desorptiert) und elektrisch geladen (ionisiert). Die Ionen werden anschließend durch ein elektrisches Feld beschleunigt und im Analysator nach ihrem Masse-zu-Ladung-Verhältnis m/z bestimmt. Im MALDI (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization), einer sehr schonenden Variante der Massenspektrometrie, wird der zentrale Schritt der Desorption und Ionisierung durch einen Hilfsstoff, die sogenannte Matrix, ermöglicht. Traditionell wird die in Deutschland mitentwickelte MALDI Massenspektrometrie hauptsächlich zur Analyse von großen und schweren Molekülen, wie etwa Proteinen, verwendet, da diese über andere Methoden schwer oder gar nicht messbar sind. Neuerdings besteht jedoch großes Interesse, MALDI auch für die Analyse von kleinen Molekülen nutzen zu können.



Dies hat verschiedene Gründe: Zum einen erlaubt MALDI Messungen im Bruchteil einer Sekunde, und ist folglich besonders für große Probenmengen, z. B. im Bereich des Medikamentenscreenings, sehr attraktiv. Ein anderer Grund ist das sog. MALDI Imaging. Hier wird eine Oberfläche, z. B. ein Gewebeschnitt, mit einer Vielzahl von MALDI Messungen abgerastert. Die erhaltenen Messdaten können computergestützt zu Bildern verarbeitet werden, die einer molekularen Mikroskopie ähneln: Die Verteilung einer chemischen Verbindung, z. B. eines Tumormarkers, im Gewebe kann so nachvollzogen werden. Viele biologisch interessante Verbindungen haben eine niedrige molekulare Masse, jedoch sind diese kleinen Moleküle mit MALDI nur bedingt messbar, da klassische Matrizen auch niedrige Molmassen aufweisen und es so zu Überlappungen der Analyt-Signale durch Matrix-Signale kommen kann. Zusammen mit Kollaborationspartnern haben Forscher des IPFs unter Leitung von Dr. Franziska Lissel nun Polymere als neue Matrizen für MALDI und MALDI Imaging entwickelt. Konjugierte Polymere, welche klassisch im Bereich der organischen Elektronik verwendet werden, stellen eine neue funktionale Matrizenklasse dar, welche das Potential hat, MALDI als Routinemethode für niedermolekulare Verbindungen zu erschließen. Alle untersuchten Polymere waren als Matrizen aktiv, und vier von fünf waren „MALDI silent“, d. h. erlaubten störungsfreie Messungen bis in den niedrigen Massenbereich. Auch konnten mit allen untersuchten Polymeren positive wie negative Ionen mit hoher Empfindlichkeit nachgewiesen werden. Matrizen für duale Messungen sind sehr selten, aber auch sehr interessant, da sie die sonst nötige doppelte Probenvorbereitung überflüssig machen. Die Untersuchung einer komplexen biologischen



Probe zeigte, dass mit den Polymeren ebenso viele Signale detektiert werden können wie mit klassischen Matrizen – wiederum im positiven wie negativen Modus. Erste MALDI Imaging Versuche zeigten, dass die Polymere hohes Potential für diese Methode haben, und auch hier den Nachweis von Molekülen im niedrigen Massenbereich erlauben. Für das MALDI Imaging sind polymere Matrizen auch aus anderen Gründen sehr attraktiv: Die hohe Vakuumstabilität der Polymere garantiert die Vergleichbarkeit der erhaltenen Daten, und die Möglichkeit, die Matrix als gleichförmigen dünnen Film auf den Gewebeschnitt aufzutragen, könnte in Zukunft hochauflösende Bilder der molekularen Mikroskopie ermöglichen. ■

Kooperationspartner

- Prof. Dr. Nikos Hadjichristides, KAUST
- Prof. Dr. Dominik L. Michels, KAUST
- Dr. Marco Giampà, CeBiTeC
- Dr. Hanna Bednarz, CeBiTeC
- Prof. Dr. Karsten Niehaus, CeBiTeC

Publikation

K. Horatz, M. Giampà, Y. Karpov, K. Sahre, H. Bednarz, A. Kiri, B. Voit, K. Niehaus, N. Hadjichristidis, D. L. Michels, F. Lissel: J. Am. Chem. Soc. 140, 36 (2018) 11416–11423

Ausgewählt als „ACS Editor’s Choice“ und als Cover des J. Am. Chem. Soc., wurde über den Artikel u. a. von JACS Spotlights, EurekAlert!, Phys.Org und CompaMed berichtet.

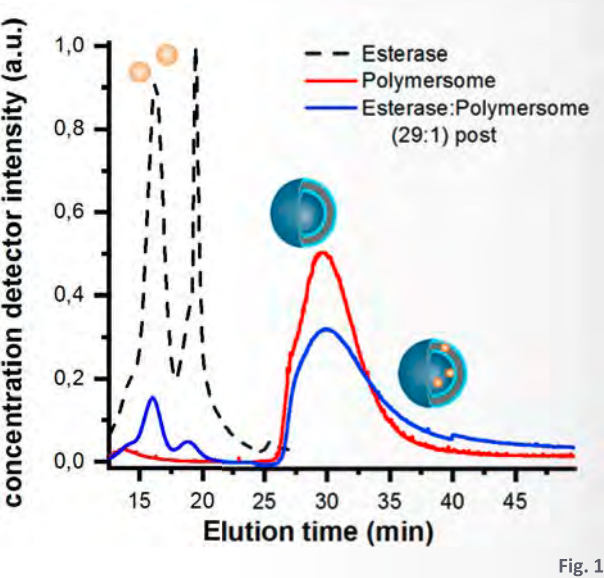
Abb. 1 (von oben nach unten) Messung einer (a) gereinigten Probenplatte, (b) komplexen biologischen Probe ohne Matrix, (c) polymeren Matrix ohne Probensubstanz, (d) komplexen biologischen Probe mit polymerer Matrix.
Abb. 2 Strukturen der verwendeten Polymere (a) Poly[naphthalene-diimide-bithiophene] (PNDI(T2)), (b) Poly[3-dodecylthiophene] (P3DDT), (c) Poly[2,3-bis-(3-octyloxyphenyl)quinoxaline-5,8-diyl-alt-thiophene-2,5-diyl] (PTQ1),

(d) Poly[isoidindigo-bithiophene] (PII(T2)), und (e) Poly[9,9-octylfluorene] (P9OFI).
Abb. 3 Visualisierung der räumlichen Verteilung eines Metaboliten im Gewebeschnitt eines Rattenhirns.
Abb. 4 Journalcover mit einer schematischen Abbildung des polymergestützten MALDI Prozesses: Nach der Anregung durch den Laser desorbieren nur die niedermolekularen Analytmoleküle, die polymere Matrix bleibt auf der Oberfläche.

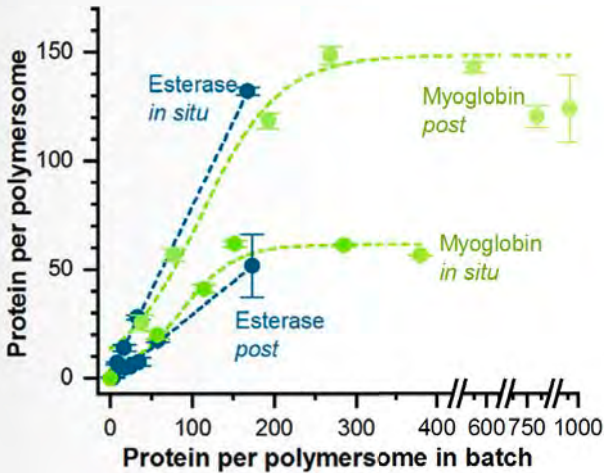
Comprehensive analysis of polymersome loading properties by asymmetrical flow field-flow fractionation

Susanne Boye, Hannes Gumz, Dietmar Appelhans, and Albena Lederer

Responsive polymersomes open up new approaches in mimicking cell functions as well as in vesicle-based technologies. Especially, medical purposes, e.g. targeted drug transport and delivery are highly promising. The incorporation of pH-responsive groups allows the polymersomes to open and close their membrane reversibly¹. This property qualifies them for the uptake of (macro-) molecules with varied parameters (size, charge, etc.). For all potential applications, a deeper understanding of loading processes is strongly required. In our studies, we performed a comprehensive characterization of the loading properties of polymersomes with different enzymes. To obtain quantitative and qualitative information, a gentle separation technique combined with high-performance detection system is necessary. Therefore, we applied Asymmetrical Flow Field Flow Fractionation (AF4). This technique allows a simultaneous quantification of cargo loading and the determination of multitude of properties, e.g. size, mass, shape or density.² Our work is focused on the loading process of two different types of enzymes (Myoglobin, 16 kg/mol, strongly, positively charged; and Esterase, 185 kg/mol, slightly positively charged), in switchable polymersomes. Two different loading procedures were applied: during formation (*in situ*) or after formation (*post*) of polymersome. In both cases, the result is a mixture of co-existing free enzymes and loaded polymersomes. Nevertheless, unpurified samples can be separated by a specifically adapted AF4 protocol (Fig. 1).



Hence, it is possible to calculate the free and the loaded protein amount directly from concentration sensitive detector signals. For both types, it was found that raising the amount of proteins leads to an increase in the loading efficiency (Fig. 2). Yet, clear differences depending on loading approach and protein type were indicated. For example, the post-loading of small Myoglobin is more effective than the *in situ* strategy. In case of Esterase, the opposite effect was found. To explain this behavior, the analysis of conformational properties was included. The combination of dynamic and static light scattering detectors is beneficial for the interpretation of vesicle's scaling behavior, radii and density. Indeed,



the membrane conformation after protein loading verified clear differences depending on the type and loading approach.

Most important changes of the membrane are observed after *in situ* loading with Esterase. The scaling parameter (molar mass dependent increase of radius) reveals that the membrane surface changes from smooth and well-defined in the non-loaded state to membrane with increased roughness after protein loading. Furthermore, the decrease of density confirms a non-regular membrane structure due to incorporation of proteins within the membrane. On the other hand, post-loading of Esterase leads to similar conformation and density but only insignificantly pronounced. Due to large size

of proteins, the loading takes place preferably at the outer surface or in the membrane. Loading of the smaller protein Myoglobin leads to contrary effects. Only marginal changes in the conformation are observed. Slightly increased scaling parameters indicate more open and rough membrane in case of post-loaded polymersomes. In contrast, *in situ* loading leads to non-detectable changes of the membrane. Obviously, size and charge of Myoglobin are too small to significantly change the conformation despite the high encapsulation efficiency. This leads to the conclusion that Myoglobin biomolecules are able to diffuse through the membrane and are mainly entrapped into the lumen of the polymersomes (Fig. 3). There is a further need to validate the cargo location of other loading processes and polymersome types by AF4. A general correlation between scaling parameters and apparent densities can provide a concept for the prediction of the main location of cargo without other analytical studies. ■

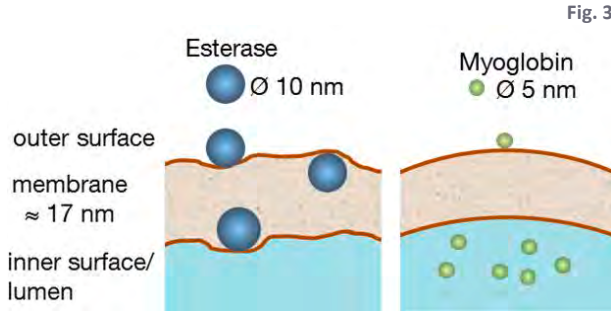


Fig.1 AF4 fractogramm of empty and loaded polymersome and esterase.
Fig.2 Loading efficiency of Esterase (blue) and Myoglobin (green) by *in situ* and *post* encapsulation determined by AF4.
Fig.3 Scheme of protein location and membrane deformation.

[1] J. Gaitzsch, D. Appelhans, L. Wang, G. Battaglia, B. Voit: Angewandte Chemie – International Edition 51 (2012) 4448–4451.
[2] H. Gumz, S. Boye, B. Iysian, V. Krönert, P. Formanek, B. Voit, A. Lederer, and D. Appelhans: Advanced Science, 2018, DOI: 10.1002/adv.201801299.

Cellulose/reduced graphene oxide composites for multiple sensing applications

Yian Chen, Petra Pötschke, Jürgen Pionteck, Brigitte Voit

Functional and smart materials, which are fabricated by renewable resources and by “green” preparation, have recently attracted enormous interests. Cellulose is one of the most appealing natural polymers attributed to its biocompatibility, renewability, and good chemical stability. By the process of mixing or coating, a variety of functional nanomaterial-integrated cellulose materials has been fabricated which can be used in many applications such as sensors, in electronic devices, for electromagnetic interference shielding, or as supercapacitors. In this work, cellulose/reduced graphene oxide (cellulose/rGO) nanocomposite films were prepared by dispersing graphene oxide (GO) and dissolving cellulose homogeneously in an alkaline-urea aqueous solution followed by *in situ* chemical reduction of GO towards rGO. The formed conductive rGO network within the cellulose matrix can change its connectivity upon environmental impact like temperature changes, strain,

humidity changes, and in contact with solvents and vapors, resulting in changes of its electrical resistance [1]. The cellulose used in this work is produced from cotton linters (Fig. 1a). As schematically shown in Fig. 1b, the open network structure formed by cellulose provides ideal conditions where the reduction agents can diffuse easily and react efficiently with GO, while preserving the structure of the cellulose matrix. Moreover, the color of cellulose/GO hydrogels changed rapidly (after only several minutes) from brown (Fig. 1d) to black (Fig. 1e) during the reduction process. As shown in Fig. 1d, e, the cellulose/GO and cellulose/rGO films (its surface structure is shown in Fig. 1c) dried from the hydrogels are isotropic and flexible, and look paper-like. Fig. 1f shows a typical TEM image of cellulose/rGO composite prepared from the cellulose composite containing 5 wt% GO, in which individual rGO nanosheets with a thickness of about 1.2 nm are observed.

Fig. 1

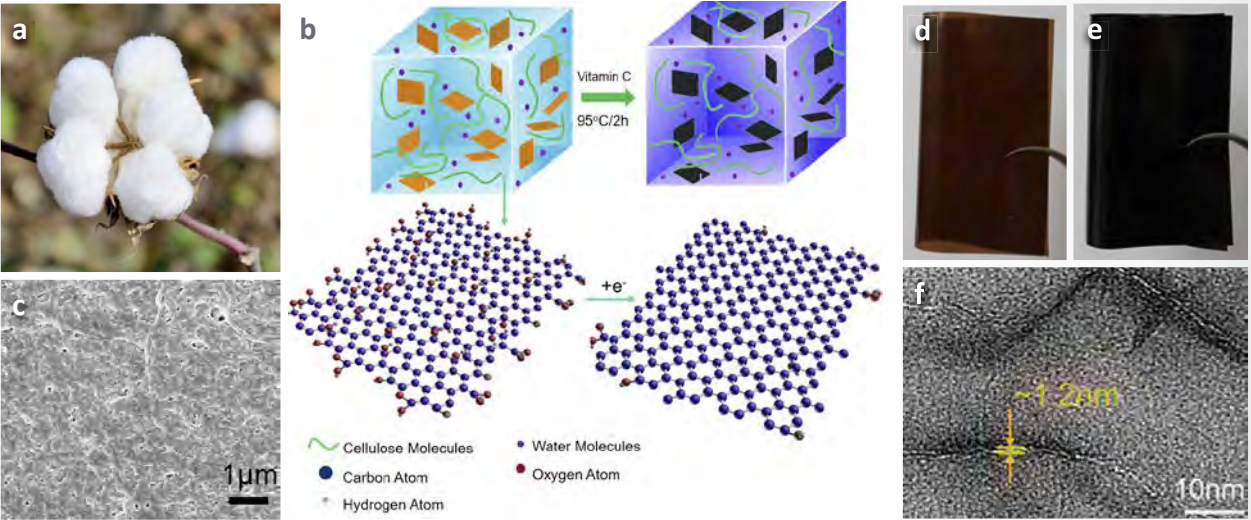
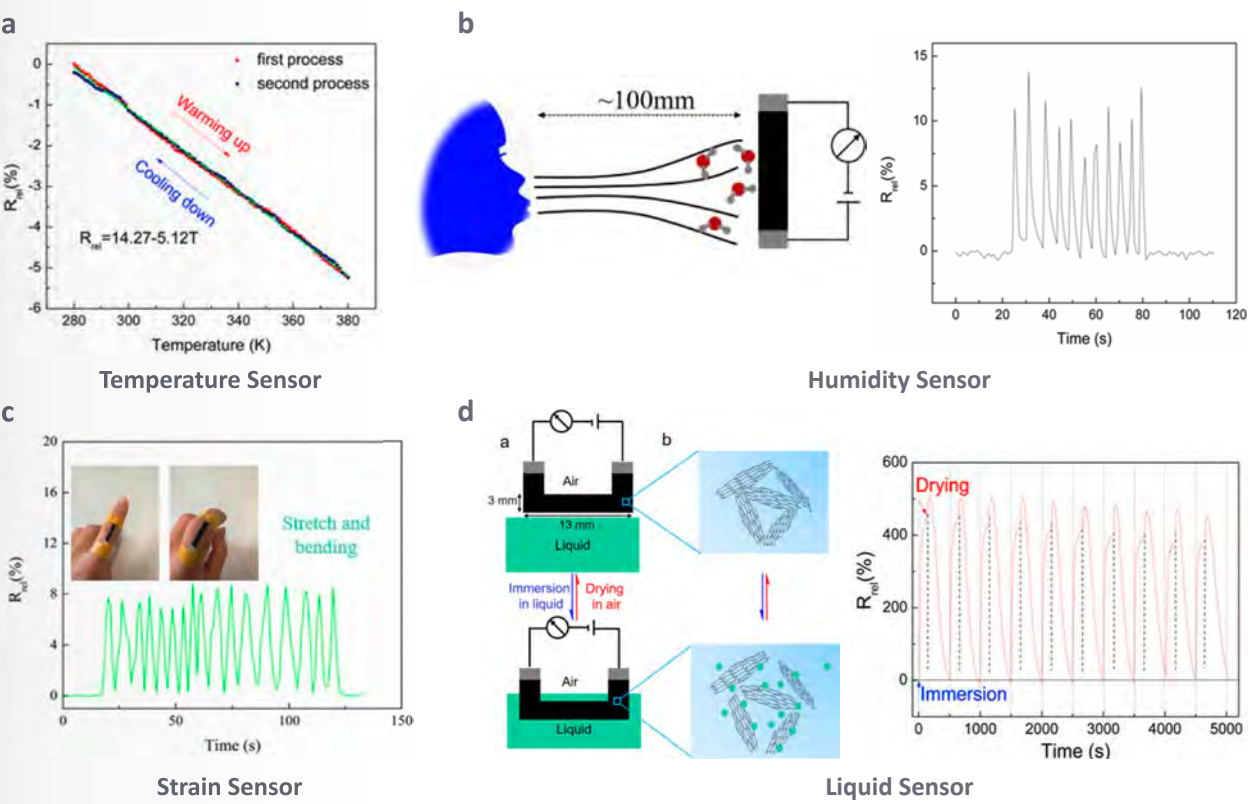


Fig. 2



The rGO/cellulose films can be applied as multifunctional sensors responding to different stimuli like mechanical (tensile strain, cyclic deformation, human motion) or environmental (liquids, temperature, humidity, and human breathing) and other stimuli by changing their electrical resistance. Multifunctional composites which show such a broad sensing application range were not shown before in literature. The high temperature sensitivity of the cellulose/rGO films (Fig. 2a) is comparable to previous reports on MWCNT-GF [2] and GNP-GF [3] systems. However, our system is lightweight and much more flexible. Moreover, these films can be used to detect the human breath cycles (Fig. 2b) and human motions (Fig. 2c). The sensitivity of the rGO/cellulose films to liquids (Fig. 2d) is strongly dependent on the liquid type, the liquid temperature, and the ion concentration. This can expand the application of our cellulose/rGO composite films to many various fields, such as monitoring of seawater,

sweat, body fluid, and so on. Based on the sensing results, the developed flexible film is a promising functional and smart material worth for further investigation and introduction to the field of sensors. ■

Sponsor

China Scholarship Council (grant 201606240112)

Cooperation

Dr. Haisong Qi,
South China University of Technology, Guangzhou, China

Fig. 1 Fabrication of cellulose/GO and cellulose/rGO composites: (a) The photograph of cotton linters; (b) schematic of *in situ* reduction of GO in cellulose-based hydrogels; (c) SEM image of the surface of cellulose/rGO composite film; (d) and (e) photograph of the resultant cellulose/GO and cellulose/rGO composite films, respectively; (f) TEM image of rGO/cellulose composite film.

Fig. 2 Sensitivity of cellulose/rGO (5 wt%) composite film to temperature, human breath, finger motions, and liquids.

[1] Y. Chen, P. Pötschke, J. Pionteck, B. Voit, H. Qi: J. Mater. Chem. A 6 (2018) 7777–7785.
[2] S. I. Gao, R. C. Zhuang, J. Zhang, J. W. Liu, E. Mäder: Advanced Functional Materials 20 (2010) 1885–1893.
[3] Y. Deng, J. Liu, E. Mäder, G. Heinrich, J. Zhang, S. Gao: Advanced Materials Interfaces 2 (2015) 1500244.

Automatisierte Mikroplastik-Analytik mittels optischer Partikelerkennung und Raman-Mikroskopie

Josef Brandt, Lars Bittrich, Franziska Fischer, Andrea K  ppler, Julia Muche, Anne R  diger, Klaus-Jochen-Eichhorn, Dieter Fischer

Das Vorkommen von Mikroplastik (MP, Partikel/Fasern aus synthetischen Polymeren < 5 mm) in der aquatischen Umwelt, aber auch in Lebensmitteln, erreicht regelmäsig große mediale, öffentliche und wissenschaftliche Aufmerksamkeit. Es wird als potentielle Gefahr für aquatische Ökosysteme und möglicherweise auch für den Menschen angesehen.

Aufgrund der geringen Größe kann MP von aquatischen Lebewesen mit der Nahrung verwechselt werden und infolge dessen in den Magen-Darm-Trakt gelangen. Ob die so aufgenommenen Partikel zu einer Schädigung der Lebewesen führen und welche Wirkmechanismen dabei eine Rolle spielen, ist derzeit noch Gegenstand der Forschung.

Für eine konkrete Risikobewertung der ökotoxikologischen Wirkungen von MP werden in erste Linie zuverlässige Daten über die MP-Gehalte in verschiedenen Umweltproben benötigt. Dafür müssen geeignete und sichere analytische Verfahren zur Identifizierung und Quantifizierung von MP zur Verfügung stehen.

In den vergangenen Jahren standen der Vergleich verschiedener spektroskopischer Methoden und die Entwicklung von spektroskopischen Imaging-Verfahren im Fokus der Arbeiten am IPF.¹⁻³ Durch das Einrichten eines „MP-freien“ Labors und der Entwicklung einer

Software zur optischen Partikelerkennung und anschlie  nder automatisierter Raman-Messung inkl. automatisierter Auswertetools wurden die Arbeiten nun weiter optimiert und ermöglichen einen deutlich höheren Probendurchsatz.

Das speziell eingerichtete MP-freie Labor verfügt über einen Luftfilter und eine Laminar-Flow-Box, in der alle Filtrationsschritte durchgeführt werden. Es wurde eine spezielle Glas-Apparatur (Abb. 1) zur zweistufigen Filtration der gereinigten, wässrigen Umweltproben auf Silizium-Filter mit 10 und 50   m Porengröße entwickelt.

Der gesamte Arbeitsprozess wird regelmäsig mit Hilfe von Blindproben kontrolliert und dokumentiert. Durch die genannten Maßnahmen kann der Eintrag von MP aus der Laborumgebung vermieden bzw. auf weniger als zehn MP-Partikel pro Blindprobe minimiert werden.

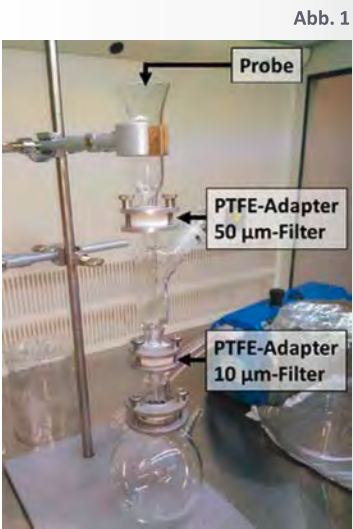


Abb. 1

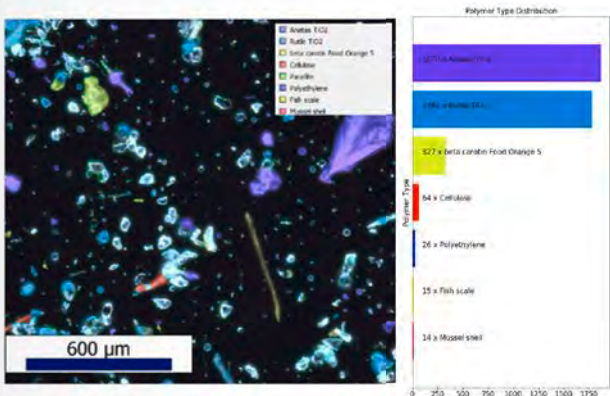


Abb. 2

Zur automatisierten Raman-Messung der MP-Probenfilter wurde die Software GEPARD (Gepard Enabled PARTicle Detection) entwickelt und unter gitlab.ipfdd.de/GEPARD/gepard als open-source Software veröffentlicht. Das Programm erlaubt die Aufnahme eines hochauflösten Mikroskopiebildes des Probenfilters in mehreren z-Ebenen, die automatisierte Algorithmusgesteuerte optische Detektion aller Partikel im Dunkelfeld (Konturen, Koordinaten in x, y, z) und die Steuerung der selektiven Raman-Messung der erkannten Partikel. Nach Auswertung der aufgenommenen Spektren können chemische Identifizierung und Dimensionen aller Partikel kombiniert, visualisiert und in ausführlichen Reports zusammengestellt werden (Abb. 2). Dadurch steht eine anwenderfreundliche Software zur Verfügung, die eine Untersuchung von bis zu 40 000 Partikel pro Probe mit etwa 1000 Partikel pro Stunde

Abb. 1 Glasapparatur zur zweistufigen Filtration von wässrigen MP-Proben auf Si-Filter (10 und 50   m).
Abb. 2 Auswertung einer MP-Probe im GEPARD.

[1] A. K  ppler, F. Windrich, M. G. J. L  der, M. Malanin, D. Fischer, M. Labrenz, K.-J. Eichhorn, B. Voit: Analytical and Bioanalytical Chemistry 407 (2015) 6791–6801.
[2] A. K  ppler, D. Fischer, S. Oberbeckmann, G. Schernewski, M. Labrenz, K.-J. Eichhorn, B. Voit: Analytical and Bioanalytical Chemistry 408 (2016) 8377–8391.
[3] A. K  ppler, M. Fischer, B. M. Scholz-Böttcher, S. Oberbeckmann, M. Labrenz, D. Fischer, K.-J. Eichhorn, B. Voit: Analytical and Bioanalytical Chemistry 410 (2018) 5313–5327.

ermöglicht und so eine systematische, wissenschaftliche Erfassung der MP-Gehalte in Umweltproben erlaubt.

Die entwickelte MP-Analytik wurde bereits zur Untersuchung von Ostseeproben und Orangenlimonaden für das Verbraucherjournal WISO des ZDF eingesetzt und befindet sich in kontinuierlicher Weiterentwicklung durch die Arbeitsgruppe Mikroplastik des IPF. ■

ipfdd.de/de/organisation/abteilungen-und-gruppen/institut-makromolekulare-chemie/analytics/microplastics-group

Sponsor

- EU BONUS call: Blue Baltic – Projekt MICROPOLL
- BMBF-Fördermaßnahme „Plastik in der Umwelt“ im Rahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklung“ – Beteiligung an 3 Verbundprojekten

Cooperation

- Kristina Enders, Robin Lenz, Dr. Juliana Ivar do Sul, Dr. Sonja Oberbeckmann, PD Dr. Matthias Labrenz, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
- Sophia Badenberg, Annett Mundani, apl. Prof. Dr.-Ing. Steffen Krause, Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Schaum, Universität der Bundeswehr München
- Dr. Martin L  der, Prof. Christian Laforsch, Universität Bayreuth

Fabrication of porous cathodes with tunable porosity by polymer template approach for Li-S batteries

Soumyadip Choudhury, Manfred Stamm, Leonid Ionov

Li-S batteries are very promising systems because sulfur has very high theoretical capacity ($1672 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$), hence, Li-S batteries are capable of demonstrating one of the highest theoretical energy density among all rechargeable Li batteries.[1] The primary requirement is to blend/hybridize insulating sulfur with conducting matrices.[2, 3] Carbon is one of the preferred conducting substrates for sulfur due to its compatibility with sulfur and wide range of possibilities to tune the nanostructure. In the present work, the morphologies of carbon substrates were tuned using the polymer as structure directing template, which basically act as pore former. Thermosetting polymer like phenolic resin was used to cover the template, and finally phenolic resin was converted to carbon. Block copolymers (BCPs) have the promise to attain highly ordered tunable porous templates, which on later stage were explored to fabricate porous carbon. In our earlier work, we used poly(styrene-block-4-vinylpyridine) with 3-pentadecylphenol (PDP) to form supramolecular assemblies to attain gyroidal templates.[2] After washing away the low molar mass PDP, a highly ordered gyroidal template was produced.

Finally, this template was exploited to produce inverse replica of the same structure made of carbon. A fundamental study was made to note how the ordered morphology affect Li-S battery performance. However, to get rid of the time consuming steps to produce the porous template, the same BCP was used through an easy, facile way for Li-S batteries.[3] The BCP template was formed *via* phase inversion route followed by filling the empty spaces by an oligomeric phenolic resin, thermopolymerization of the resin, and finally by carbonization. Semi-dried films of self-assembled BCP were immersed into a mixture of non-solvents. After washing away the low molecular additive, a highly porous material was formed. After successful filling with a carbon precursor inside the template, crosslinking and carbonization under inert atmosphere results in a highly porous carbon material, which is further hybridized with sulfur *via* melt diffusion. This new fabrication route of template formation by phase inversion requires no solvent/thermal annealing step to generate nanostructures aided by BCP. Our cathode material shows excellent cycle stability over 240 cycles.

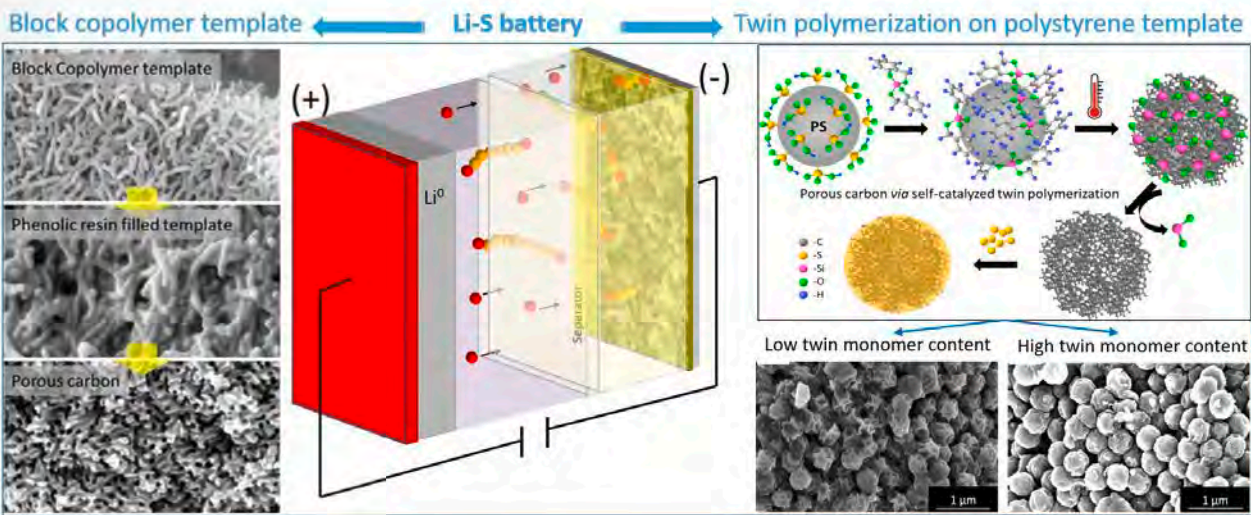


Fig. 1 Fabrication of Li-S battery electrode via porous carbon fabrication by (left): BCP route,[3] and (right): twin polymerization route on sulfonated polystyrene template.[4]

In another work using polystyrene particles as template, a new route of fabrication of cathodes is reported.[4] The cathodes were fabricated using porous carbon materials obtained from hybrid materials synthesized by twin polymerization on sulfonated polystyrene micro-particles. The sulfonic acid groups act as room temperature catalyst for twin polymerization resulting in the formation of nanostructured phenolic resin/silica hybrid materials on the surface of sulfonated polystyrene particles. The shell formed by phenolic resin was transformed into carbon by pyrolysis and the polystyrene core was decomposed simultaneously yielding porous carbon/silica nanocomposite hollow spheres. After silica removal, a hierarchical, highly porous carbon was obtained. Melt mixing of the carbon with sulfur was used for the fabrication of cathodes for Li-S batteries. The presence of silica on one hand imposes strength to the sphere wall during the carbonization and depolymerization of polystyrene, and on other hand generates

microporous carbon material for Li-S batteries. The nanostructured hybrid cathode allows a high capacity of $800 - 1000 \text{ mAh}\cdot\text{g}_{\text{sulfur}}^{-1}$ and remarkable cycling stability over 200 cycles at 0.1C rate and over 440 cycles at 1C rate for Li-S batteries. These approaches highlight the benefit of using soft polymer templates for tunable design of porous carbon, which was found to be an efficient substrate for sulfur electrodes with high cycle stability. ■

Sponsor

- Deutsche Forschungsgemeinschaft: SPP 1473, STA 324/54
- German Ministry for Research and Education: BaMoSa-03X4637A-H

Cooperation

- Prof. Stefan Spange, Dr. Thomas Ebert, Dr. Andreas Seifert, Technische Universität Chemnitz

[1] P. G. Bruce, S. A. Freunberger, L. J. Hardwick, J.-M. Tarascon: Nat. Mater. 11 (2012) 19–29.
[2] S. Choudhury, M. Agrawal, P. Formanek, D. Jehnichen, D. Fischer, B. Krause, V. Albrecht, M. Stamm, L. Ionov: ACS Nano 9(6) (2015) 6147–6157.
[3] S. Choudhury, D. Fischer, P. Formanek, M. Stamm, L. Ionov: Adv. Mater. Interfaces 5 (2018) 1701116.
[4] S. Choudhury, T. Ebert, T. Windberg, A. Seifert, M. Göbel, F. Simon, P. Formanek, M. Stamm, S. Spange, L. Ionov: Part. Part. Syst. Charact. 35 (2018) 1800364.

Kolloidale Selbstorganisationskonzepte für den Schritt vom Nanopartikel zur Funktionellen Struktur

Martin Mayer, Max J. Schnepf, Tobias A. F. König und Andreas Fery

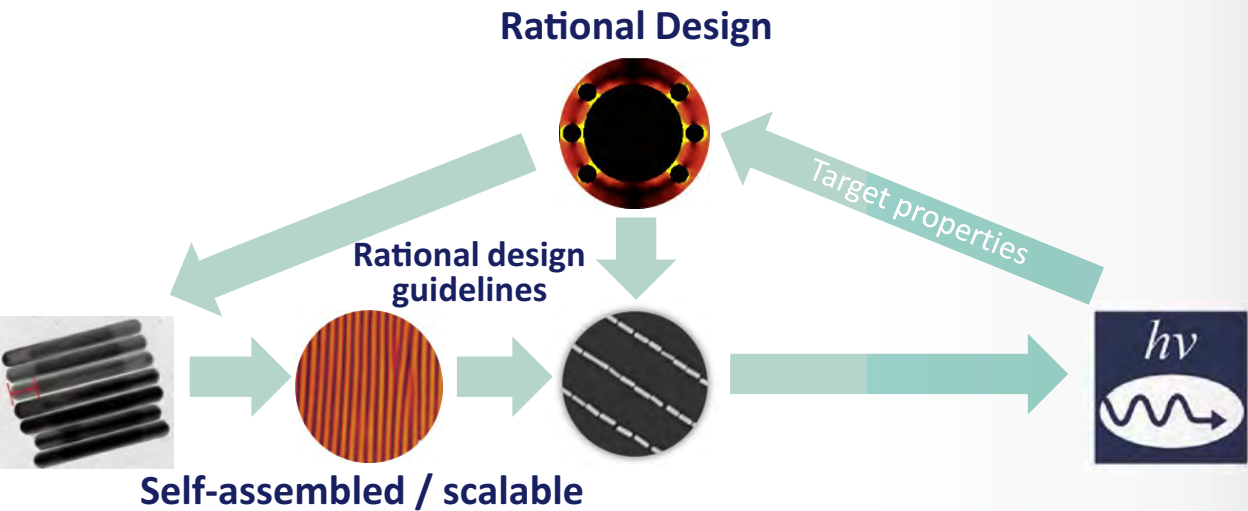


Abb.1 Schematische Darstellung des Designansatzes für die Assemblierung funktioneller Oberflächen aus Kolloidalen Bausteinen: Polymermodifizierte Nanopartikel werden über skalierbare Methoden wie die templatgestützte Selbstassemblierung auf Polymeroberflächen zu Mesosstrukturen angeordnet, wodurch lokale und kollektive Kopplungseffekte so eingestellt werden können, dass die gewünschte Funktionalität erzielt wird. Modellierung und Simulation bilden sowohl für die Wahl der Nanopartikelgeometrie / Zusammensetzung, als auch für die Muster, in die die Partikel angeordnet werden die Basis.

Nasschemische Synthese erlaubt eine hervorragende Kontrolle der Geometrie und Zusammensetzung von Nanopartikeln, sodass deren optische und elektronische Eigenschaften über einen weiten Bereich eingestellt werden können. Zahlreiche Anwendungen erfordern jedoch die Integration dieser Bausteine in makroskopische Strukturen oder die Platzierung in Bauelementen. Dieser Schritt ist komplex, da die besonderen Eigenschaften der Nanopartikel durch Aggregation und/oder unkontrollierte elektromagnetische Kopplungseffekte verloren gehen können. Unsere Gruppe nutzt polymere Oberflächen

und Polymermodifikation von Nanopartikeln, um diese Herausforderung zu meistern. Dabei hat in den letzten Jahren einen in der Abbildung 1 dargestellten Multi-Skalen-Assemblierungsansatz entwickelt (siehe [1]). Besonders effizient ist der Ansatz für metallische Nanopartikel, deren freie Elektronen durch Licht zu kollektiven Schwingungen angeregt werden können (lokalisierte Oberflächenplasmonenresonanz). Hier erlaubt die Polymerbeschichtung der Nanopartikel, Partikelabstände und somit plasmonische Kopplungseffekte einzustellen und so die Absorptions- und Streueigenschaften der

Nanopartikel je nach Wunsch zu erhalten oder gezielt zu variieren. Eine besonders anspruchsvolle Anwendung solcher gekoppelter Nanopartikelstrukturen sind plasmonische Wellenleiter. Diese Strukturen werden als neuartige Bauelemente in der Photonik und insbesondere dem optischen Computing genutzt. Licht kann hier lokal die Oberflächenplasmonen-Resonanz einer Nanopartikelkette anregen. Die Anregung breitet sich entlang der Kette mit relativ niedrigem Verlust aus und kann anschließend wieder ausgekoppelt werden, wie im Beispiel durch Anregung eines Emitters [2]. Entscheidend für die Wellenleitereigenschaften ist die richtige Wahl der Nanopartikel und der Struktur, in die selbige assembliert werden. Hier lieferte die Gruppe König durch rationale Designkriterien, welche die Basis für die maßgeschneiderte Synthese der Nanopartikel (AG Fery) und deren Anordnung in DNA Origamistrukturen (AG Schmidt). Dadurch konnte gezielt ein Wellenleiter aufgebaut werden, der einen besonders niedrigen Verlust aufweist.

Die Einbindung dieser Arbeiten in das Center for Advancing Electronics Dresden ermöglicht den Schritt zum einzelnen Bauelement zu Devices und sogar Systemlösungen: Mit dem explosiven Anstieg der Rechenknoten liegt der Engpass zukünftiger Computersysteme in der Netzwerkarchitektur, die die Knoten verbindet. Um den Engpass zu beheben, müssen die aktuellen Backplane-basierten Netzwerktopologien ersetzt werden. In dieser cfaed übergreifenden Veröffentlichung schlagen wir vor, die Computerelektronik zu revolutionieren, indem eingebettete optische Wellenleiter für On-Board-Netzwerke und drahtlose Chip-zu-Chip-Verbindungen bei einer Trägerfrequenz von 200 GHz realisiert werden, die benachbarten Platinen in einem Rack verbinden. Die Steuerung neuartiger frequenzadaptiver optischer Transceiver und Millimeter-Wave-Transceiver erfordert eine enge Verknüpfung mit der Systemsoftware für die Verwaltung der Laufzeitressourcen. [3]

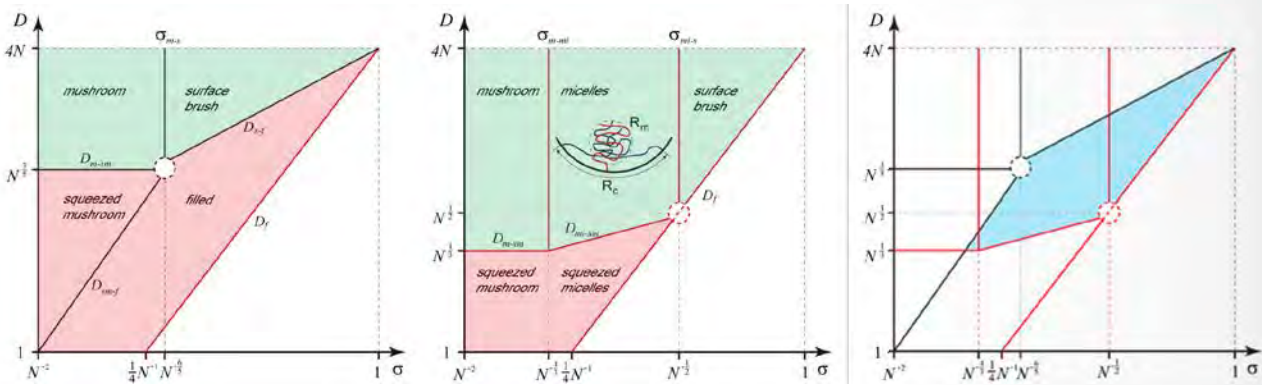
[1] M. Mayer, M. J. Schnepf, T. A. F. König, A. Fery: Advanced Optical Materials 6 (2018) 1800564.
[2] F. Gür, C. McPolin, S. Raza, M. Mayer, D. Roth, A. M. Steiner, M. Löffler, A. Fery, M. Brongersma, A. Zayats, T. A. F. Koenig, T. Schmidt: Nano Letters 18, 11 (2018) 7323–7329.
[3] G. Fettweis, M. Dörpinghaus, J. Castrillon, A. Kumar, C. Baier, K. Bock, F. Ellinger, A. Fery, F. H. P. Fitzek, H. Härtig, K. Jamshidi, T. Kissinger, W. Lehner, M. Mertig, W. E. Nagel, G. T. Nguyen, D. Plettmeier, M. Schröter, T. Strufe: Proceedings of the IEEE 2019, 107 (1), 204–231.

Gating behavior of polymer brush decorated nanochannels

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

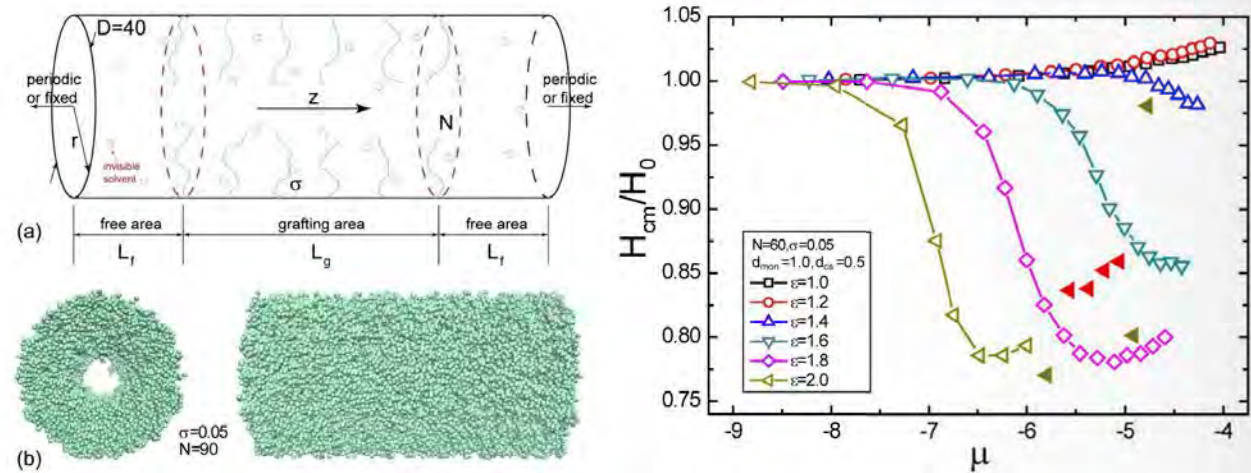
Nanochannels can be decorated with polymer brushes to create switchable gates, which, depending on the environmental condition, may either be open or closed [1]. This is so because the brush may be switchable [2] and either be in a swollen state to fill up the channel (closed state), or in a collapsed state to open

a central passage through the channel. When environmental conditions such as solvent quality, temperature, pH or ionic strength change, a passage of macromolecules or nanoparticles through the channel may then either be granted or entropically prohibited by the brush phase.



The above figure depicts conditions in which the channel is closed (red areas) or open (green areas), with a swollen brush (left panel) and a collapsed brush (center panel). We have applied scaling theory to distinguish the different phases of the brush, where N is the degree of polymerization, D the diameter of the cylindrical channel, and σ the

grafting density. The panel to the right shows in blue the parameter ranges in which the channel is both open (brush collapsed) and closed (swollen brush), i.e. switchable [3]. We have set up a coarse-grained model of the brush-decorated channel and carried out molecular dynamics simulations to investigate the collapse transition of



the brush in the presence of a co-nonsolvent. The latter consists of particles that represent a solvent which, for the polymer, is even better than the (implicit) good solvent [4]. An increase of the co-nonsolvent concentration then leads to a collapse-transition of the brush and an opening of the channel.

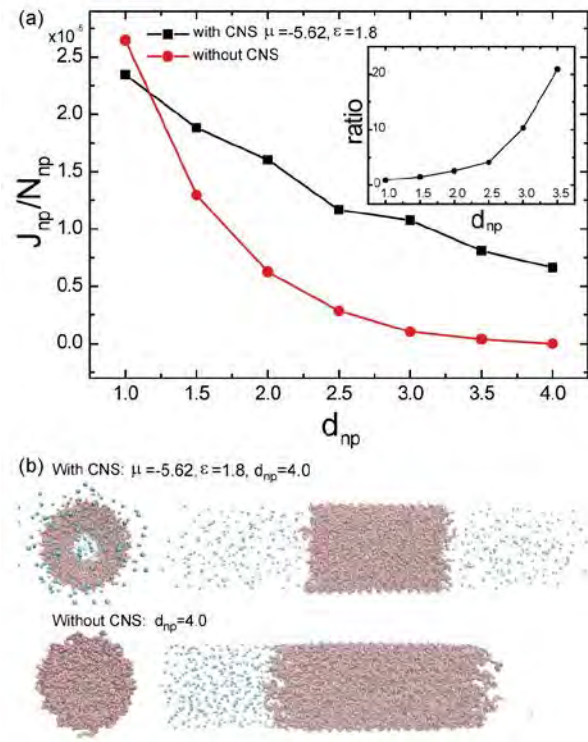
The above figure displays to the upper left a sketch of the simulation setup: A channel of radius $r = D/2$ with a grafted section of length L_g and section of length L_f that is void of polymers, in periodic boundaries. Below a simulation snapshot of the partially collapsed brush phase which opens a central passageway. To the right the normalized thickness of the brush layer as a function of the chemical potential $\mu = \ln[p/(1-p)]$, with p being the bulk concentration of the co-nonsolvent. The parameter ϵ stands for the strength of interaction between the co-nonsolvent and the monomer, higher values meaning stronger attraction. A sharp collapse transition of the brush is observed when the co-solvent-to-monomer interaction is sufficiently strong [3,4].

The state of the brush strongly affects the permeability of the channel for bulky macromolecules or nanoparticles. We have added inert nanoparticles of different diameters to the system and investigated their diffusive fluxes through the channel. The figure to the right shows the flux as a function of nanoparticle diameter, for a 'closed' channel (i.e. a swollen brush in absence of co-nonsolvent, red curve) and an open channel (i.e. a collapsed brush in presence of co-nonsolvent, black curve). While the fluxes are decreasing with the nanoparticle diameter, they turn close to zero for large nanoparticles when the channel is closed. The inset depicts the ratio of fluxes (open vs. closed channel) which exceeds 20 and then diverges when the nanoparticles reach sizes of 3.5 and 4 reduced units, respectively.

The lower part of the figure displays simulation snapshots taken in both situations (open channel, upper part, closed channel, lower part). Nanoparticles of diameter 4 (in reduced units), initially placed to the left of the channel in fixed boundary conditions, can pass to the right of the channel only in case the latter is open. A change of the external condition, in this case the concentration of co-nonsolvent, is thus able to trigger a switch of the nanochannel that either grants or prohibits passage of the nanoparticle [3].

Sponsor
NSF China 111-Project (B16029), DFG SO-277/17

Cooperation
Prof. Chen-Xu Wu, Department of Physics,
Xiamen University, Xiamen 361005, China



[1] D. Osmanovic, A. Fassati, T. J. Ford, D. W. Hoogenboom: Soft Matter 9 (2013) 10442.
[2] I. Bos, H. Merlitz, A. Rosenthal, P. Uhlmann, J.-U. Sommer: Soft Matter 35 (2018) 7237.
[3] C.-W. Li, H. Merlitz, C.-X. Wu, J.-U. Sommer: Macromolecules 51 (2018) 6238.
[4] J.-U. Sommer: Macromolecules 50 (2017) 2219.

Biologie-inspirierte Grenzflächen- und Materialgestaltung



Die Biomaterialforschung des IPF erkundet lebende Materie aus einer materialwissenschaftlichen Perspektive um Konzepte für Biologie-inspirierte Polymermaterialien abzuleiten, die experimentell validiert und dann technologisch übertragen werden.

Arbeiten der Nachwuchsgruppe von Lars Renner lieferten dabei 2018 neue Erkenntnisse zur Steuerung des Wachstums und der Form von Bakterien, die helfen können, die mikrobielle Besiedlung von Materialoberflächen besser zu kontrollieren (*Nature Microbiology* doi: 10.1038 / s41564-017-0082-6; *F1000Research* doi: 10.12688 / f1000research.12663.1). Um biomimetisch gesteuerte Adhäsionsprozesse dynamisch charakterisieren zu können, wurde eine Methode für die zeitabhängige kolloidale Kraftspektroskopie entwickelt (*Angew. Chem.* doi: 10.1002 / anie.201809587).

3D-*in vitro*-Gewebe Modelle des Nervensystems, die in der biologischen und pharmazeutischen Forschung immer mehr an Bedeutung gewinnen, sind 2018 noch stärker in den Fokus unserer Forschungen gerückt (*Nat Biomed Eng* doi: 10.1038 / s41551-018-0270-6). In Kooperation mit Caghan Kizil (DZNE und CRTD) nutzten wir ein modulares Biohybrid-Polymersystem, um humane neuronale Stammzellen zur Bildung von 3D-Netzwerken anzuregen. Die auf dieses Modell gestützte Analyse molekularer Mechanismen der Alzheimer'schen Erkrankung zeigte, dass sich mit Hilfe des Immunsystems neuronale Reparaturvorgänge auslösen lassen könnten (*Developmental Cell* doi: 10.1016 / j.devcel. 2018.06.005). Gemeinsam mit Gerd Kempermann (DZNE und CRTD) ist es mit einem ähnlichen Gelsystem gelungen, neuronale Stammzellen aus dem Hippokampus in einem 3D gel-drop Format zu kultivieren, was der physiologischen Situation besser entspricht als bisher beschriebene Ansätze (*Scientific Reports* doi: 10.1038 / s41598-018-26417-1). Analog konnten humane Glioblastom-Stammzellen in realistischen 3D-Strukturen kultiviert werden, um das Targeting dieser Zellen für eine photothermische Therapie zu untersuchen (*Biomaterials Science* doi: 10.1039 / C7BM01107E).

Zur genaueren *in vitro* Aufklärung von zellulären Prozessen bei Tumorerkrankungen wurden Kokulturmodelle



Prof. Dr. Carsten Werner Prof. Dr. Brigitte Voit Prof. Dr. Andreas Fery

auf Basis mehrphasiger Materialsysteme entwickelt. Hiermit konnten Fortschritte beim Verständnis der Metastasierung von Brustkrebszellen im Knochengewebe erreicht werden (*Cancers* doi: 10.3390 / cancers 10090292; *Biomaterials* doi: 10.1016 / j.biomaterials. 2018.05.002; *ACS Biomaterials Science & Engineering* doi: 10.1021 / acsbiomaterials.7b00139). Zum Thema Biomaterial-basierter 3D-*in vitro*-Tumormodelle wurde ein Symposium im Rahmen des World Congress of the Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (TERMIS, 4.–7.09. 2018, Kyoto, Japan) organisiert.

Elisha Krieg nahm 2018 mit einem *Open Topic PostDoc Award* der TU Dresden seine Forschungen zu DNA-Nanomaterialien am IPF auf. Melissa Sikosana erhielt im Rahmen der *Falling Walls LAB Marie-Sklodowska-Curie Actions* eine Auszeichnung für ihren Beitrag *Breaking the wall of bacteria related deaths*. Lucas Schirmer wurde für Arbeiten zu Glykosaminoglykan-basierten Hydrogelen zur Heilung chronischer Wunden (*Science Translational Medicine* 2017 doi: 10.1126 / scitranslmed.aai9044, *Web of Science highly cited paper*) mit dem *Egon-Macher-Preis* der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Forschung ausgezeichnet.

Die Bewerbung der TU Dresden um einen neuen Exzellenzcluster *Physics of Life* (Sprecher: Stephan Grill), an dem das IPF mit zwei *Principal Investigators* (Jens-Uwe Sommer und Carsten Werner) beteiligt ist, war erfolgreich. An einem neuen COST-Netzwerk *Cancer Nanomedicine* (NANO2CLINIC, Koordinatorin Barbara Klajnert-Maculewicz) wirkt das IPF als Partner mit. Das BMBF fördert neue Vorhaben des IPF zu adaptiv-bioaktiven Beschichtungen für kardiovaskuläre Implantate im Rahmen der Partnerschaft für Innovation in der Implantat-Technologie (RESPONSE, Koordination Universität Rostock). ■

Fast and facile preparation of biopassive nonfouling coatings

Alexander S. Münch, Petra Uhlmann

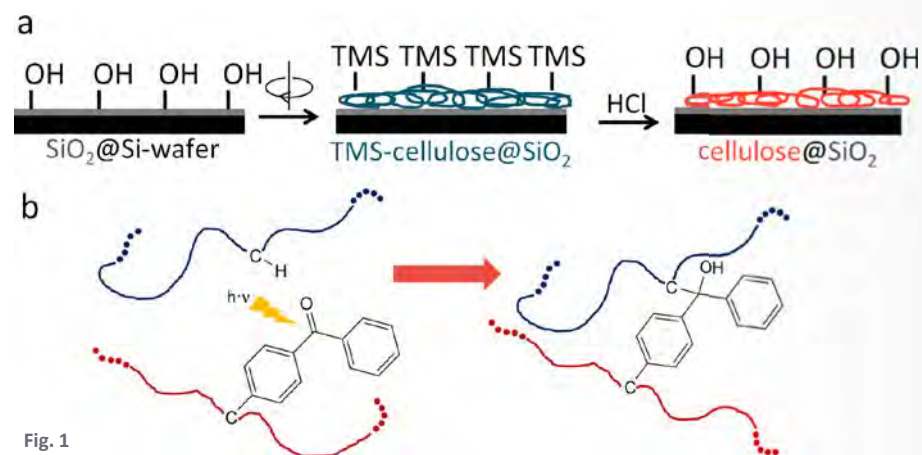


Fig. 1

The microbial infection as a result of biofilm formation is a serious problem of almost all surfaces including textiles, plastics, metals and papers. In a natural environment, yeasts, bacteria and other parasites can adhere on technical surfaces by adsorption of extracellular matrix components. The tailoring of surface properties by thin functional polymer films is considered to be an effective way to prevent bacteria adhesion. For an implementation into fast industrial coating processes the challenge of all those layers is their preparation in a short time, at low temperature and in one step. Multi-step grafting approaches, which are established in the lab, require high temperatures up to 170 °C and long preparation times of 16 h. Therefore a new functional co-polymer, composed of a protein repellent zwitterionic phosphorylcholine (MPC) and a benzophenone (BPO) anchor group, was synthesized. This polymer was grafted on technically relevant surfaces as paper. Since real paper surfaces do not only consist of cellulose but also a variety of additives and are characterized by a high roughness in the micrometer range, the characterization of thin nano films,

investigated in the present study, is very elaborate or impossible. Hence, cellulose model layers were prepared on silicon wafers via the soluble derivate trimethylsilyl cellulose and a following acidic conversion [Fig 1a]. Afterwards, the MPC-polymer was grafted in an one-step process using an UV-induced crosslinking reaction of the anchor unit BPO at 25 °C in < 2 min [Fig. 1b]. After the successful preparation of MPC-covered cellulose films the biopassive nonfouling behavior was investigated. The first step of a biofilm formation is the adhesion of extracellular biomolecules, like proteins. Hence the protein adsorption of a model protein was investigated quantitatively by spectroscopic *in situ* ellipsometry [Fig 2a]. With this method it is possible to analyze the changes of the optical properties of thin films during protein adsorption. With an appropriate mathematical model the amount of adsorbed protein can be calculated. The reference samples show a high potential to adsorb proteins from solution. The presence of MPC moieties reduced this amount considerably. In accordance with these data the intense fluorescence (green

color) observed on the reference samples indicate high degrees of protein adsorption. The grafting of MPC significantly reduced the protein adsorption [Fig 2b]. To verify the nonfouling performance cell adhesion experiments of Gram-negative (*Escherichia coli*) and Gram-positive bacteria (*Bacillus subtilis*) as well as of a fungus (*Saccharomyces cerevisiae*) were performed on MPC-functionalized cellulose substrates in comparison to cellulose@SiO₂ reference surfaces [Fig. 3]. The images demonstrate an expected detectable amount of cells on the non-functionalized samples. The amount of adhered cells decreases significantly on the MPC-grafted cellulose films.

In conclusion, a fast and efficient grafting-to approach of a new zwitterionic co-polymer on thin cellulose films was demonstrated. Because of its large hydrophilicity and degree of swelling the synthesized polymer has a high nonfouling potential, investigated and proofed by protein adsorption and cell adhesion measurements. It was found that this functional polymer layer reduces the adsorption of the studied pathogens significantly. To generate thin coatings on cellulose a fast one-step coating process was developed and performed by a UV-induced photo-crosslinking reaction of the photo-active benzophenone with C-H bonds of the substrate. The co-polymer can be grafted at room temperature in < 2 min on cellulose. The presented approach is scalable and integrable into industrial processes and applications. ■

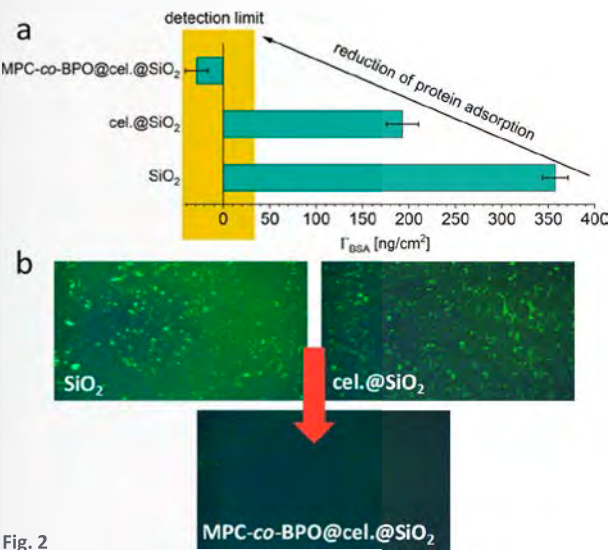


Fig. 2

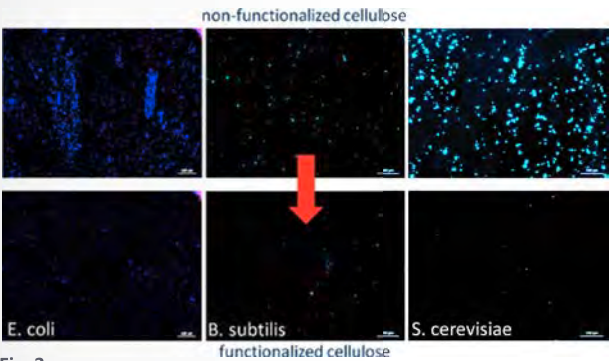


Fig. 3

Sponsor

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) of Germany (AiF-IGF 18696 BR)

Cooperation

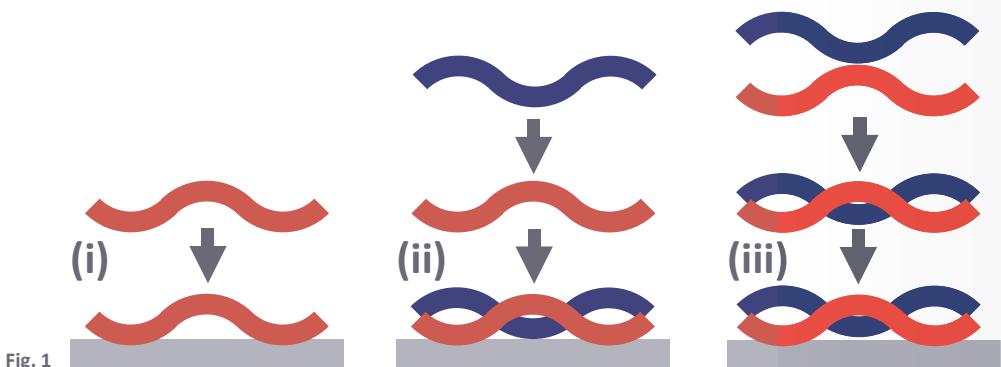
- Dr. Sabine Genest, Dr. Andreas Geißler, Papiertechnische Stiftung Heidenau
- Dr. Jens Schaller, Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung Rudolstadt
- Dr. Helfried Haufe, Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e. V. Dresden

Fig. 1 Generation of cellulose model layers via TMSC (a) and covalent bonding of the MPC-polymer by UV-radiation (b).
Fig. 2 a – Adsorbed protein amounts determined by *in situ* ellipsometry experiments. b – Images of fluorescence.
Fig. 3 Images of cell adhesion experiments on pure (above) as well as on functionalized cellulose (below).

- [1] A. S. Münch, M. Wölk, M. Malanin, K.-J. Eichhorn, F. Simon, P. Uhlmann: J. Mater. Chem. B. 6 (2018) 830–843.
[2] A. S. Münch, T. Fritzsche, H. Haufe, P. Uhlmann: J. Coat. Technol. Res. 15 (2018) 703–712.

Biorelated polyelectrolyte coatings studied by *in situ* attenuated total reflection-fourier transform infrared spectroscopy: Deposition concepts wet adhesiveness, and biomedical applications

Martin Müller, David Vehlow, Berthold Reis, Birgit Urban, Simona Schwarz



Polyelectrolytes (PEL) carrying either cationic or anionic units, are a fascinating polymer class, whose properties are determined by electrostatic forces on intra- and inter-molecular level. Intramolecularly, self repulsion of like charged polymer segments causes rather stretched PEL conformation, while intermolecularly attraction between oppositely charged PEL/PEL or PEL/surface causes dispersed systems or adhesive coatings, respectively. Herein three concepts to deposit water borne PEL coatings (Fig. 1) at planar substrates, which are wet-adhesive, nanostructured and platforms for biomedical applications, are reviewed [1].

Single PEL Deposition

At first, adsorption from single component cationic starch solutions (Fig. 1, i) at germanium (Ge) model substrates was performed. PEL charge density q_m (cationic substitution degree) was varied. The irreversibly adsorbed amount Γ was shown to increase with decreasing

PEL q_m (Fig. 2) according to a known relation [2]

$$\Gamma = K \sigma_0 l^2 / q_m$$

(K: constant, σ_0 : surface charge density, l: segment length)

This adsorption penalty is due to self-repulsion between primarily adsorbed cationic starch layer and further incoming cationic starch molecules [1].

PEM Deposition

Secondly, consecutive adsorption from cationic and anionic polysaccharide solutions (Fig. 1, ii) fabricating PEL multilayer (PEM) coatings according to [3] was performed. The number of adsorption steps z and outermost layer charge were varied. Exponentially increasing adsorbed amounts with z and pull out of last adsorbed outermost layer by present PEL was found. No significant dependence of rinse stability on outermost layer charge was found, since global PEM stoichiometry (i.e. molar ratio of cationic and anionic charges $n-/n+$) is assumed to be independent on local outermost layer variation [1].

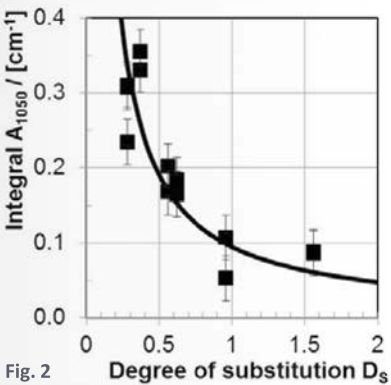


Fig. 2

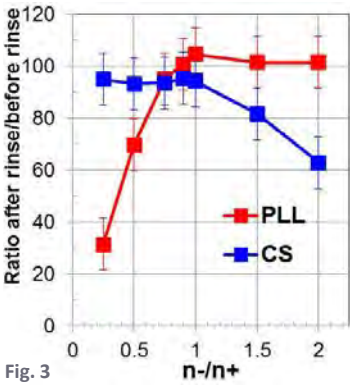


Fig. 3

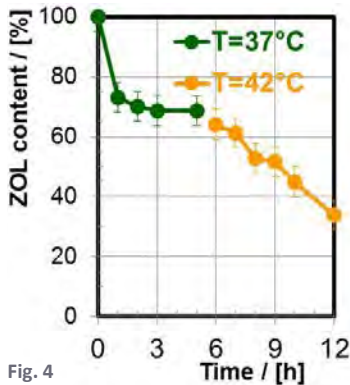


Fig. 4

PEC Deposition

Thirdly, single deposition from PEL complex (PEC) dispersions prepared by mixing cationic polypeptide (PLL) and anionic polysaccharide (CS) solutions prior to coating (Fig. 1, iii) was performed. Increasing deviation from $n-/n+ = 1.0$ caused increasing rinse out of the respective excess PEL component, so that excess PLL was rinsed out for $n-/n+ < 1$ and excess CS for $n-/n+ > 1$ (Fig. 3). This effect is unique for PEC coatings with rather global $n-/n+$ variations compared to PEM coatings with rather local $n-/n+$ variations at the outermost layer [1].

Conclusion and Applications

Conclusively, all PEL deposition concepts result in wet-adhesive coatings, if either PEL charge is kept low (single PEL) or intrinsically compensated (mixed PEL). Moreover, σ_0 [4], deswelling, chain entangling and nonelectrostatic forces contribute. Life science applications are seen. Concerning biopassivation PEM and PEC coatings were shown to repel proteins due to slight electrostatic repulsion [5, 6]. Concerning bioactivation drugs can be loaded, stored and released [7, 8] even on-demand [9, 10] shown for bone healing zoledronate (ZOL) at thermoresponsive PEC coatings. ■

Sponsor

Teilweise gefördert durch DFG (TRR 79)

Cooperation

- Prof. Heidemarie Schmidt, Leibniz-Institut für Photonische Technologien Jena e. V.
- Prof. Dirk Kuckling, Universität Paderborn, Makromolekulare Chemie
- Prof. Elisabetta Ada Cavalcanti-Adam, MPI für Medizinische Forschung, Heidelberg
- Prof. Katrin Susanne Lips, Uni Gießen, Experimentelle Unfallchirurgie

Fig. 1 Deposition concepts of single (i) and mixed oppositely charged (ii, iii) PEL components at planar substrate [1].

Fig. 2 Adsorption from cationic starch solution at Ge model substrate. Plot of diagnostic starch IR band integral versus cationic substitution degree. Data points were fitted by reciprocal function according to [2].

Fig. 3 Wet-adhesiveness of PEC coatings. Ratio of diagnostic IR band integral after and before rinsing in H₂O was plotted versus $n-/n+$ for PLL/CS coatings [1].

Fig. 4 Elevated elution of ZOL from EDAC/PNIPAM-AA coatings in HEPES buffer switching T = 37 to 42 °C [9].

- [1] M. Müller, B. Urban, S. Schwarz: Langmuir 34 (2018) 8129–8144.
- [2] N. G. Hoogeveen, M. A. Cohen-Stuart, G. Fleer: J. Coll. Interf. Sci. 182 (1996) 133–145.
- [3] G. Decher, J. D. Hong, J. Schmitt: Thin Solid Films 210/211 (1992) 831–835.
- [4] H. Schmidt, C. Baumgart, I. Skorupa et al.: US 2014/0291143 A1.
- [5] M. Müller, T. Rieser, P. L. Dubin et al.: Macromol. Rapid Commun. 22 (2001) 390–398.
- [6] M. Müller, B. Keßler, N. Houbenov et al.: Biomacromolecules 7 (2006) 1285–1294.
- [7] M. Müller, B. Torger, D. Wehrum et al.: Biointerphases 10 (2015), 011001.
- [8] R. Petzold, D. Vehlow, B. Urban et al.: Coll. & Surf. B 151 (2017) 58–67.
- [9] M. Müller, B. Urban, D. Vehlow et al.: Coll. Polym. Sci. 295 (2017) 1187–1199.
- [10] M. Müller, B. Reis, B. Urban et al.: Polymers 10 (2018) 1314–1322.

Exploring the astringent stimulation of the tooth-saliva interphase

Ralf Zimmermann, Jens Friedrichs, Susanne Stehl, Carsten Werner

Oral astringency, a dry, puckering mouthfeel, is perceived when consuming food products, such as unripe fruits and teas rich in polyphenols [1]. In addition, cationic compounds, containing high isoelectric point proteins, certain amino-functionalized polymers, and multivalent metal salts induce astringency [2]. Previous studies on the molecular mechanisms underlying the mouth-roughing sensation focused primarily on the characterization of interactions between astringents and proteins within the salivary phase, but could not clearly establish a correlation between protein precipitation and the perception of astringency [3]. These approaches largely underestimated the role of the proteinaceous pellicle layer, which develops on contact with saliva on the surface of teeth [4] as a contribution to oral astringency [5]. To unravel the mechanisms underlying oral astringency, we analysed the charging, thickness, visco-elastic properties, ultrastructure, and morphology of pellicles formed on the model substrates silicon oxide (SiO₂), Teflon® AF, and hydroxy-apatite, as well as on bovine enamel before and after incubation with the astringents

epigallocatechin gallate, tannic acid, iron(III) salt, lysozyme, and chitosan [6]. Regardless of the underlying substrates, it was found that the pellicles are viscous (fluid-like) films with a thickness of about 20 nm and an average roughness below 1 nm. Streaming current measurements revealed a negative net charge under physiological pH conditions, indicating the prevalence of negatively charged proteins within pellicles. When incubated with the various classes of oral astringents, the surface charge, roughness, and thickness of the pellicles were differently affected. Treatment with

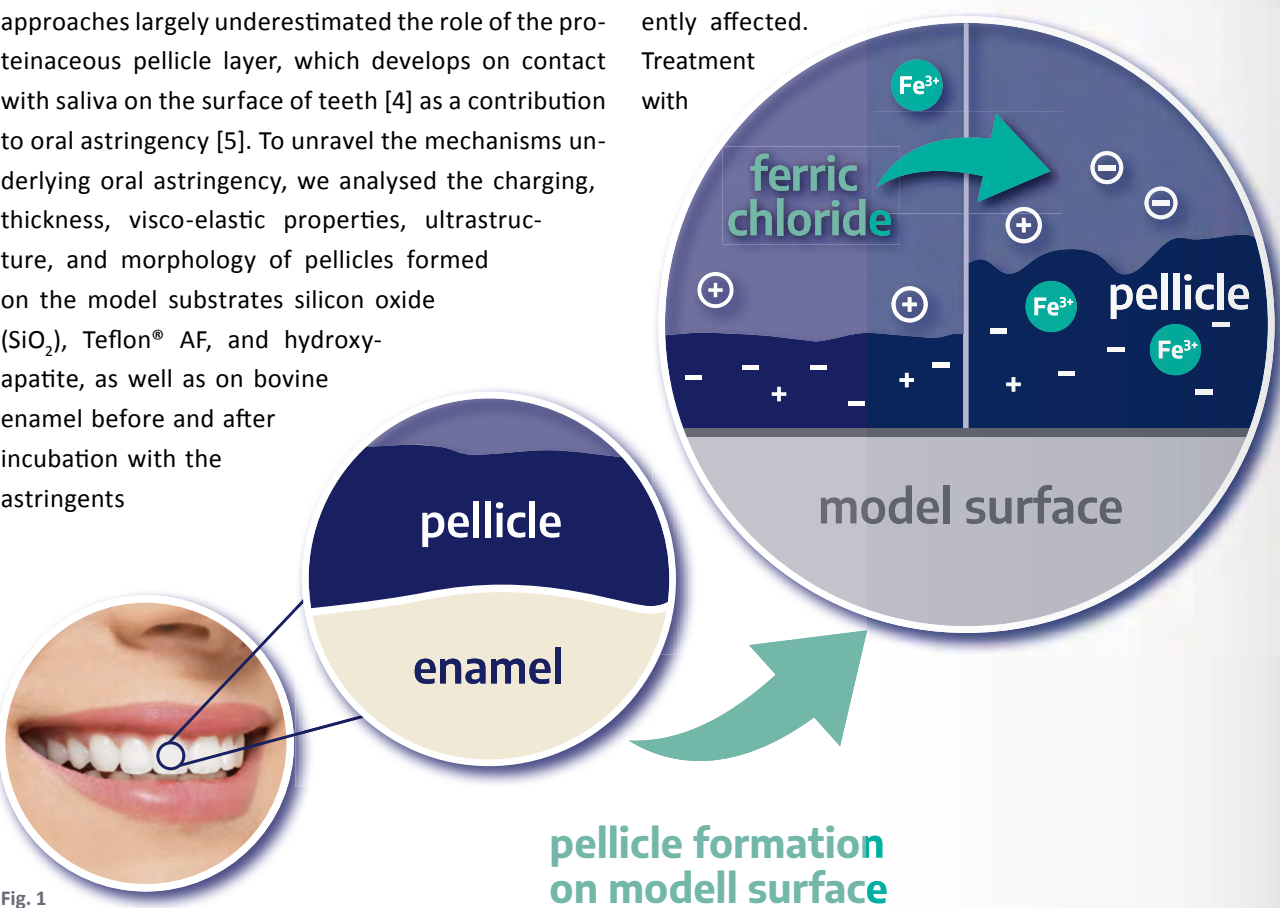


Fig. 1

polyphenolic astringents, which are typically present in the saliva during ingestion of plant-based food and beverages, did not alter the pellicle charge but increased its roughness and thickness. In contrast, even low concentrations of cationic astringents resulted in overcharging of the pellicle. Lysozyme caused major changes in the electrostatic properties of the salivary pellicles but induced only moderate changes in the surface morphology. The results obtained suggest that the molecular mechanisms underlying the loss of dental lubrication as part of oral astringency are different for polyphenols and cationic substances. Hydrogen bonding, hydrophobic interactions, and entropic effects may drive the association of polyphenols with salivary proteins and contribute to the loss of lubrication [7], whereas electrostatic interactions dominate the binding of cationic substances to salivary protein layers. In the latter case, overcharging was observed in the electrokinetic experiments far below the sensory threshold concentrations for oral astringency – an effect that can be attributed to the buffering and scavenging capacity of the saliva in the oral cavity. ■

Sponsor
This study has been funded in part by the German Research Foundation (DFG, SFB 1027).

Cooperation

- Dr. Judith Delius, Chair of Food Chemistry and Molecular Sensory Science, Technical University of Munich
- Prof. Thomas Hofmann, Chair of Food Chemistry and Molecular Sensory Science, Technical University of Munich and Leibniz-Institute for Food Systems Biology at the Technical University of Munich
- Prof. Christian Hannig, Clinic of Operative and Pediatric Dentistry, Medical Faculty Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden
- Prof. Matthias Hannig, Dr. Melanie Rehage, Clinic of Operative Dentistry, Periodontology and Preventive Dentistry, University Hospital, Saarland University

Fig. 1 Pellicles, a thin layer of glycoproteins, form on the enamel surface of teeth upon contact with saliva. To unravel the mechanisms of oral astringency, the charging, thickness, visco-elastic properties, ultrastructure, and morphology of pellicles on model surfaces were studied in the presence of various classes of astringents (here cationic Fe³⁺ ions). Photo (on the left) © www.shutterstock.com

[1] S. Scharbert, N. Holzmann, T. Hofmann: J. Agr. Food Chem. 52 (2004) 3498–3508.
[2] J. Delius, G. Médard, B. Kuster, T. Hofmann: J. Agr. Food Chem. 65 (2017) 2147–2154.
[3] P. Luck, K. Varum and E. Foegeding: Food Hydrocolloids 48 (2015) 174–178.
[4] C. Hannig, D. Berndt, W. Hoth-Hannig, M. Hannig: Arch. Oral Biol. 54 (2009) 518–526.
[5] A. Nayak, G. Carpenter: Physiol. Behav. 95 (2008) 290–294.
[6] R. Zimmermann, J. Delius, J. Friedrichs, S. Stehl, T. Hofmann, C. Hannig, M. Rehage, C. Werner, M. Hannig: Colloids Surf. B 174 (2019) 451–458.
[7] J.-W. Yao, C.-J. Lin, G.-Y. Chen, F. Lin, T. Tao: Arch. Oral Biol. 55 (2010) 470–478.

Immunomodulatory polymer coatings

Tina Helmecke, Dominik Hahn, Manfred F. Maitz, Carsten Werner

We recently developed a hydrogel system with feedback controlled anticoagulant properties by crosslinking the polysaccharide heparin with a four-armed PEG molecule (starPEG) via linker peptides, which are cleavable by activated coagulation factors. It takes use of the activated blood coagulation to release the anticoagulant heparin. Such hydrogels are suggested as coatings of blood contacting devices including vascular catheters, stents or tubings of extracorporeal circuits [1,2]. In addition to the coagulation activation, foreign materials in blood contact can induce inflammatory defense reactions. These may occur in different forms, such as acute redness, fibrous encapsulation or – in the case of vascular stents – restenosis, a proliferation of the arterial wall, ultimately leading to occlusion. This indicates a clinical need for low inflammatory or actively anti-inflammatory surfaces. We therefore aim at translating the previously established concept of adaptively anticoagulant hydrogel coatings to a similarly adaptive anti-inflammatory release system.

Biomaterials-induced inflammation is often caused by an activation of the complement cascade, a part of the innate immune system that is not adaptable and consists of a number of small proteins. Complement activation goes along with granulocyte activation, which release – among others – leukocyte elastase, a serine protease. To explore the feasibility of an elastase-triggered adaptive anti-inflammatory release system (Fig. 1), we developed a hydrogel material consisting of heparin starPEG covalently connected by elastase cleavable linker peptides. An anti-inflammatory drug was conjugated to the network through the cleavable linker peptide. Upon granulocyte activation (elastase release)-controlled peptide cleavage, the hydrogels deliver both the anticoagulant heparin along with the anti-inflammatory drug. The drug was selected to either inhibit the complement system or the complement mediated leukocyte activation.

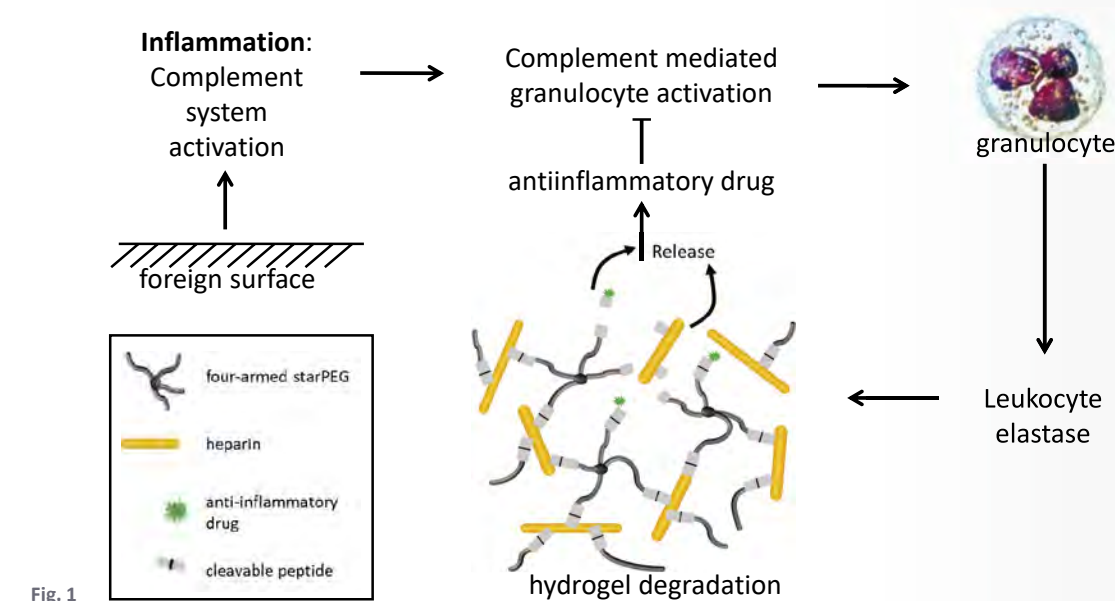


Fig. 1

Specifically, the hydrogel was designed to contain a peptide with the elastase-cleavable sequence Ala-Ala-Pro-Val||Arg. It was verified that the hydrogel is degraded in dose dependence on elastase without burst release or spontaneous degradation. Then, 1% – 5% of the peptides conjugated at the starPEG were conjugated with a fluorescent dye as a model for drugs to be conjugated. The hydrogels were exposed to isolated granulocytes at resting state or when exposed

to the stimulus opsonized zymosan. Only activated granulocytes were observed to degrade the hydrogel (Fig. 2). The released amounts of the cleaved off model compounds (1–2 $\mu\text{mol/l}$) are in the therapeutic range of several successfully applied anti-inflammatory drugs. The granulocyte-secreted enzymes were furthermore shown not to degrade the building blocks of the hydrogels when linked without cleavable peptides incorporated [3].

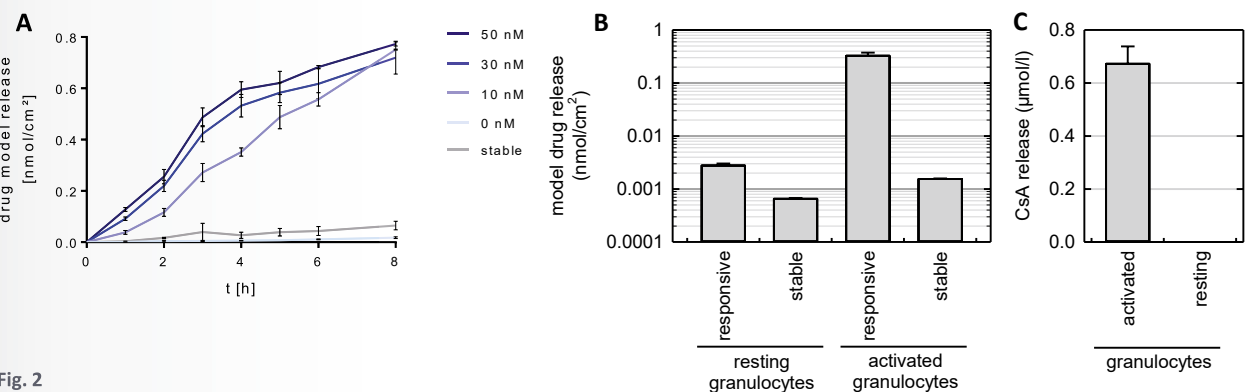


Fig. 2

Preliminary work demonstrated the feasibility of the granulocyte-controlled, adaptive delivery of the peptide-type complement C5a receptor inhibitor PMX53 (inhibiting the response of granulocytes to the activated complement system) using the above hydrogel-based release system. As an alternative, the cyclophilin / calcineurin inhibitor cyclosporine was linked to the hydrogel and showed a granulocyte dependent release profile (Fig. 2C). Ongoing studies aim at further exploring the potential of the adaptive anti-inflammatory release system in application-related conditions. The approach promises to maximize the drug action at minimized doses, offering a better protection of the patient while reducing adverse reactions. ■

Sponsor
RESPONSE – Partnerschaft für Innovation in der Implantattechnologie im Rahmen des BMBF-Programms „Zwanzig20 Partnerschaft für Innovation“

Cooperation
▪ Dr. Lars Franke,
▪ Prof. Gunter Fischer,
Max Planck Institut für Biophysikalische Chemie, Halle

Fig. 1 Adaptive anti-inflammatory action of a feedback-controlled hydrogel-based drug delivery system.
Fig. 2 Inflammation-responsive anti-inflammatory (model) release system. (A): Release in response to pure leukocyte elastase. (B): Release in response to resting and activated granulocytes. (C) Release of active cyclosporine A (CsA) by activated and resting granulocytes.

[1] M. F. Maitz, U. Freudenberg, M. V. Tsurkan, M. Fischer, T. Beyrich, C. Werner, *Nature Commun.* (2013) doi:10.1038/ncomms3168.
[2] M. F. Maitz, J. Zitzmann, J. Hanke, C. Renneberg, M. V. Tsurkan, C. Sperling, U. Freudenberg, C. Werner, *Biomaterials* 135 (2017) 53–61.
[3] T. Helmecke, Master thesis, BTU Cottbus-Senftenberg, Dresden, 2017.

Glycosaminoglycan-based biohybrid hydrogels with variable sulfation patterns

Passant Atallah, Lucas Schirmer, Mikhail Tsurkan, Yanuar Dwi Putra Limasale, Ralf Zimmermann, Carsten Werner, Uwe Freudenberg.

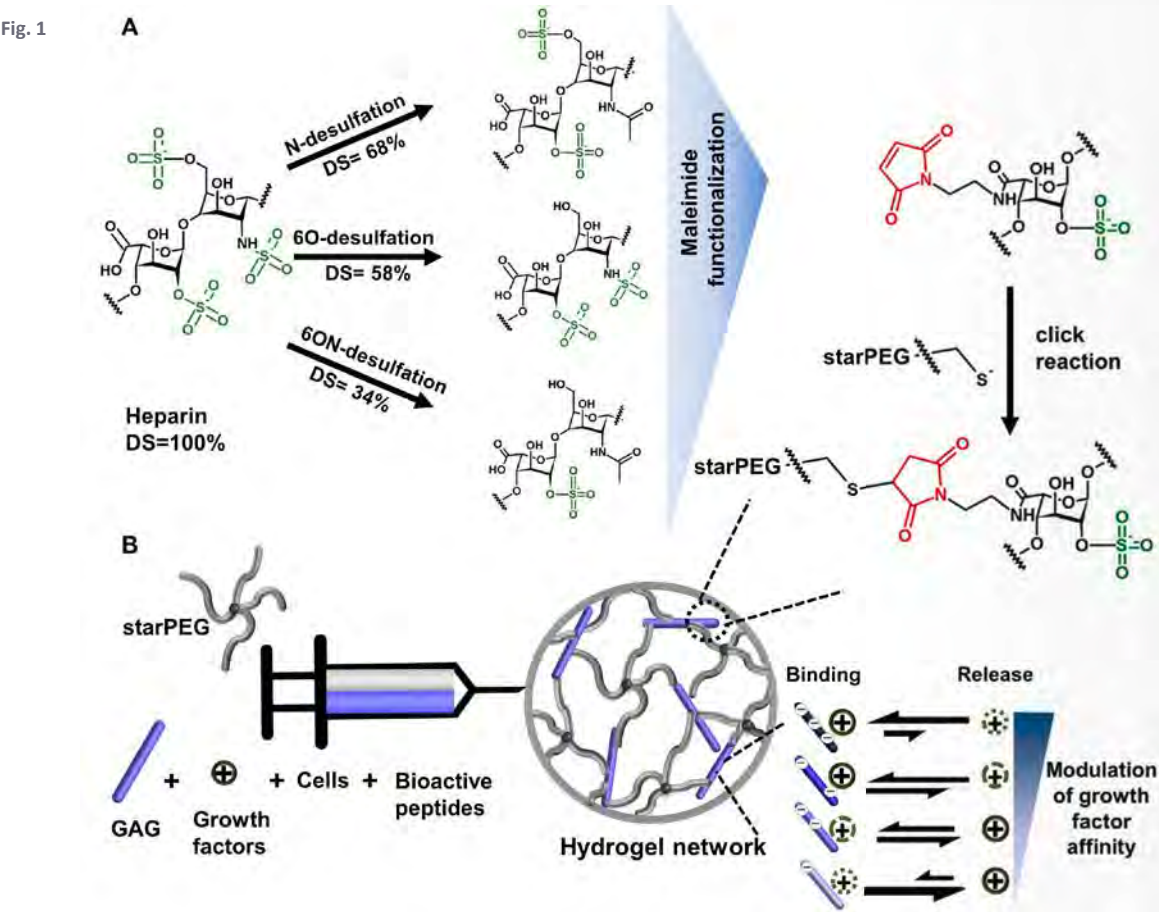


Fig. 1
Synthesis of selectively desulfated heparin derivatives functionalized with reactive maleimide groups to enable *in situ* crosslinkable hydrogels with thiolated starPEG. A) Selective removal of heparin's sulfate groups at one or more positions showing the subsequent degree of sulfation (DS) followed by maleimide functionalization. B) Injectable hydrogels are produced through a click reaction between heparin maleimide and thiolated starPEG with the simultaneous incorporation of cells, growth factors and bioactive peptide sequences (e.g. RGD, MMP-cleavable linkers) during the crosslinking process while selective desulfation allows for the modulation of growth factor affinity to heparin.

Glycosaminoglycans of distinct sulfation patterns play a pivotal role in development, homeostasis, regeneration and disease by modulating the presentation of cell-instructive signaling molecules. To apply this principle in the design of *in situ* crosslinkable hydrogels – suitable for cell embedding and injection into tissues – we developed and characterized a set of biohybrid gel materials based on selectively desulfated heparin derivatives. In here, *in situ* crosslinkable biohybrid hydrogels with variable sulfation pattern of the GAG building block have been synthesized and the influence of the charge pattern on the physical and biochemical properties was studied. Heparin, a highly sulfated GAG, was modified

by selective desulfation procedures to yield chemically defined derivatives which were further functionalized with maleimide groups to allow for cell-compatible Michael-type addition reaction for crosslinking (Fig. 1). Next, the synthesized building blocks were utilized to form well defined hydrogel matrices by reaction with thiol-terminated star-PEG to produce highly tunable hydrogel network properties with variable sulfation patterns. The influence of the different sulfation patterns of the various heparin-derivatives to the interaction with platelet derived growth factor-BB (PDGF-BB) was evaluated by biolayer interferometry. GAG sulfation affected the protein binding and was highly dependent on the site of desulfation on the GAG molecule. Additionally, the change in the protein affinity to the heparin derivatives influenced their binding and release kinetics when PDGF-BB was incorporated within different hydrogels where gradual desulfation allowed for modulation of their release profiles (Fig. 2A). Exemplarily, we applied the resulting materials for tailoring morphogenic gradients of PDGF-BB in 3D culture. The conditions identified with this approach were demonstrated to effectively control the fate and morphogenesis of embedded mesenchymal stem cells (MSCs) (Fig. 2B). The development of a platform of *in situ* forming (injectable) GAG-based hydrogels with tunable sulfation patterns expands our options to tailor hydrogel properties for customized cytokine delivery, paving the way for thoroughly controlled 3D cultures and precision tissue engineering [1]. ■

Sponsor
Deutsche Forschungsgemeinschaft
through CRC TR 67 (P.A., L.S. C.W. and U.F.)

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

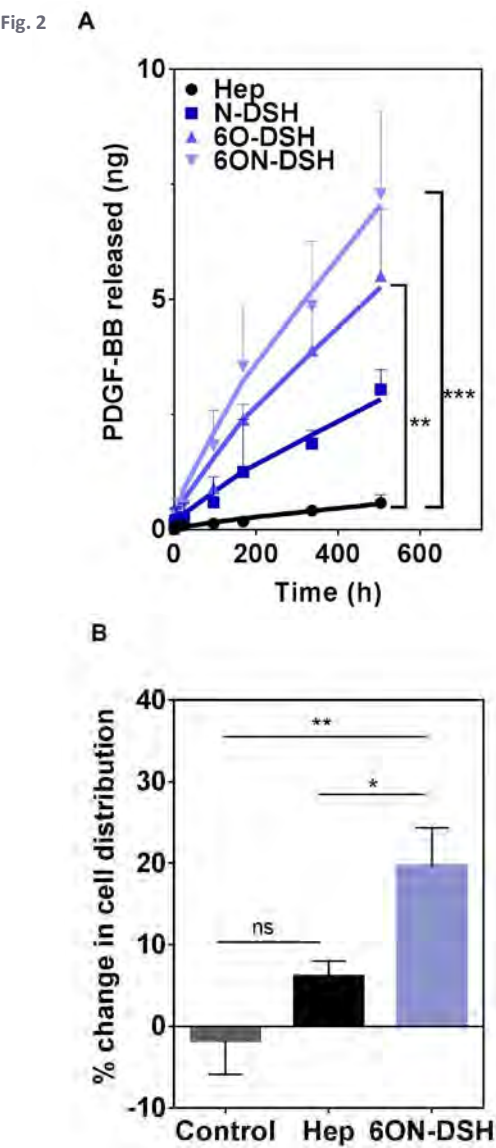


Fig. 2
A) Tunable protein release from the starPEG-GAG hydrogels with various sulfation degrees. Experimentally determined cumulative release (data points) of PDGF-BB and least-squares best fits of the data (solid lines) using the reaction-diffusion model for Hep, N-DSH, 6O-DSH and 6ON-DSH hydrogels loaded with 100 ng PDGF-BB. B) Morphogenesis of MSCs in PDGF-BB loaded hydrogels with various sulfation degrees. Quantification of the % change in cell distribution in response to the release of PDGF-BB from Hep and 6ON-DSH hydrogels in 3D cell culture.

For Figure 1 and Figure 2: Adapted from [1]. Copyrights 2018, Elsevier.

Mimicking breast cancer to bone metastasis *in vitro* using biphasic hydrogel-cryogels

Petra B. Welzel, Constanze Secker, Jana Sievers, Marcus Binner, Carsten Werner

Breast cancer frequently metastasizes to bone causing severe morbidity and mortality. A greater understanding of mechanisms leading to bone-specific metastasis could improve therapeutic strategies and thus improve patient survival. Valuable tools to investigate heterotypic cell-cell and cell-matrix communications in cancer migration to bone are provided by three-dimensional (3D) *in vitro* culture models that mimic key features of the *in vivo* situation.

Here, we developed adaptable hydrogel-assisted biphasic constructs (Fig. 1), which allow the creation of a physiologically relevant scenario with co-cultures of up to four cell types in order to mimic breast tumor tissue spatially separated from bone [1]. A biohybrid *in situ* forming hydrogel, based on the glycosaminoglycan heparin and synthetic four-arm poly(ethylene glycol) (starPEG) was used for embedding breast cancer cells. Vascular and supporting cell types (endothelial cells and mesenchymal

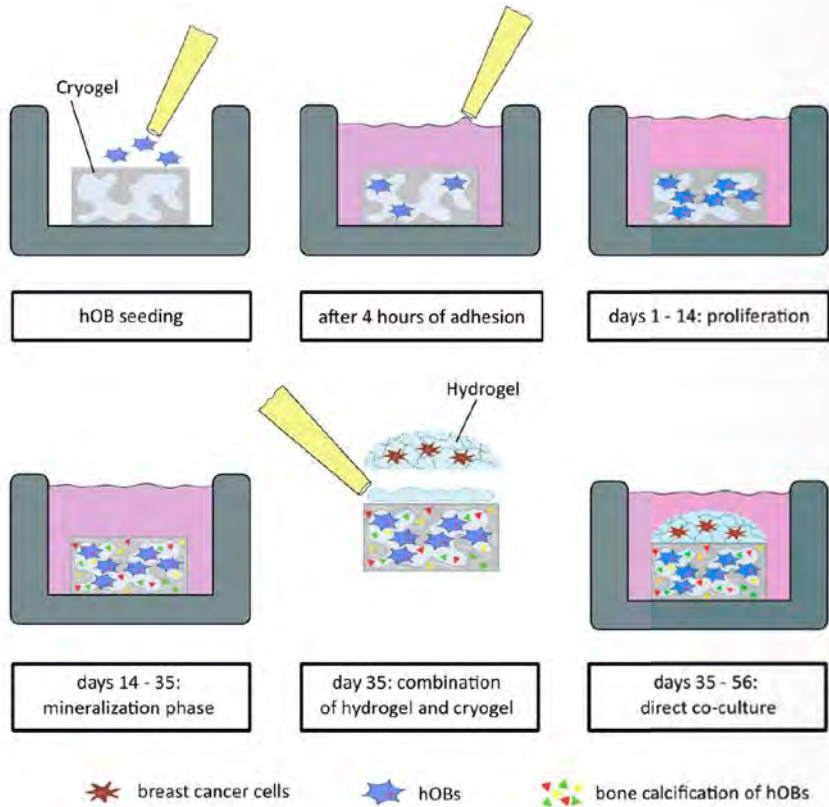


Fig. 1

stem cells) were further added to the hydrogel phase as a tri-culture with breast cancer cells to establish a vascularized tumor microenvironment [2] and demonstrate its potential to explore the effects of angiogenesis on breast cancer migration. Macroporous starPEG-heparin hydrogels prepared by cryogelation (starPEG-heparin cryogels) in our group [3] provide easy-to-handle and robust 3D scaffolds with ideal structural properties to mimic the trabecular bone and were seeded with primary human

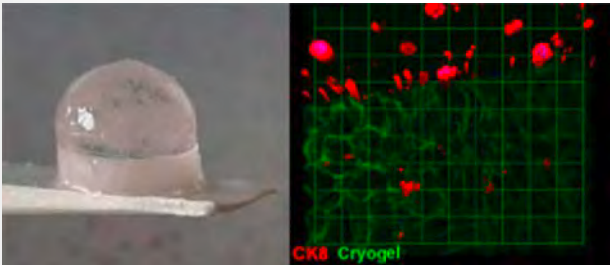


Fig. 2

bone cells (osteoblasts, hOBs). hOBs remained functional in the cryogels and established a bone-like environment (mineralized matrix) as shown by scanning electron microscopy, alkaline phosphatase and Alizarin Red staining and wide-angle X-ray scattering. The designed biphasic 3D-3D co-culture systems (Fig. 2) were analyzed for cell viability, morphology and migration within the micro-environments. Both investigated breast-cancer cell lines invaded the bone-like cryogel and formed micrometastases. Highly metastatic MDA-MB-231 cells migrated quicker and in a higher number into the bone construct compared to low metastatic MCF-7 cells. Furthermore, in both cases, migration to the cryogel construct was higher in the hOB-modified microenvironment, probably due to hOB-secreted cytokines. All tricultures with both breast-cancer cell lines showed a robust vascularization throughout the hydrogel after seven days of co-culture. Our results demonstrate the utility of the established biphasic hydrogel-cryogel models to unravel the complex

interactions between breast cancer cells and the bone/bone environment. Moreover, it offers promise for the study of the molecular mechanisms of bone metastasis, and may also be extended to study patient-derived breast cancer cells for personalized medicine and evaluate individual metastatic potential. ■

Sponsor

- Deutsche Forschungsgemeinschaft, SFB-TR 67, WE 2539-7 and FOR/EXC999
- Leibniz Association, SAW-2011-IPF-2 68
- European Commission, Integrated Project: ANGIOSCAFF
- Cure Cancer Australia (Cancer Australia), #1100577
- National Breast Cancer Foundation of Australia

Cooperation

- Dr. Laura J. Bray, Berline Murekatete, Queensland University of Technology
- Prof. Peter Fratzl, Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, Potsdam-Golm
- Prof. Claudia Fischbach-Teschl, Cornell University, Ithaca

Fig. 1 Experimental design of the biphasic breast cancer to bone metastasis *in vitro* model: hOBs were seeded onto cylindrical cryogels. After 4 h of initial adhesion, hOB growth medium was added and samples were cultured for 14 d. Next, the hOBs were stimulated in the mineralization phase (days 14 – 35). At 35 d, hydrogels with various cell types (breast cancer cell monocultures or tri-cultures with endothelial cells and mesenchymal stem cells) were attached on top of the cryogels.

Fig. 2 Left: photograph of the biphasic breast-tumor-tissue (hydrogel) /bone (cryogel) *in vitro* model. Right: representative 3D confocal image shows a 3D overview of a hydrogel with MCF-7 tumor spheroids and cryogel (with hOBs) with migrated MCF-7 cells (micrometastases) (10 x, 1 unit = 155 µm). Colors refer to MCF-7 cells (red, immunofluorescence staining of CK8) and cryogel (green, Alexa Fluor 488 labeled).

[1] L. J. Bray, C. Secker, B. Murekatete, J. Sievers, M. Binner, P. B. Welzel, C. Werner: Cancers 10 (2018) 292.
[2] L. J. Bray, M. Binner, A. Holzheu, J. Friedrichs, U. Freudenberg, D.W. Hutmacher, C. Werner: Biomaterials 53 (2015) 609–620.
[3] P.B. Welzel, M. Grimmer, C. Renneberg, L. Naujox, S. Zschoche, U. Freudenberg, C. Werner: Biomacromolecules 13 (2012) 2349–2358.

Oxygen producing microscale spheres to trigger cell survival upon transplantation

Heike Newland, Dimitri Eigel, Carsten Werner and Ben Newland

Oxygen plays an essential role for many living processes in cells, such as cell growth, cell death and as a molecule to communicate [1,2]. The replacement of cells, e.g. grafting neuronal cells to the brain, is an intensively researched topic, because it shows promising perspectives to become part of future therapeutic approaches [3–6]. This is particularly of importance for various disorders of the central nervous system like Parkinson’s disease or Huntington’s disease [4,5]. However, many research studies have shown that most of the grafted cells die after the transplantation surgery [3,4,7]. In our study, we hypothesized that an insufficient oxygen availability within the cell graft might be the reason for this problem. Therefore, we have created small spherical materials (see Fig. 1A) that produce oxygen, which might provide the necessary amount of oxygen to the cells for rescuing them during the replacement therapy. In order to apply such substances to the brain, they have to be injectable. Hence, we have created this material on the microscale, so it can pass through a 30 gauge needle. The oxygen producing micro-spherical material comprised of a solid inorganic peroxide (calcium peroxide, CaO_2), which was encapsulated in a polymer network made of poly(ethylene glycol) diacrylate (PEGDA) in combination with catalase, an enzyme that breaks down hydrogen peroxide (H_2O_2) into water and oxygen

(see Fig. 1B). In order to demonstrate the applicability of this material, we have monitored the oxygen production profile over time (see Fig. 1C). Additionally, we have set up an *in vitro* experiment to simulate the graft environment *in vivo* (0.1 % oxygen (hypoxia)). Then, after applying the oxygen-producing biomaterial to the neuronal cells in these conditions, it was noticed that the oxygen was consumed very quickly. Furthermore, the oxygen producing materials rescued the cells from hypoxia induced cell death (see Fig. 1D+E). The additional consumed oxygen showed, in total, a positive effect on the cell survival within these graft-mimicking conditions. Our future studies will focus on improving the material to deliver oxygen over a longer period in order to further enhance oxygen delivery and thus cell survival. ■

Sponsor

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Project number 320041273

Cooperation

Anne E. Rosser,
Brain Repair Group, School of Biosciences,
Cardiff University, UK

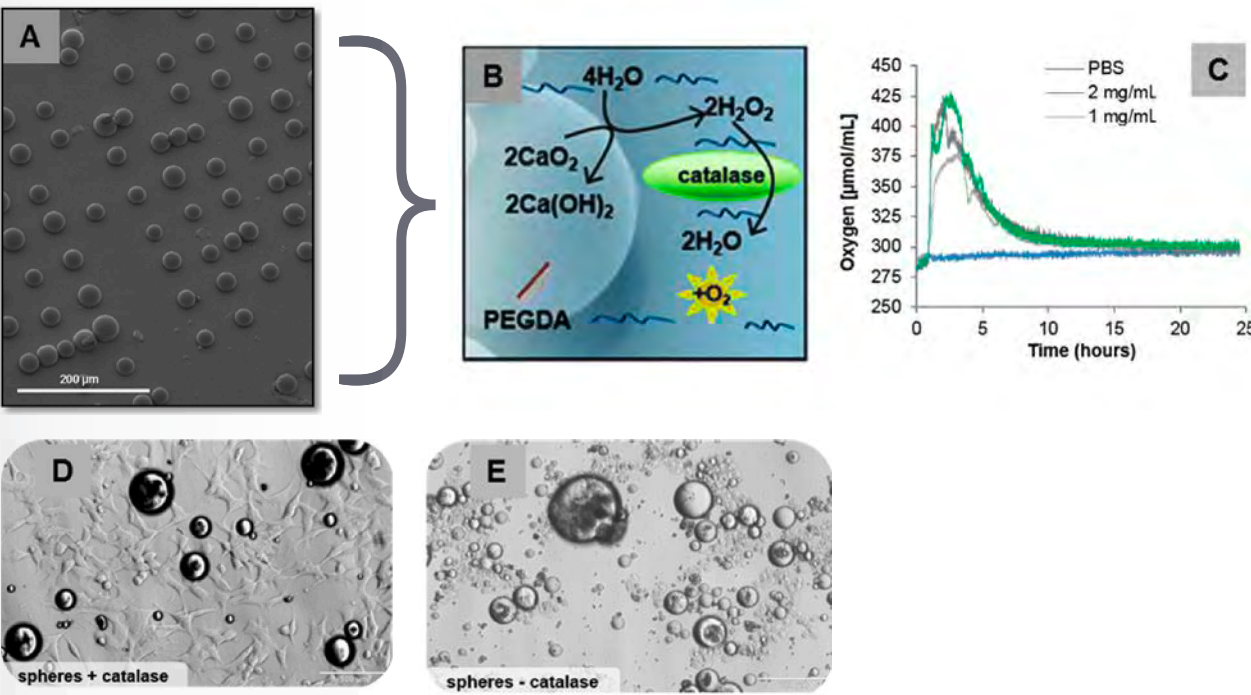


Fig. 1 (A) Scanning electron microscopy image of the oxygen producing spheres. (B) Schematic representation of the oxygen producing mechanism of spheres. (C) Oxygen release profile of different concentrations of the oxygen producing spheres. (D+E) Neuronal derived cells cultured in the presence of spheres with (+) and without (-) additional catalase.

[1] J. Malda, T. J. Klein, Z. Upton: Tissue Engineering 13 (2007) 2153–2162.
[2] G. L. Semenza: Science, 318 (2007) 62–64.
[3] J. Praet, E. Santermans, J. Daans, D. Le Blon, C. Hoornaert, H. Goossens, N. Hens, A. Van der Linden, Z. Berneman and P. Ponsaerts: Cell Transplantation 24 (2015) 1481–1492.
[4] K. Reekmans, N. De Vocht, J. Praet, E. Fransen, D. Le Blon, C. Hoornaert, J. Daans, H. Goossens, A. Van der Linden, Z. Berneman, P. Ponsaerts: Stem Cell Research & Therapy 3 (2012) 56.
[5] D. Le Blon, C. Hoornaert, J. R. Detrez, S. Bevers, J. Daans, H. Goossens, W. H. De Vos, Z. Berneman, P. Ponsaerts: Journal of Tissue Engineering & Regenerative Medicine 11 (2016) 2846–2852.
[6] N. De Vocht, J. Praet, K. Reekmans, D. Le Blon, C. Hoornaert, J. Daans, Z. Berneman, A. Van Der Linden, P. Ponsaerts: Stem Cell Research & Therapy 4 (2013) 101.
[7] M. Deschepper, M. Manassero, K. Oudina, J. Paquet, L. E. Monfoulet, M. Bensidhoum, D. Logeart-Avramoglou, H. Petite: Stem Cells 31 (2013) 526–535.

Unraveling the regulation of neural stem cell plasticity in three-dimensional cultures

Uwe Freudenberg, Jens Friedrichs, Carsten Werner

Neural stem cells (NSCs) can differentiate into different types of neurons, forming an endogenous cell reservoir that can be used for regenerative therapies in disease-related conditions such as neurodegeneration. In Alzheimer's disease (AD), NSCs lose their plasticity and thus their regenerative capacity. Accordingly, a realistic and reproducible 3D culture system that promotes neuronal network generation and thus can be used to induce a pathogenic phenotype representative of AD is of critical importance for studying the behavior of human NSCs under such pathogenic conditions. As such, we have developed a modular culture system employing enzymatically cleavable hydrogels made of star-shaped poly(ethylene glycol) (starPEG) and the glycosaminoglycan heparin to form extensive neuronal networks of primary human astrocytes or NSCs derived from human induced pluripotent stem cells in a tissue-mimetic manner (see Fig. 1, A and (1)). Optionally, AD typical pathogenic conditions where induced by homogenous distribution of an amyloid-b42 peptide within the 3D-culture that causes classical neuropathology and hinders NSC plasticity by inducing kynurenic acid (KYNA) production (see Fig. 1,B and (1)). Subsequent application of the heparin binding

cytokine interleukin-4 (IL-4) restores NSC proliferative and neurogenesis (see Fig. 1, B and (1)) by suppressing the KYNA-producing enzyme kynurenine aminotransferase, which has been shown to be upregulated in mouse models of AD and in postmortem human AD brains. In summary, the developed 3D culture system allows a reductionist study of the regulation of NSC plasticity in humans, thus paving the way for the identification of potential therapeutic targets for intervention in AD or for other neurodegenerative diseases. ■

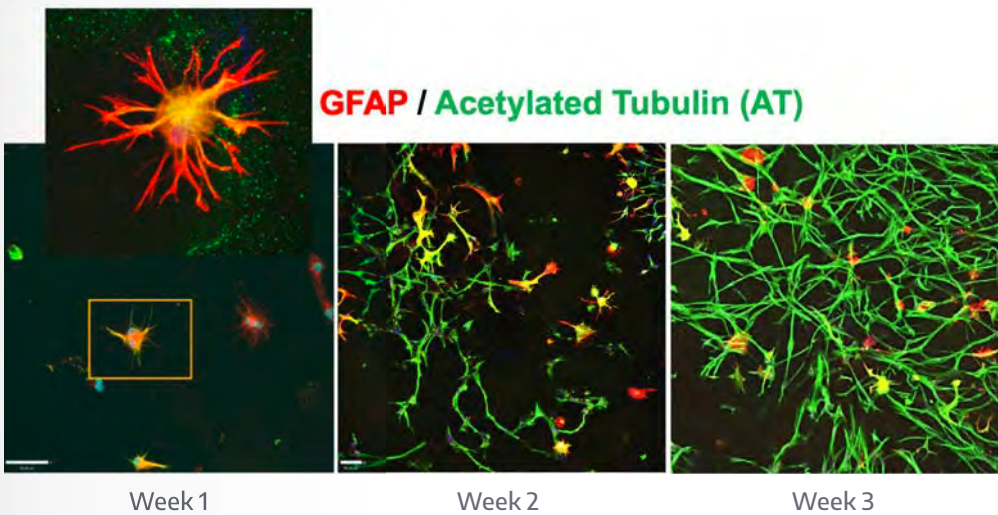
Cooperation

- Dr. Caghan Kizil and Dr. Christos Papadimitriou, German Center for Neurodegenerative Diseases (DZNE) Dresden within the Helmholtz Association, Center for Regenerative Therapies Dresden (CRTD), Technische Universität Dresden
- Prof. Dr. Yixin Zhang, BCUBE, Center for Molecular Bioengineering, Technische Universität Dresden

[1] C. Papadimitriou et al.: Developmental Cell 46 (2018), 85–101.

Fig. 1

A: Neuronal network formation in StraPEG-heparin hydrogels



B: NSC plasticity upon Aβ42 or IL-4 treatment

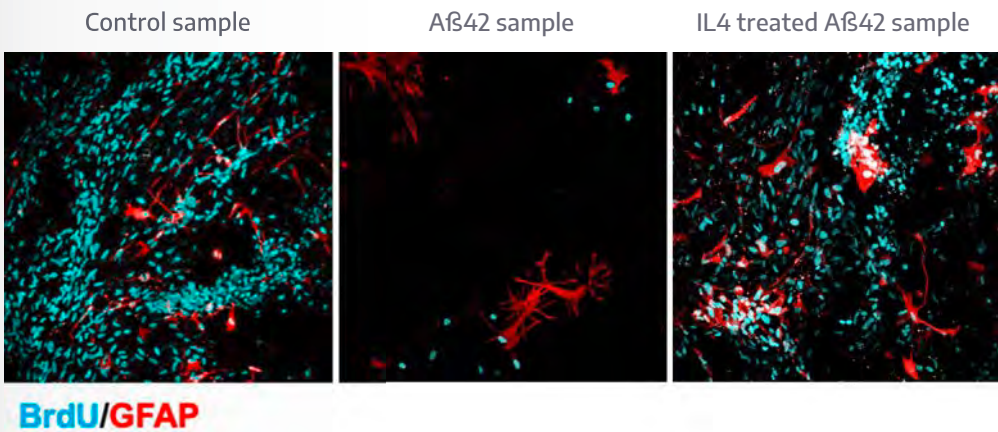


Fig. 1 (A) Formation of mature neuronal networks in starPEG-heparin hydrogels over the course of three weeks. The resulting structures resemble the *in vivo* appearance of brain tissue. Neuronal (GFAP) and acetylated tubulin (AT) staining reveals neuronal network structure. Note: Adapted from 3D Culture Method for Alzheimer's Disease Modeling Reveals Interleukin-4 Rescues Aβ42-Induced Loss of Human Neural Stem Cell Plasticity by C. Papadimitriou et al.: Developmental Cell 46 (2018), p. 87. Copyright 2018 by Developmental Cell.

(B) Application of an amyloid-b42 peptide within the starPEG-heparin hydrogel cultures creates AD-typical neuropathology and reduces NSC plasticity, while treatment with IL-4 restores the initial plasticity. BrdU as marker of proliferation and GFAP as neuronal marker. Image bar 50 μm. Note: Adapted from 3D Culture Method for Alzheimer's Disease Modeling Reveals Interleukin-4 Rescues Aβ42-Induced Loss of Human Neural Stem Cell Plasticity by C. Papadimitriou et al.: Developmental Cell 46 (2018), p. 94. Copyright 2018 by Developmental Cell.

Formation of pores in lipid bilayer membranes by peptide-like amphiphilic polymers

Ankush Checkervarty, Marco Werner and Jens-Uwe Sommer

Lipid bilayer are self-organized liquid structures formed by amphiphilic copolymers (lipids). The biological functions of cell membranes are maintained with a large number of different lipids frequently mixed in the same membrane. Thus their properties should be not controlled by the specific biochemical structure of lipids. Indeed, generic models of lipids with two hydrophobic tails mapped to flexible polymers display a spontaneous formation of membranes with their characteristic properties. We have developed a model of flexible lipids with explicit solvent implemented on a lattice which has high computational performance allowing simulations on time scales long enough to observe spontaneous translocation of polymers and nanoparticles through the membrane [1]. This method can also be used to study pore formation in membranes. In particular we were

interested in understanding the role of amphiphilic, so-called facial copolymers, see upper right sketch in Figure 1, on pore formation. Meta-stable and stable pores are formed in lipid membranes under stretch. To understand this, we describe the self-organized lipid layer as a polymer double-brush. Its equilibrium state is given by the balance of stretching of lipid tails and surface tension, γ , due to exposure of hydrophobic tail monomers at the hydrophilic lipid-water interfaces. Both effects are coupled by volume conservation of the dense bilayer. Stretching the bilayer to a given area, A_f , increases the free energy. This can be compensated by forming a circular pore with the radius, r_p , on the expense of line tension, α . The corresponding free energy of the membrane can be written as:

$$F(A_f, r_p) = 2\gamma(A_f - \pi r_p^2) - K \ln(1 - x) + 2\pi\alpha r_p \tag{1}$$

Here, the elasticity of the lipid tails are modeled by the second term in the free energy, with x denoting the extension ratio of the tails. The free energy function displays a meta-stable second minimum under mild stretching conditions which is displayed by the black data points in Figure 1. A meta-stable pore can spontaneously open and close but its formation is suppressed by the free energy barrier.

This mechanism can be harnessed by amphiphilic copolymers which are able to reduce the line tension of the pore and thus lower the free energy of the pore-state down to the thermodynamically stable state. This is shown in Figure 1 where the free energy function is displayed for various numbers of amphiphilic copolymers in the simulation box. The color-plot on the right displays the enhanced localization of the copolymers at the rim of the pore.

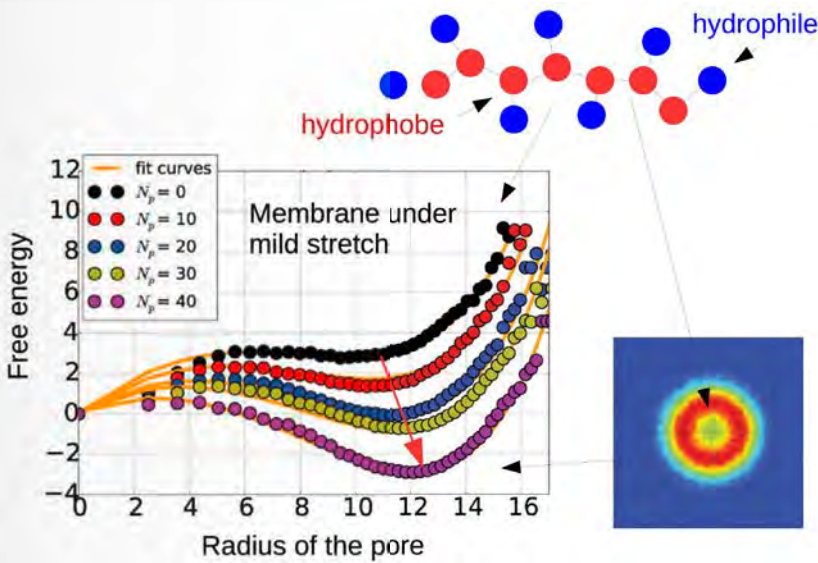


Fig. 1 Formation of stable pores in lipid bilayers by the adsorption of flexible amphiphilic copolymers. The data points display the result from simulations using a lattice Monte Carlo model with explicit solvent. The lines are fits to the free energy function Eq.(1). Lipids are composed of 5 flexible and hydrophobic tail units and 3 head units. The amphiphilic copolymers are composed of repeats of one hydrophobic backbone unit and one hydrophilic side unit each. The number of copolymers added to the system is given by N_p . The color plot displays the time-averaged localization of copolymers at the rim of the pore.

The model in Eq.(1) can reflect this with a simple expression for the line tension given by

$$\alpha = \alpha_0 - N_p \Delta\alpha \tag{2}$$

Here, N_p denotes the number of copolymers in solution. The linear behavior indicates that adsorption is far from saturation of copolymers on the rim. Snapshots of the simulations reveal only a rare distribution of copolymers around the pore.

This shows that physical mechanisms are sufficient to explain stable pore formation in lipid membranes. The copolymers have random conformations and can be seen as fragments of intrinsically disordered proteins in nature. The type of side-chain amphiphilic copolymers acting as “pore-formers” do not show

micellization in the solvent due to the distribution of hydrophilic groups around the backbone. The inverse structure displays strong micellization which in turn inhibits pore formation. Applications of these concepts could be the systematic design of synthetic analogs of anti-microbial peptides. Our work indicates that the principal mode of action of anti-microbial peptides may not be related to their specific ternary structure but rather to the hydrophilic hydrophobic design of the molecules. ■

Sponsor
EU FP7 ITN SNAL 608184

Cooperation
Dr. Vladimir Baulin, Tarragona, Spain

[1] M. Werner, J.-U. Sommer and V. Baulin: Soft Matter 8 (2012) 11714;
S. Pogodin, M. Werner, J.-U. Sommer and V. Baulin: ACS Nano 6 (2012) 10555.
[2] A. Checkervarty, M. Werner and J.-U. Sommer: Soft Matter 14 (2018) 2526.

Computer simulations of bio-engineered polymer surfaces for enhanced cell-material interactions

Olga Guskova, Holger Merlitz, Petra Uhlmann, Jens-Uwe Sommer

One of the widely used applications of the polymer brushes consists in the protection of the substrates from unwanted adsorption of molecules, cells or organisms. For instance, the protein-resistant polymer brushes save the implants from the dangerous organic growths in human body. On a larger scale, such polymer brushes can help to prevent marine bio-fouling of ship hulls, aquaculture cages, and pipelines in an environmental benign way, as compared to previously used toxic red lead.

Interestingly, the same bio-engineered polymer surfaces are able to perform the opposite function (Fig. 1). If we use a marine terminology, such surfaces can be equipped with cues signalling the passing “ships-cells”, that there is a free dock in the harbour where the ship-cell can moor. In biology, a role of the cues play short peptides containing the arginine (R)-glycine (G)-aspartic acid (D) sequence. The integrins, the proteins of the cell surface, recognise this sequence in the lock and key analogy, and the ship-cell is mooring, i.e. immobilising. As for the real ships in harbour, there are special requirements for the cells for their enhanced immobilisation on the substrates. First of all, the signalling RGD cue should be present on the surface (Fig. 1a) and second, there is a critical spacing between the cues for the most effective attachment, as follows from literature survey [1]. We addressed these aspects in a joint experimental-theoretical study of the bio-engineered homopolymer PAA and binary PAA-PNIPAAm brushes [2–4].

Two simulation approaches, the density functional theory and all-atom molecular dynamics, are used for the detailed description of the structure, location and bio-activity of the RGD peptides attached to the terminal carboxylic groups of the free PAA brush surface [2,3].

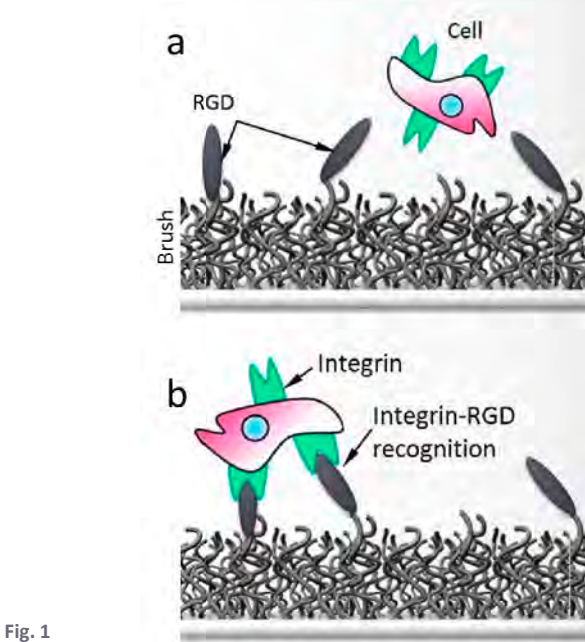


Fig. 1

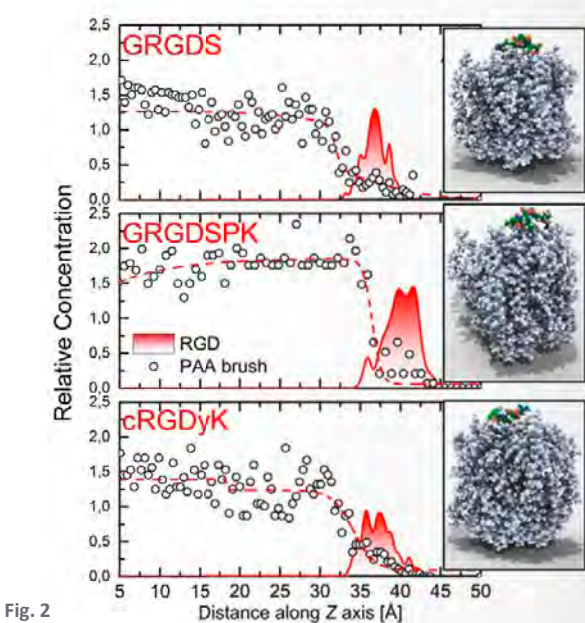


Fig. 2

Three RGD-containing sequences are simulated in line with experiments [2]. The most important conclusion of the atomistic modelling is that all peptides are exposed on top of the brush and thus are available for integrin receptors to enhance the cell-material interactions, as seen from Figure 2. The bio-activity of GRGDS, GRGDSPK and cRGDyK peptides persists after conjugation to the polymer brush with the most active GRGDS sequence among considered. We suggest the following design rules of the RGD-containing peptides for cell-binding applications: (i) such sequences should not have the positively charged amino acids to minimise the electrostatic interaction with negatively charge PAA brush for preventing entering the interior of the brush by such groups and (ii) the spacer connecting the RGD-containing peptide to the brush should be introduced to reduce the factors that violate the active secondary structure of the sequence.

We have extended our studies to describe the tuneable functionality of bio-engineered layers considering binary brushes in the coarse-grained Langevin simulations [4]. Here, the brush consists of responsive (*r*) and non-responsive (*n*) polymer chains with a “function” (RGD) conjugated to the terminal unit of the responsive strands (Fig. 3a). The relative functionality switching S_{rel} calculated for the binary brushes differing in *r* and *n* chain lengths and *r*:*n* ratio in a selective solvent is illustrated in Figure 3b. The optimal functional switching is obtained if *r* and *n* polymers have equal lengths, or if the responsive polymers are longer while the *r*:*n* ratio is decreased. The inter-spacing between micelles formed by the functional *r* chains can be tuned as well, thus providing a second cue for selective cell-binding (Fig. 3c).

In summary, our studies using the potential of molecular modelling on different length scales in predictions of RGD accessibility on the polymer brush may accelerate further development of bio-engineered surfaces. ■

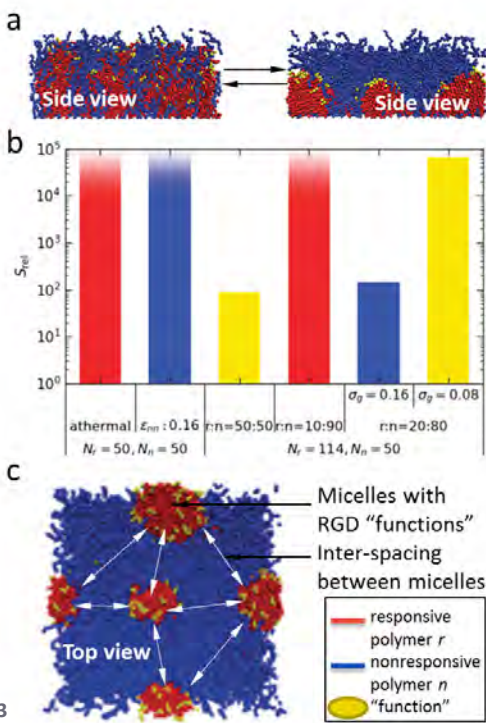


Fig. 3

Cooperations

- Inge Bos, Wageningen University & Research, Wageningen, The Netherlands
- Vladyslav Savchenko, Technische Universität Dresden, Dresden, Germany

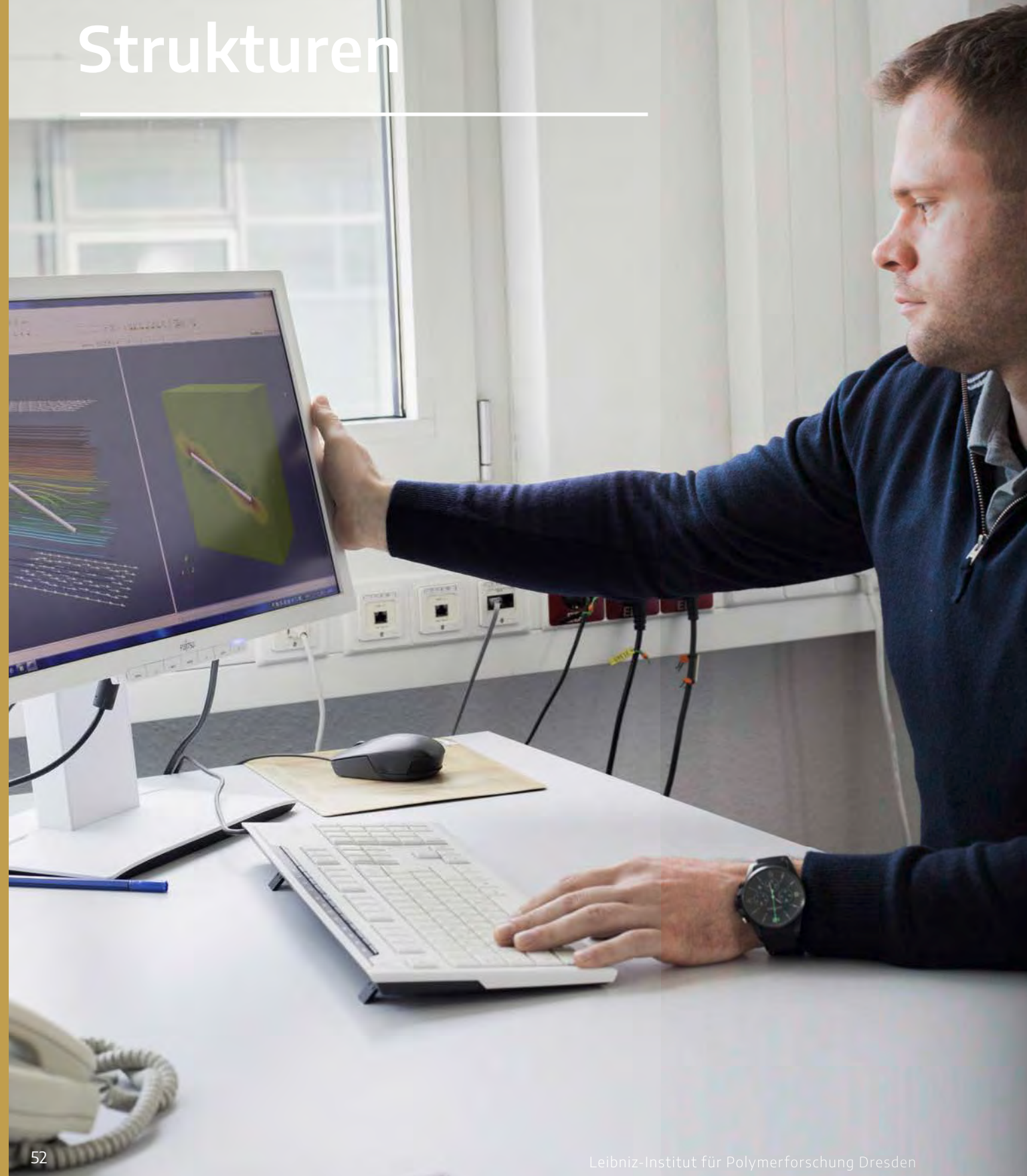
Fig. 1 Cell-material interaction: (a) architecture of the bio-engineered homopolymer brush with RGD cues; (b) immobilised cell on the surface of polymer brush due to recognition.

Fig. 2 The density profiles and the snap-shots showing that peptides (in colour) are available at the brush surface (grayscale) for the cell binding [3].

Fig. 3 (a) Reversible switching of the RGD exposure by changing the solvent quality. (b) Relative functionality switching S_{rel} shows the ability of the functional groups to go from an exposed to a hidden state. (c) Micelles of the *r* chains with available “functions” and tuneable inter-spacing between them [4].

[1] J. Huang, et al.: Nanoletters 2009, 9, 1111–1116.
[2] U. König, et al.: Biointerphases 2018, 13, 021002(1–16).
[3] O. Guskova, et al.: Molecular Simulation 2018, 44, 1325–1337.
[4] I. Bos, et al.: Soft Matter 2018, 14, 7237–7245.

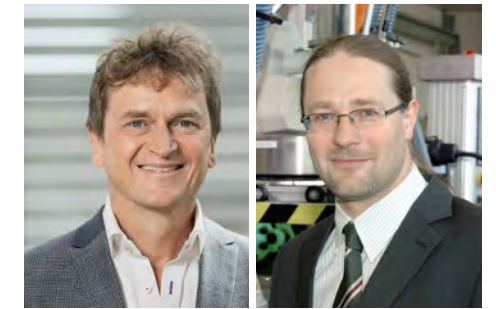
Polymere Netzwerke und übermolekulare Strukturen



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. Darüber hinaus werden physikalische Vernetzungskonzepte, Selbstheilungs- und Kristallisationsprozesse untersucht.

Die Topologie einer chemisch vernetzten Polymerstruktur ist durch den Vernetzungsprozess festgelegt. Damit besitzt ein herkömmliches Elastomer Materialeigenschaften, die bis auf Alterungsprozesse keine Zeitabhängigkeit zeigen. Durch Integration rotierender Nano-Motoren, die durch Lichteinstrahlung Verschlaufungen generieren können, besteht die Möglichkeit die Eigenschaften von Elastomeren zeitlich zu verändern bis hin zu induzierten Phasenübergängen. Um dieses Verhalten zu verstehen, wurde ein Modell eines Motor-Polymer-Hybrids in Simulationen untersucht (Phys. Rev. E 98 (2018) 052501). Eine andere Möglichkeit das Quellverhalten von Netzwerken zu steuern, besteht durch das Einbringen reversibler Vernetzungspunkte, deren Affinität durch Veränderung äußerer Parameter gesteuert werden kann. Hierzu wurden Netzwerke synthetisiert, die thermosensitive Eigenschaften der Gerüstkomponente mit dem Konzept reversibler Bindungen kombinieren. Solche bisensitiven Gele wurden bereits als chemische Logik-Komponenten für die Mikrofluidik an der TUD getestet (tm – Technisches Messen 85 (2018) S1).

Selbstheilende Elastomere können durch ionische Gruppen in Kautschukpolymeren realisiert werden. In einer institutsübergreifenden Kooperation wurde gezeigt, dass ionisch modifizierter Brombutylkautschuk nicht nur ein dynamisches Netzwerk mit ausgeprägtem Selbstheilungsverhalten bildet, sondern auch mechanische Kennwerte realisiert, die mit einem kovalent vernetzten System vergleichbar sind. Eine Compoundierung mit oberflächenmodifiziertem Silika kann unter Beibehaltung der Selbstheilungseigenschaften die mechanischen Kennwerte weiter verbessern (RSC Adv. 8 (2018) 26793).



Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer Dr. Sven Wiessner

Die frühzeitige Feststellung des Materialversagens ist ein entscheidender Faktor in der Anwendung von Elastomeren. Mit Hilfe einer neuen Methode, die das elektrische Widerstandsverhalten in mit leitfähigen Partikeln gefüllten Elastomeren unter dynamischen Bedingungen bestimmt, soll es in Zukunft möglich sein in rollenden Reifen über Veränderungen des dynamischen Verhaltens des Füllstoffnetzwerkes eine Aussage zum Materialzustand zu erhalten (Materials Today Communications 14 (2018) 240). Das Verständnis der Rissbildung in Elastomeren ist die Voraussetzung für die Erkennung gefährlichen Materialversagens. Die Kombination verschiedener mechanischer Methoden sowie Streumethoden ermöglicht die Untersuchung und Charakterisierung des Wachstums von Kavitäten in Elastomeren (Tire Technology International Annual Review 2018, 100).

Neue Anwendungsmöglichkeiten von Elastomeren und Gelen aufzuzeigen ist der Gegenstand mehrerer angewandter Forschungsprojekte am IPF. Hydrogele bieten durch ihre puffernden und mineralisationsfördernden Eigenschaften einen neuen Ansatz für die Behandlung von Karieserkrankungen. Es wurden neue hybridgarnbasierte Elastomer-Textil-Verbunde mit adjustabler Deformationscharakteristik realisiert, die auf temporär auftretende kritische Dehnungen ohne Verlust der Bauteilfunktionalität reagieren können (Kautsch. Gum. Kunst. 72 / 1-2 (2019)).

Eine Stärkung des strategischen Themas konnte durch das an der TU Dresden neu eingerichtete Graduiertenkolleg GRK 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ erzielt werden, in welches das IPF seine Elastomerforschungsexpertise durch zwei Projekte einbringt. ■

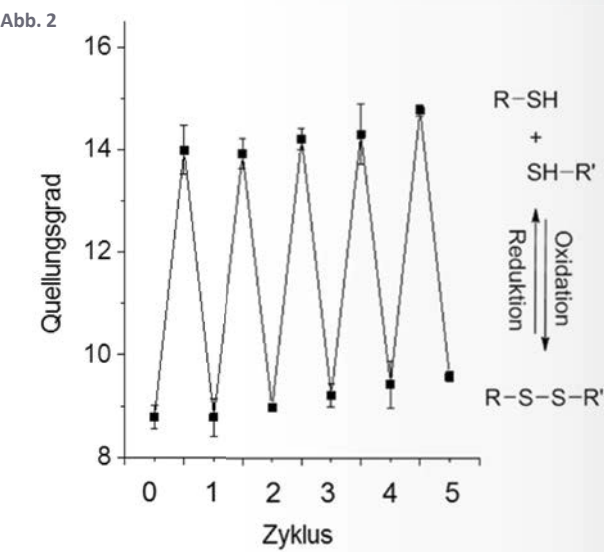
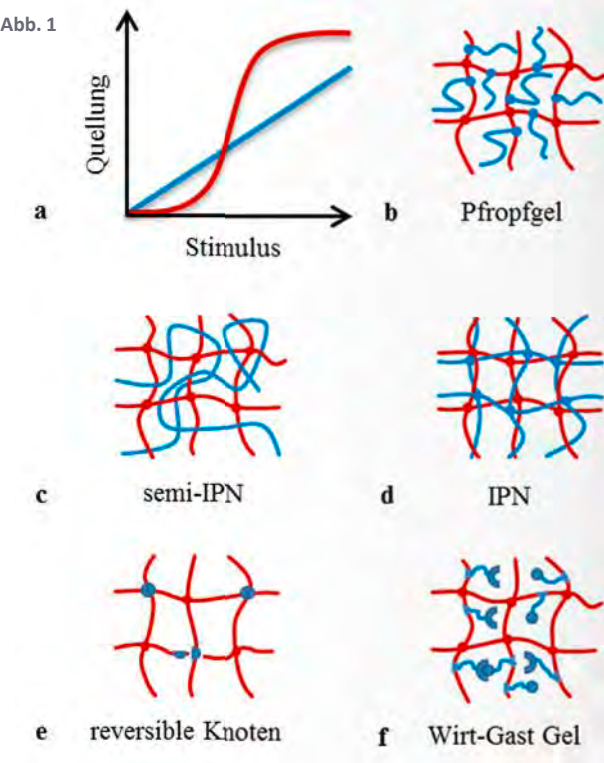
Multi-sensitive Hydrogele mit reversibel schaltbarer Netzwerkstruktur für sensorische und mikrofluidische Anwendungen

Stefan Zschoche, Yunijao Che, Dietmar Appelhans, Brigitte Voit

Bei der Anwendung sensibler Hydrogele stehen deren Volumenänderungen im Vordergrund. Die reversible Änderung des Lösezustandes der Polymerketten beeinflusst deren Streckung und damit auch das Volumen des Netzwerkes, welches im Quellverhältnis seinen numerischen Ausdruck findet. Auch eine Änderung der Anzahl der Netzketten durch deren reversible Verknüpfungen verursacht Quellungsänderungen. Generell führt eine höhere Netzwerkdichte zu geringeren Quellungsgraden und umgekehrt. Beide Prinzipien können gleichzeitig in einem Netzwerk realisiert werden.

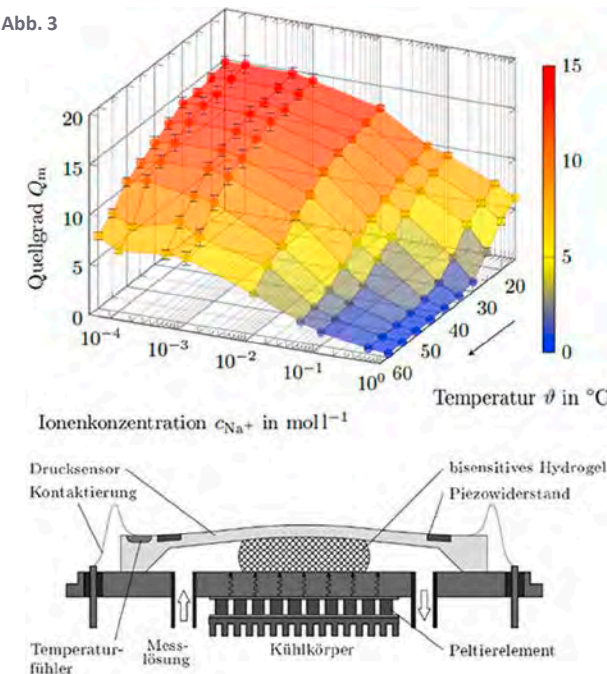
Für den Einsatz der Hydrogele in der Mikrofluidik und Sensorik werden meistens zwei oder mehr unabhängige sensitive Eigenschaften benötigt. So kann ein Stimulus als Steuergröße bzw. Aktor und ein anderer Stimulus als Regelgröße bzw. Sensor wirken.

Je nach Anwendungsfall ist ein eher linearer Verlauf der Antwortfunktion z. B. bei Sensoren oder ein eher sigmoidaler Verlauf z. B. für on-off Funktionen erforderlich (Abb. 1 a). Aus Gründen der erforderlichen Quelleigenschaften ist eine molekulare Trennung der Komponenten vorteilhaft. Wir haben dies mit verschiedenen Konzepten bei der Materialentwicklung verfolgt (Abb. 1 b–d). Eine Möglichkeit bietet die Kombination durch Pfropfung der zweiten Polymerart an das Polymergerüst der ersten Polymerart (Abb. 1 b). Derartige Pfropfgele wurden in der Arbeitsgruppe von Prof. Richter¹ zum Bau chemischer Transistoren für die Realisierung mikrofluidischer Schaltkreise verwendet. Eine weitere Variante stellt die Synthese von interpenetrierenden Netzwerken² (IPN) dar, also der gegenseitigen Durchdringung zweier unterschiedlicher molekular getrennter Netzwerke (Abb. 1 d). Die synthetisch einfacher zu realisierende Variante dazu sind die sogenannten semi-IPN, wo eine Komponente das Netzwerk bildet und



die zweite Komponente als unvernetzte Polymerkette Bestandteil des Hydrogels ist (Abb. 1 c). Unabhängig vom Lösezustand der Netzketten lässt sich die Netzwerkstruktur durch reversible Verknüpfung von Netzketten bzw. Netzknoten verändern. Diese Vorgänge können reversibel gestaltet werden. Wir haben uns auf zwei Arten konzentriert. Zum Einem wurden redox-sensitive Vernetzungspunkte in Form von N,N'-Bis(acrylamino)cystamin neben festen Vernetzungspunkten in das Netzwerk integriert (Abb. 1 d). Eine Reduktion der Netzknoten führt zu deren Spaltung und das Netzwerk quillt auf, während eine Oxidation den Prozess wieder umkehrt (Abb. 2). Derartige Hydrogele werden momentan in mikrofluidischen Kanälen platziert. Eine andere Möglichkeit besteht in der reversiblen Komplexbildung nach dem Wirt-Gast-Prinzip. Die komplexbildenden Moleküle werden als freibewegliche Kopfgruppen von Pfropfketten, welche im Polymernetzwerk kovalent verankert sind, in erforderlichen Verhältnissen im Netzwerk integriert. Das Komplexe Gleichgewicht verändert sich je nach Konzentrationsbedingungen oder Lösezustand (Abb. 1 f). Als Träger der Funktionsgruppen wurden Makromonomere auf Polyoxazolinbasis und als Wirt / Gast Moleküle β -Cyclodextrin und Adamantan ausgewählt.

Ein generelles Problem der sensorischen Hydrogele sind die langen Ansprechzeiten aufgrund der Diffusionsprozesse im Inneren der Gele. Bei dem Ansatz zur Verkürzung der Ansprechzeiten von kraftkompensierten chemischen Sensoren (Abb. 3) wird das Volumen der Gele konstant gehalten. Als Aktor fungiert der T-sensitive Bestandteil des Hydrogels, welcher der sensorisch bewirkten Volumenänderung entgegen arbeitet und der Aufwand für die Temperaturregulierung wird



zum eigentlichen Messsignal. Die Abbildung 3 zeigt das bi-sensitive Quellverhalten eines dualen Hydrogels für den kraftkompensierten chemischen Sensoren auf der Basis von T-sensitiven und Salz-sensitiven Polymeren. ■

Projektmittelgeber

- DFG-Graduiertenkolleg 1865 „Hydrogel-basierte Mikrosysteme“

Kooperationspartner

- Prof. Andreas Richter, Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik, TU Dresden
- Prof. Gerald Gerlach, Institut für Festkörperelektronik, TU Dresden

Abb. 1 Antwortfunktion der Hydrogele (a), duale Netzwerktypen: Pfropfgel (b), semi-IPN(c), IPN(d); reversible Verknüpfung: Knoten (e), Komplexe (f).

Abb. 2 Redox-abhängiges Quellverhalten bei 22 °C eines mit N,N'-Bis(acrylamino)cystamin vernetzten PNIPAAm Netzwerkes.

Abb. 3 Quellverhalten eines bi-sensitiven IPN (T- und Salzkonzentrationsabhängigkeit, oben), IPN integriert in einem piezoresistiven intramolekularen kraftkompensierten Sensor^{3,4} (unten).

[1] Ph. Frank, D. Gräfe, Ch. Probst, S. Haefner, M. Elstner, D. Appelhans, D. Kohlheyer, B. Voit, A. Richter: Adv. Funct. Mater. 27 (2017) 1700430.
 [2] A. T. Krause, S. Zschoche, M. Rohn, Ch. Hempel, A. Richter, D. Appelhans, B. Voit: Soft Matter 12 (2016) 5529–5536.
 [3] S. Binder, A. T. Krause, B. Voit, G. Gerlach: Sensor Letters 1 (2017) 4501004.
 [4] S. Binder, G. Gerlach: tm – Technisches Messen 85 (2018) S1–S7.

Polymernetzwerke für Dentalanwendungen

Marcus Heinze, Doris Pospiech, Kathrin Eckstein, Regine Boldt, Brigitte Voit

Die Arbeit untersuchte einen neuen Ansatz zur Behandlung von Initialkaries mit puffernden Hydrogelen. Dazu wurde ein Konzept entwickelt, nach dem die Initialläsion mit Monomerlösung infiltriert und diese mittels Photopolymerisation zu einem *in situ* gequollenen Hydrogel umgesetzt wurde [1]. Dieses Gel sollte puffernde und mineralisationsfördernde Eigenschaften aufweisen.

Die wissenschaftliche Aufgabenstellung bestand in der Aufklärung der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der Netzwerke. Dazu wurde eine Kombination von Festkörper ¹H-NMR-Spektroskopie, SEM, Quellungs- und rheologischen Untersuchungen eingesetzt.

Zur Herstellung der Gele wurden in der Dentalmedizin eingeführte phosphonsäurehaltige Monomere, Vernetzer und Photoinitiatoren [2,3] evaluiert. Als besonders geeignet erwiesen sich 2-[4-(Dihydroxyphosphoryl)-2-oxabutyl]acrylsäureethylester (DHPOBAE) als Monomer, N,N'-Diethyl-1,3-bis(acrylamido)propan (NDEBAAP) als Vernetzer und (2,4,6-Trimethylbenzoyl)diphenylphosphinoxid (TPO) als Photoinitiator. Es wurde der Einfluss von Lösungsmitteln unterschiedlicher Polarität und des Monomer / Vernetzer-Verhältnisses auf die Struktur der Netzwerke untersucht.

Die Mikrostruktur der Gele wurde mittels SEM aufgeklärt. Die Porengrößen hängen vom verwendeten Lösungsmittel ab (Abb. 1).

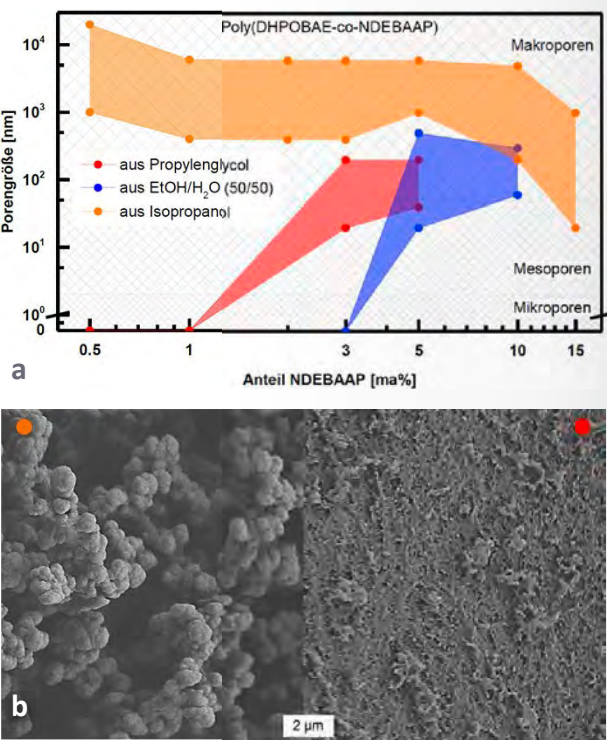


Abb. 1

Mit steigender Polarität des Lösungsmittels werden bei gleicher Vernetzerkonzentration kleinere Porengrößen erhalten.

Weiterhin wurde die Gelstruktur mittels Festkörper¹H-NMR-Spektroskopie untersucht [4]. Mit sinkendem Vernetzergehalt nahm der Anteil fester Gelbestandteile ab und der Anteil beweglicher Gelbestandteile zu (Abb. 2).

Der Anteil von zum Netzwerk beitragenden beweglichen Ketten wurde erst unterhalb eines Vernetzeranteils von 3 ma % signifikant (Übergang Partikelgel-Elastomer), was mittels Quellungsuntersuchungen bestätigt wurde [5].

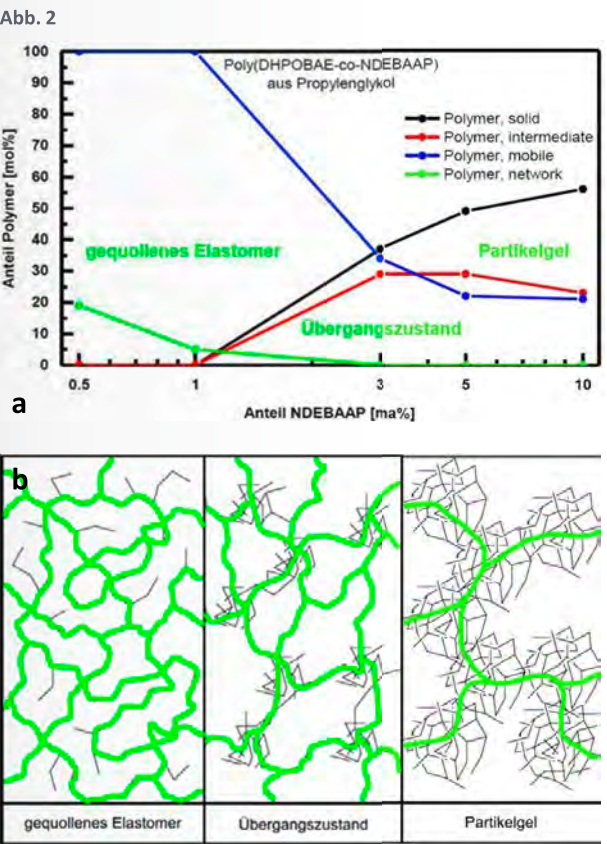


Abb. 2

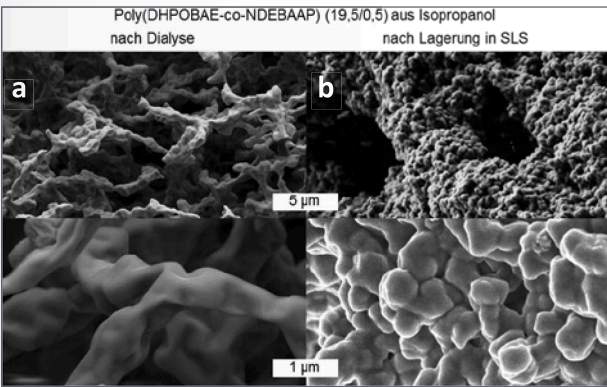


Abb. 3

Die Hydrogele sollten im pH-Bereich > 5,5 puffernd wirken. Die Untersuchung der Pufferwirkung unter anwendungsnahen Bedingungen machte aufgrund der verlangsamten Dynamik in Polymernetzwerken die Entwicklung einer speziellen Titrationsmethode erforderlich [6]. Mit steigendem Monomer / Vernetzer-Verhältnis wurde eine Absenkung des Pufferbereichs realisiert.

Die Abscheidung von Hydroxylapatit (HAP) in den Hydrogelen wurde mittels SEM, EDX und WAXS untersucht. Abbildung 3 zeigt die Änderung der Gelstruktur durch Mineralisierung hervorgerufen durch Lagerung in salivallike-solution (speichelähnliche Lösung, SLS).

Unter Verwendung einer Doppeldiffusionszelle konnte die Abscheidung von HAP gezeigt werden. ■

Projektmittelgeber

Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein (FL)

Kooperationspartner

- Dr. U. Lendenmann, Prof. Dr. N. Moszner, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein (FL)
- Prof. Dr. K. Saalwächter, Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale)
- Prof. Dr. R. Liska, Dr. S. Baudis, Universität Wien, Österreich (AT)

Abb. 1 Einfluss des Vernetzeranteils und des Lösungsmittels auf die Porengröße von phosphonsäurehaltigen Hydrogelen (a); SEM-Aufnahmen der Netzwerkstruktur (b).

Abb. 2 Netzwerkstruktur von phosphonsäurehaltigen Polymergelen mit unterschiedlichem Vernetzergehalt, in Propylenglykol präpariert. Anteil von unbeweglichen, mobilen und zum Netzwerk beitragenden Bestandteilen des Gels (a); schematische Darstellung der unterschiedlichen Gelstrukturen (b).

Abb. 3 SEM-Aufnahmen der Netzwerkstruktur von dialysierten (a) bzw. in SLS gelagerten (b) Hydrogelen.

[1] DPMA (AZ 102017214777.6), Ivoclar Vivadent AG, FL (2017).
[2] N. Moszner, F. Zeuner, U. K. Fischer, V. Rheinberger: Macromol. Chem. Phys. 200 (1999) 1062–1067.
[3] N. Moszner, F. Zeuner, J. Angermann, U. K. Fischer, V. Rheinberger: Macromol. Mater. Eng. 288 (2003) 621–628.
[4] J. Höpfner, G. Guthausen, K. Saalwächter, M. Wilhelm: Macromolecules 47 (2014) 4251–4265.
[5] M. Heinze: PhD Thesis, TU Dresden (2018).
[6] M. Heinze, K. Eckstein, D. Pospiech, B. Voit, N. Moszner, U. Lendenmann: Acid base titration of polymer hydrogels with phosphonic acid components under conditions relevant for dental applications. *Manuskript in Vorb.*

Selbstheilende Elastomerkomposite auf Basis von ionisch modifiziertem Brombutylkautschuk

Aladdin Sallat, Marcus Suckow, Amit Das, Klaus Werner Stöckelhuber, Gert Heinrich, Brigitte Voit, Frank Böhme

Die Umsetzung von technisch relevantem Brombutylkautschuk (BIIR) mit Alkylimidazolen nach Abbildung 1 führt zur Bildung eines ionisch funktionalisierten Elastomers. Durch Wechselwirkungen der ionischen Gruppen untereinander entsteht ein dynamisches Netzwerk mit ausgeprägtem Selbstheilungsverhalten und darüber

hinaus mit außergewöhnlichen mechanischen Kennwerten, welche mit denen von kovalent vernetztem BIIR vergleichbar sind.¹ Selbstheilung lässt sich anhand durchschnittener Probekörper, welche nach Durchlaufen einer Heilungsprozedur einen Großteil ihrer ursprünglichen Eigenschaften wiedererlangen, nachweisen.

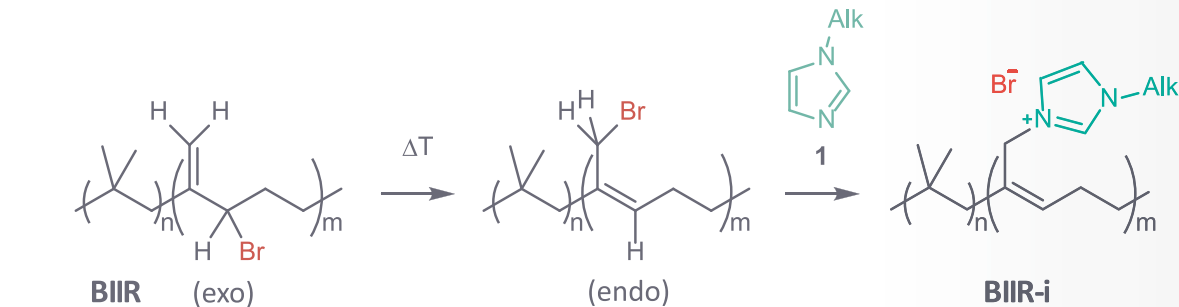


Abb. 1

In neueren Untersuchungen konnte der Zusammenhang zwischen makroskopischen Eigenschaften, Selbstheilung und molekulardynamischen Vorgängen nachgewiesen werden.² Hierzu trugen insbesondere Untersuchungen mittels Double-Quantum-NMR bei, welche in

Kooperation mit K. Saalwächter (Halle) durchgeführt wurden (Abb. 2). Die Untersuchungen zeigten, dass für Selbstheilung eine ausreichende Kettenbeweglichkeit im Netzwerk erforderlich ist.

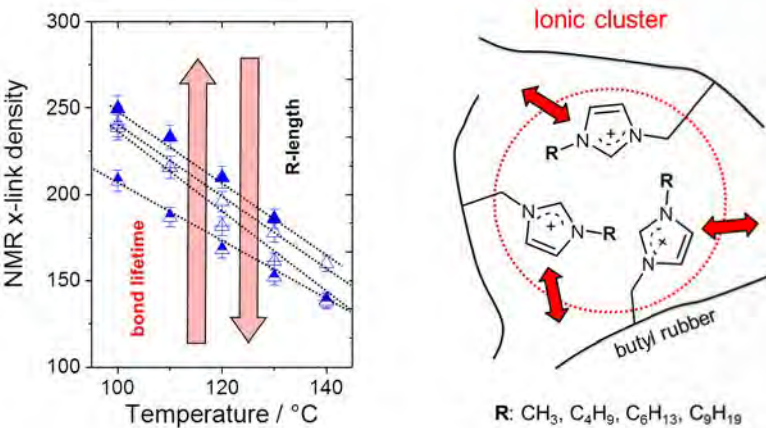


Abb. 2

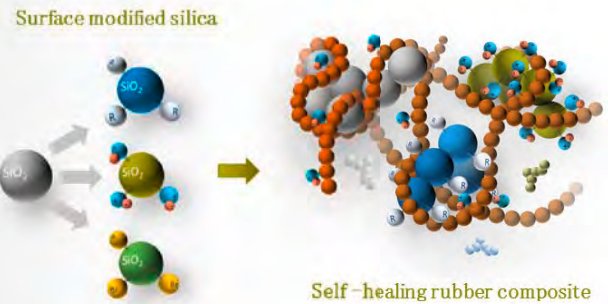
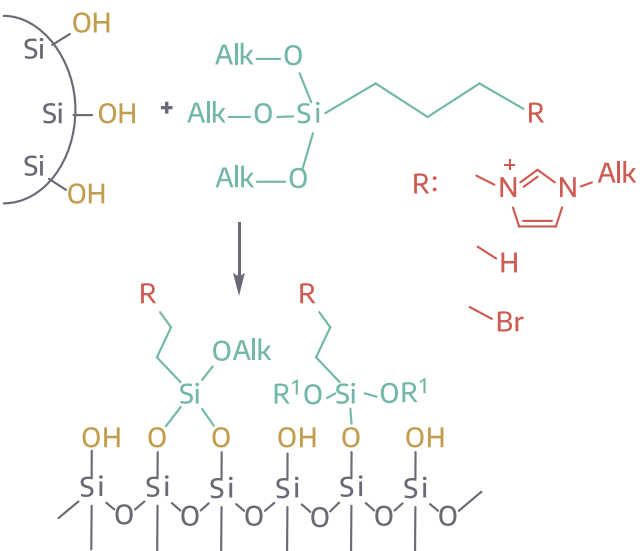


Abb. 3

Für spätere Anwendungen z. B. als Reifenmaterial sind weitere Eigenschaftsanpassungen erforderlich, welche in jüngsten Arbeiten durch Compoundierung mit oberflächenmodifiziertem Silica vorgenommen wurden.³ Die Oberflächenmodifizierung erfolgte durch die Umsetzung der auf den Silicapartikeln befindlichen Silanolgruppen mit unterschiedlichen Alkylsilanen (Abb. 3). Durch Einmischen derartig modifizierter Silicapartikel bei gleichzeitiger Einführung der ionischen Gruppen nach dem in Abbildung 1 gezeigten Mechanismus konnte das Eigenschaftsniveau des BIIR noch deutlich verbessert werden, ohne Einbußen im Selbstheilungsverhalten hinnehmen zu müssen.

Das am IPF entwickelte Basismaterial besitzt nachweislich um zwei Zehnerpotenzen niedrigere Rissausbreitungsgeschwindigkeiten als konventionell mit Schwefel vernetztes BIIR. Nach unserer Kenntnis gibt es international bisher keine selbstheilenden Elastomere mit annähernd vergleichbar gutem Eigenschaftsprofil. Durch Compoundierung mit oberflächenmodifiziertem Silica konnten die Materialkennwerte noch deutlich



verbessert werden ($\sigma_b = 18,9$ MPa !! für die Ausgangsprobe, 8,1 MPa für die geheilte Probe). Auch diese Werte sind bisher konkurrenzlos.³ ■

Projektmittelgeber

DFG (BO 1121/7-1, BO 1121/9-1, HE 4466/32-1) im Rahmen des Schwerpunktprogramms SPP 1568 "Design and Generic Principles of Self-Healing Materials"

Kooperationspartner

Prof. Kay Saalwächter, Institut für Physik-NMR, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale)

Abb. 1 Ionische Modifizierung von Brombutylkautschuk durch Umsetzung mit Alkylimidazolen.

Abb. 2 Aufdeckung molekulardynamischer Vorgänge bei der Bildung ionischer Cluster als Ursache für Selbstheilung mittels Double-Quantum-NMR.²

Abb. 3 Compoundierung von selbstheilenden ionischen BIIR mit oberflächenmodifiziertem Silica.

- [1] A. Das, A. Sallat, F. Böhme, M. Suckow, D. Basu, S. Wießner, K. W. Stöckelhuber, B. Voit, G. Heinrich: ACS Appl. Mater. Interfaces, 7, 37 (2015) 20623–20630.
- [2] M. Suckow, A. Mordvinkin, M. Roy, N. K. Singha, G. Heinrich, B. Voit, K. Saalwächter, F. Böhme: Macromolecules, 51 (2018) 468–479.
- [3] A. Sallat, A. Das, A. J. Schaber, U. Scheler, E. S. Bhagavatheswaran, K. W. Stöckelhuber, G. Heinrich, B. Voit, F. Böhme: RSC Adv., 8 (2018) 26793.

Efficient flexible strain sensors based on functional elastomeric composites

Eshwaran Subramani Bhagavatheswaran, Amit Das,
Klaus Werner Stöckelhuber, Sven Wießner, Gert Heinrich

For innovative mobility solutions in the automotive sector, especially for electromobility and future self-driving cars, suitable sensors in the car tires are needed that can monitor road conditions and actual driving parameters. The design of such a strain sensor has to fulfil several criteria and most important of them all, it should be easily mounted or implanted into the tire and the elastic nature of the sensors must synchronize with the deformation of the tire.

Our research is therefore focused on understanding the piezoresistive characteristics of an elastomeric composite material developed from state-of-the-art tire rubber. It would certainly be advantageous if this rubber product itself could play the role of a sensor, i.e. instead of physically introducing a foreign material into the tire, it would be ideal if the tire itself is equipped with damage detection functions or if strain sensors were to be developed from commercially available tire rubbers in order to achieve analogous properties.

To produce appropriate rubber based sensors, a material has to be developed where the stiffness and dynamic modulus of the rubber-based strain sensors is similar to the tire rubber component, to ensure a stable and

robust performance. Also, running tires are subjected to high dynamic frequencies for long durations, so the developed rubber based strain sensors are expected to be equally capable and must be able to perform under such strenuous conditions.

It is important to point out that strain sensing in rubbers is based on the concept of piezoresistivity, where the electrical resistance of the material changes with a mechanical deformation.

Modern car tires are made from solution-polymerized styrene-butadiene rubber (S-SBR), natural rubber (NR) and butadiene rubber (BR). Due to the fact that the piezoresistive behavior of conductive composites of these rubbers under dynamic conditions has not been investigated, detailed scientific studies are necessary to understand their dynamic piezoresistance and to realize and ensure their use as sensors for tires, potentially also seals and gaskets.

To solve this challenge, a novel method was developed to investigate and understand the dynamic piezo resistance for rubber sensors.¹

In a dynamic mechanical analyzer, a sinusoidal tensile strain was applied and the stress, as well as the

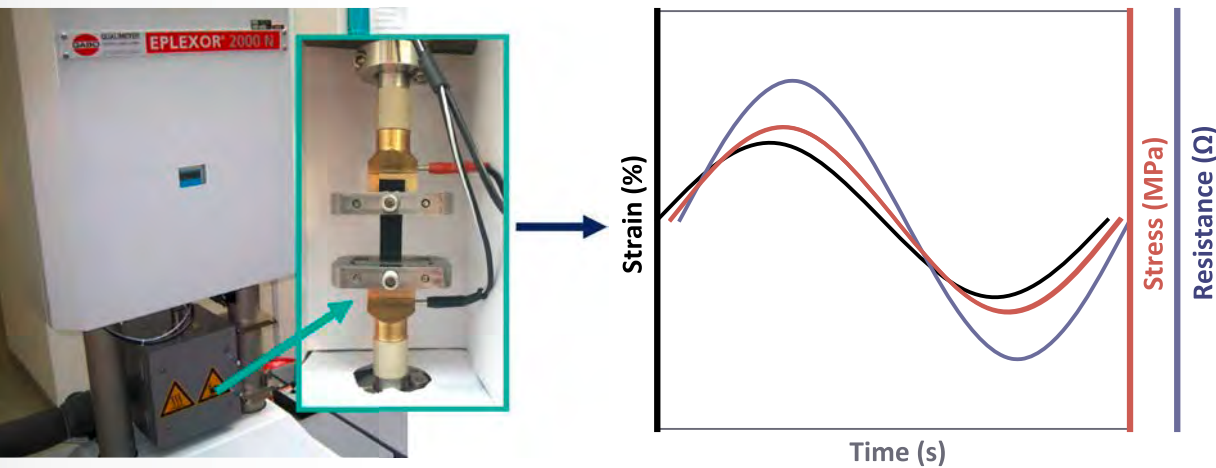


Fig. 1 Experimental setup of the modified dynamic mechanical analyzer setup to study the dynamic piezoresistive behavior of rubber sensors.

temporal changes in electrical resistance was monitored simultaneously as shown in Figure 1. Hereby, the piezoresistive behavior was studied under dynamic conditions on sensors prepared from commercial rubbers filled with electrically conductive carbon based fillers (multiwall carbon nanotubes, highly conductive carbon black and conventional carbon blacks). This method offers the possibility to monitor and predict the mechanical stress relaxation from the electrical resistance data, which could be directly realized for these sensor materials serving under static as well as dynamic conditions. As an added advantage of studying the dynamic piezoresistivity, a characteristic piezoresistive phase shift between mechanical stress and electrical

resistance ($\tan \delta_{e-R}$) was deduced. This parameter delivers information regarding the response time of the filler networks. Due to the fact that rubber polymers are electrically insulating materials, only the incorporated conducting filler particles impart electrical conductivity to the rubber composite.² The observed changes in electrical resistance during mechanical deformation are consequently directly related to the changes occurring in the filler networks.

Therefore, in addition to the evaluation of the sensor capabilities of the developed rubber sensors, this study offers also new possibilities to visualize the dynamic behavior of the filler-filler network in elastomer composites under dynamic load. ■

[1] E. S. Bhagavatheswaran, K. W. Stöckelhuber, S. R. Vaikuntam, S. Wießner, P. Pötschke, G. Heinrich, A. Das: Rubber Chemistry and Technology 9 (2018) 651–667.
[2] E. S. Bhagavatheswaran, S. R. Vaikuntam, K. W. Stöckelhuber, S. Wießner, G. Heinrich, A. Das: Materials Today Communications 14 (2018) 240–248.

Elastomer-Textil-Verbunde auf Basis von Hybridgarnen mit einstellbarem bimodularen Verformungsverhalten

Thomas Götze, Sven Wießner

Elastomer-Verbundwerkstoffe, die aus einer vernetzten Kautschukmatrix und eingebundenen hochleistungsfaserbasierten textilen Verstärkungsstrukturen bestehen, werden in sehr unterschiedlichen hochbeanspruchten technischen Produkten, z. B. Reifen, Antriebsriemen, Schläuchen und Luftfedersystemen, eingesetzt. In einigen Herstellungsprozessen von Elastomerbauteilen müssen diese Festigkeitsträger verfahrensbedingt temporär oder dauerhaft gedehnt werden. Zudem erfordern z. B. druckbeaufschlagte Schlauchanwendungen auch im Betrieb kurzfristig große Dehnungen der Festigkeitsträger zwischen 1–10 %, um auftretende Druckspitzen ohne Schädigung des Elastomers abfangen zu können. Für die industriell etablierten Fertigungsverfahren wäre somit ein anforderungsgerecht einstellbares bimodulares Verformungsverhalten (K/D-Verhalten) der hochleistungsfaserbasierten Verstärkungsstrukturen wünschenswert, das bis zu einer anwendungs- bzw. fertigungsbedingten Grenzdehnung nur eine vergleichsweise geringe und oberhalb dieser Dehnung eine möglichst hohe Steifigkeit aufweist und damit den unterschiedlichen Anforderungen an die Deformierbarkeit der textilen Verstärkungsstruktur bei Fertigung und Anwendung der Elastomer-Verbunde Rechnung trägt. Im Rahmen des von der AiF geförderten IGF-Vorhabens 18807 BR „Hybridgarnbasierte Elastomerbauteile“ wurden werkstoffliche und textiltechnologische Ansätze erforscht, um simulationsunterstützt hybridgarnbasierte textile Verstärkungsstrukturen mit bimodularem Verformungsverhalten zu gestalten, umzusetzen und in hochbelastbare Elastomer matrices zu integrieren. Als Mantelgarn der Hybridgarnkonstruktion wurde die Hochleistungsfaser Aramid (Teijin Twaron 1014) und als

Seele ein PA 6.6-Garn verwendet. Zur Realisierung der Hybridgarnstrukturen erwies sich das Kablierzwirnverfahren als besonders geeignet, wobei Umwindungszahl und Garnkonstruktion als Haupteinflussfaktoren die K/D-Charakteristik bestimmen und sich der Übergangsbereich zwischen den beiden Steifigkeiten in einem Dehnungsintervall von 1 bis ca. 5 % definiert einstellen lässt. Neben den Parametern der Garnkonstruktion kann das bimodulare Verformungsverhalten der Elastomer-Verbundwerkstoffe durch eine Modifizierung der Elastomer matrix oder maßgeschneiderte Beschichtung der Hybridgarne, sowie eine Kombination beider Methoden gezielt beeinflusst werden, welche auch maßgeblich die Verbundhaftung determiniert. Als geeignete Grenzschichtmodifizierung für die Hybridgarne erwiesen sich Resorcin-Formaldehyd-Latex-Dipp-Systeme (RFL-Dipp). Die Verwendung von zur Elastomer matrix kompatiblen Latices im RFL-Dipp ist dabei von essenzieller Bedeutung und muss werkstoffspezifisch abgestimmt werden. Besonders für Hybridgarne mit niedriger Umwindungszahl konnte die Verbundhaftung durch eine Modifizierung

Abb. 1

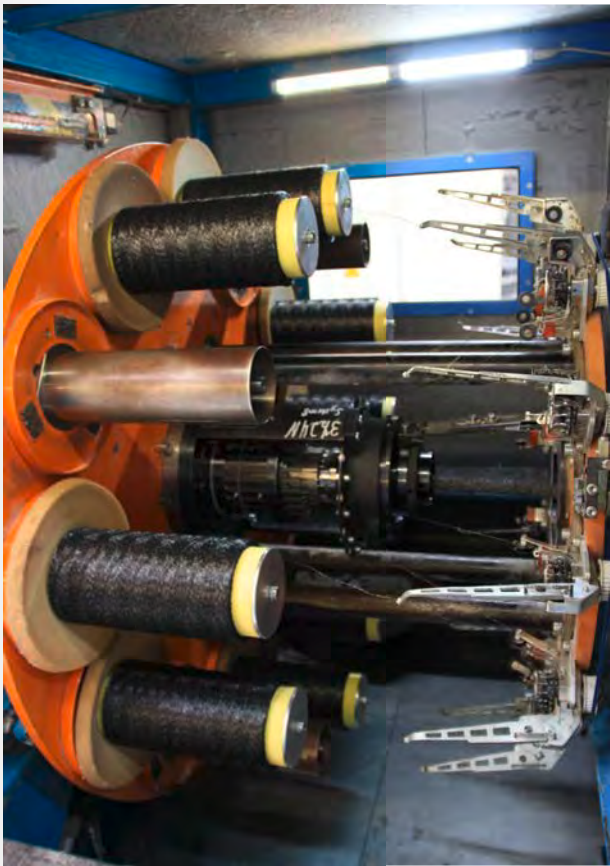
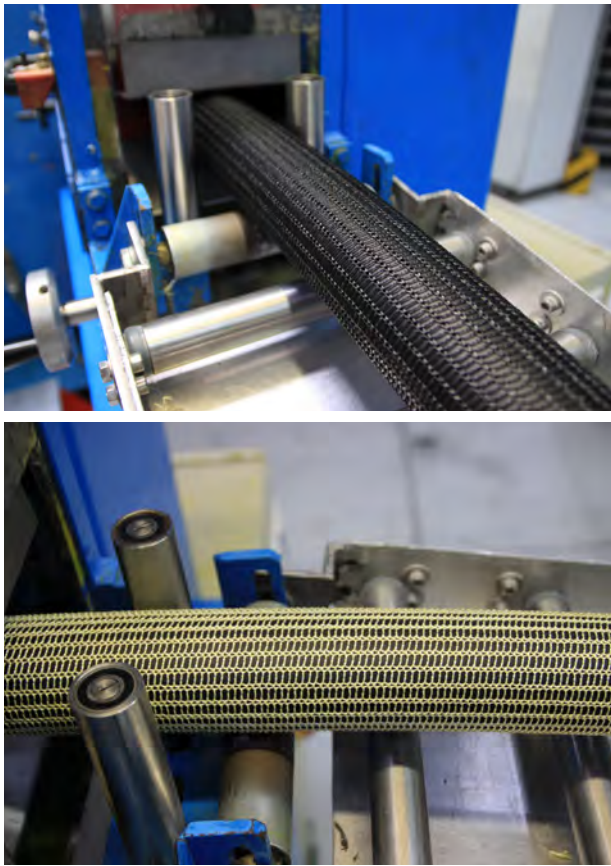


Abb. 2



der Elastomer matrix mittels Schwefelsilanen und zusätzliche Optimierung des Vulkanisationssystems signifikant gesteigert und mit dem geforderten Verformungsverhalten kombiniert werden. Basierend auf den im Labormaßstab gewonnenen Erkenntnissen wurde in enger Zusammenarbeit mit Firmen des projektbegleitenden Ausschusses ein Ladeluftschlauch als Funktionsdemonstrator (vgl. Abb. 1) umgesetzt. Dafür wurden entsprechende Kablierzwirn-Hybridgarnmuster hergestellt, RFL-beschichtet und die Ladeluftschlauchfertigung im Extrusionsverfahren unter industriellen Randbedingungen realisiert (vgl. Abb. 2). ■

Abb. 1 Ladeluftschlauch der Firma Veritas als Funktionsdemonstrator.

Abb. 2 Fertigung des Funktionsdemonstrators unter industriellen Bedingungen bei der Veritas Thüringen GmbH:

- Rundstrickeinheit in der Schlauchfertigung (links);
- Schlauchkern mit textiler Verstärkung aus RFL-beschichtetem Hybridgarn (rechts oben);
- Schlauchkern mit textiler Verstärkung aus unbeschichtetem Hybridgarn zum Vergleich (rechts unten).

[1] Abschlussbericht IGF-Vorhaben 18807 BR Hybridgarnbasierte Elastomerbauteile.
[2] J. Storm, T. Götze, R. Hickmann, C. Cherif, S. Wießner, M. Kaliske: International Journal of Solids and Structures 139–140 (2018) 283–301.
[3] T. Götze, R. Hickmann, J. Storm, S. Wießner, C. Cherif, M. Kaliske: Kautschuk Gummi Kunststoffe 1–2 (2019) 35–43.

Projektmittelgeber

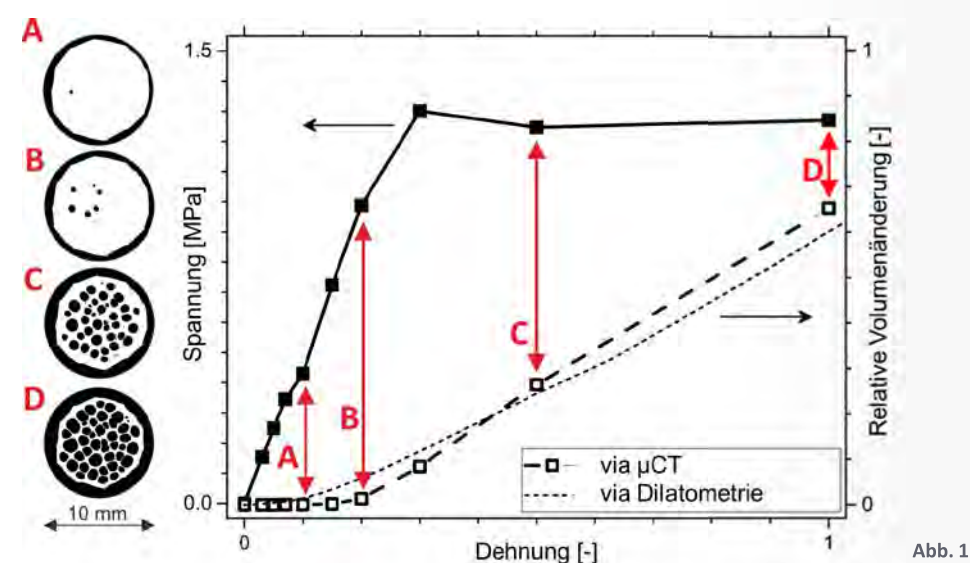
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie,
AiF-IGF-Vorhaben 18807 BR
„Hybridgarnbasierte Elastomerbauteile“.

Kooperationspartner

- Prof. C. Cherif, Dr. R. Hickmann,
Technische Universität Dresden, Institut für Textilmaschinen und textile Hochleistungswerkstofftechnik
- Prof. M. Kaliske, Dr. J. Storm,
Technische Universität Dresden,
Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke

Bildung und Wachstum von Kavitäten in Elastomeren infolge querdehnungs-behinderter Zugdeformation

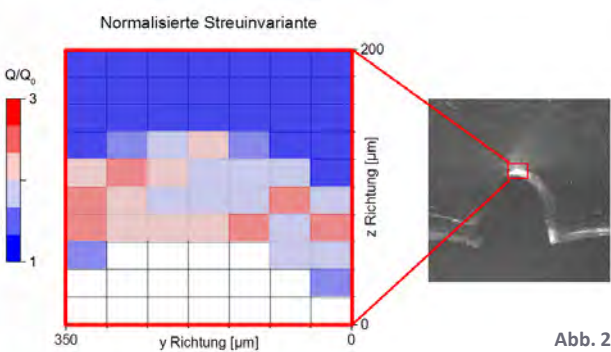
Eric Euchler, Konrad Schneider, Ricardo Bernhardt, Gert Heinrich, Sven Wießner



Geometrische Zwangsbedingungen beeinflussen das Versagensverhalten von Elastomeren und treten beispielsweise in der Prozesszone in Rissspitzennähe auf. Zur Vereinfachung der komplexen Rissspitzensituation werden für experimentelle Untersuchungen solcher Effekte sogenannte Pancake-Proben genutzt [1]. Derartige scheibenförmige Prüfkörper sind durch ein kritisches Durchmesser-Dicken-Verhältnis charakterisiert. Infolge der unterdrückten Querkontraktion entsteht im Prüfkörper ein mehrachsiger Spannungszustand. Das Verformungsverhalten einer solchen Elastomer-Pancake-Probe kann deshalb nicht mehr als inkompressibel angenommen werden. Infolge des mehrachsigen Spannungszustands wird unter Zugdeformation die Bildung und das Wachstum von Kavitäten (sphärischen Defekten) initiiert. Dieses Versagensverhalten hängt maßgeblich von der Zusammensetzung des Elastomers (z. B. Füllstoffanteil) sowie der Größe des Durchmesser-Dicken-Verhältnisses ab.

Um die Bildung und das Wachstum von Kavitäten in Reifengummi zu charakterisieren, werden am IPF verschiedene experimentelle Methoden genutzt [2]. Die Kombination von Zugversuch und Dilatometrie ermöglicht auf einfache Weise die Bestimmung einer Volumenzunahme durch Kavitation in der Elastomer-Pancake-Probe. Im Ergebnis kann diese Volumenzunahme im Zusammenhang mit dem Spannungs-Dehnungsverhalten diskutiert werden. Mittels Bruchflächenanalyse kann der Versagensvorgang vollständig beschrieben werden. Um *in situ*, d. h. während der Zugdeformation, Informationen zu Anzahl und Größe von Kavitäten zu erhalten, wird die Mikro-Computertomografie (μ CT) genutzt. Mit der μ CT kann der Verlauf der Kavitation unter definierten Belastungsstufen ortsgenau analysiert werden. Die Ergebnisse aus Dilatometrie und Mikro-Computertomografie bestätigen und ergänzen sich (siehe Abb. 1).

Neben den Untersuchungen an Pancake-Proben werden am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) Kleinwinkel-Röntgenstreu-Experimente an auf Zug belasteten gekerbten Flachproben („pure-shear Proben“) durchgeführt, wobei die Bildung und das Wachstum von Kavitäten im Rissspitzenbereich mittels 2D-Scans untersucht werden. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer zyklischen Ermüdungsbelastung die Rissprozesszone durch Kavitation vorgeschädigt wird. In Abbildung 2 sind die Änderungen in der Mikrostruktur im Bereich der Rissspitze graphisch dargestellt. Diese mikrostrukturellen Änderungen beeinflussen das makroskopische Risswachstumsverhalten von Elastomeren maßgeblich. Vertiefte Untersuchungen zur Schädigungsentwicklung werden im Fortgang der Arbeiten durchgeführt. ■



Danksagung

Die Autoren danken Herrn Dr. Toshio Tada und der Firma Sumitomo Rubber Industries Ltd., Kobe (Japan) für die kooperative Zusammenarbeit und die finanzielle Unterstützung bei diesem Projekt.

Abb. 1 Mechanisches Verhalten einer Elastomer-Pancake-Probe (ungefüllter Styrol-Butadien-Kautschuk) ergänzt durch Charakterisierung der Volumenänderung infolge Kavitation mittels Dilatometrie und Mikro-Computertomografie. Links: μ CT-Schnittbilder bei definierten Dehnstufen.

Abb. 2 2D-Darstellung der normalisierten Streuinvariante als Indikator für strukturelle Änderungen im Material. Im Nahfeld der Rissspitze steigt dieser Wert ($Q/Q_0 > 1$), was die Bildung zusätzlicher Streuobjekte, hier Kavitäten, signalisiert. Der Scan-Bereich ist auf dem Foto (rechts) rot markiert. Die y-Richtung ist die Belastungsrichtung.

[1] E. Euchler, K. Schneider, G. Heinrich, T. Tada, M. Ishikawa: Kautschuk Gummi Kunststoffe KGK 71 (2018) 32–38.
[2] E. Euchler, K. Schneider, G. Heinrich, S. Wiessner, R. Bernhardt, S. V. Roth, T. Tada: Tire Technology International Annual Review (2018) 100–103.

Testing the physics of knotting with a Feringa nanoengine

Michael Lang, Cornelia Schuster, Ron Dockhorn, Martin Wengenmayr, Jens-Uwe Sommer

The physics of knotting is relevant for any kind of long flexible molecules that are free to select their conformations. Knots affect the size of the molecules, their dynamics, or the deformation behavior – to provide just some examples [1,2]. One key question is whether knots self-tighten for entropic reasons or not [2], as this self-tightening controls the portion of the molecule that is subject to a knotted conformation and thus, is affected by the different behavior of the knotted section.

Several simulation studies have addressed this question in the past but arrive at largely different results concerning the power t that describes this localization of the knotted section within N^t of the N segments of the polymer. For self-avoiding walks, the results range from $t = 0$ up to $t \approx 0.75$ [2] and no final conclusion could be drawn about the nature of this self-tightening. A power $t = 0$ refers to strongly localized (“tight”) knots with a fixed average size, while for a weak localization $0 < t < 1$, the size of the knotted section grows sublinear with the degree of polymerization of the molecule.

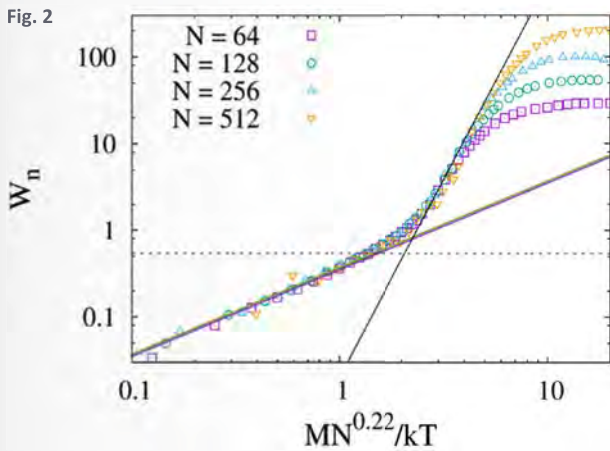
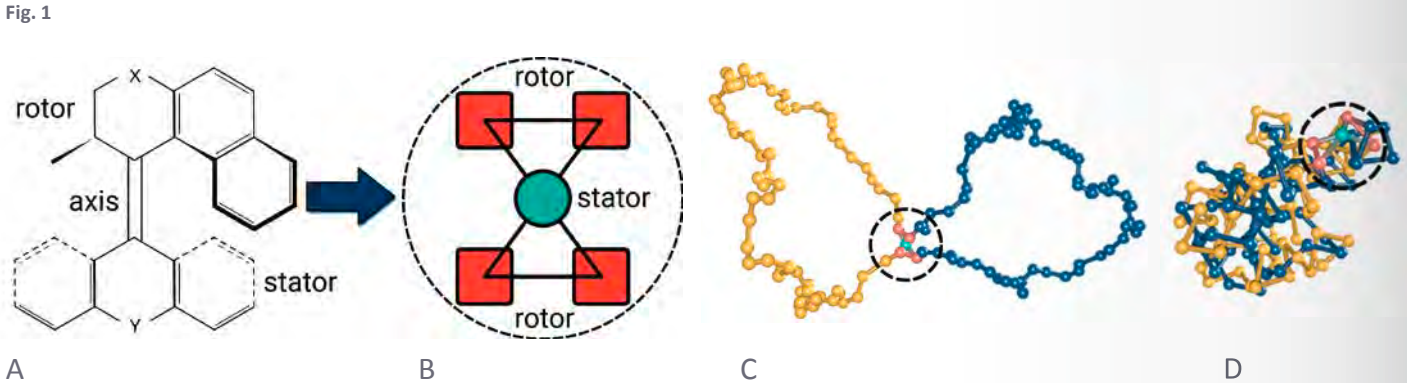
Typically, this problem is addressed by studying cyclic polymers where a simple knot type is chosen, which is preserved by the self-avoidance of the segments. The simplest knots differ by their “rope length” $p = L/\xi$ [3], which is the ratio between the minimum possible length L of a rope that forms the knot with the diameter ξ of the rope. If a polymer is forced to form a knot, one can model this either by considering that the whole polymer resides in first approximation inside such a rope (the knot spans the whole molecule) or that only a small portion of the polymer is inside such a rope, while the rest is free to select its conformations (the knot is localized). For both cases, one can cook up a Flory-type estimate for the free energy of these states and search for optimum conformations [4]. It turns out that a transition between both states is expected with a transition point that scales as $N \propto p^5$. The Flory estimate does not provide coefficients to this relation, but these are typically of order unity. Since $p \approx 16.4$ for the simplest knot, one has to expect that a rather large $N \approx 10^6$ is necessary to observe this transition. Unfortunately, such giant molecules are not available in simulations.

A way out of this dilemma was found by using Feringa nanoengines that coil up two cyclic polymers against each other [1], see Figure 1. Such a structure was called “8-shaped tanglotron” (T8) [5]. In this case, p is no longer fixed but becomes a continuous function of the torque M that drives the coiling of the two polymers. $p \geq 0$ starts now from zero and is proportional to the winding number W_n of the two strands. Thus, one is no longer bound to model giant molecules. By increasing torque, the number of available conformations is reduced, which further allows to determine the entropic cost of generating coiled conformations directly. The key results of our analysis are presented in Figure 2. The entropic cost of generating coiled conformations delays the onset of coiling $\propto N^{1-t}$, such that a collapse of all data is observed for a scaling variable $M N^{1-t}$, from which we obtain $t \approx 0.78$. This leads to a strong increase

$W_n \propto M^{1/(1-t)} \approx M^{4.55}$ of the winding number within a small window of torques. This qualitative behavior is in agreement with localized knots, since otherwise a much weaker dependence, $W_n \propto M^{1.7}$, is expected.

Our results provide an unambiguous validation of theoretical models [2,4] to describe knotted polymers. These models are the basis to understand experiments on knotted DNA or on the entropic penalty to coil two polymer strands against each other. Future work in our lab will focus on the latter and explore more complex coiled structures ranging from coiled bridge systems to active gels driven by Feringa nanoengines. ■

Cooperation
I. M. Kulić (IPF Fellow),
Institute Charles Sadron, Strasbourg, France.



[1] M. Lang, C. Schuster, R. Dockhorn, M. Wengenmayr, J.-U. Sommer: Phys. Rev. E 98 (2018) 052501.
[2] A. Y. Grosberg: Polym. Sci. A 58 (2016) 864.
[3] J. Cantarella, R. B. Kusner, J. M. Sullivan: Nature 392 (1998) 237.
[4] A. Y. Grosberg, A. Feigel, Y. Rabin: Phys. Rev. E 54 (1996) 6618.
[5] F. Weysser, O. Benzerara, A. Johnner, I. M. Kulić: Soft Matter 11 (2015) 732.

Prozessgeführte Strukturbildung polymerer Materialien



Viele interessante Eigenschaften von Polymermaterialien sind Nichtgleichgewichtseigenschaften, die durch Prozesse gezielt verändert werden können. Deshalb ist bei Polymerwerkstoffen die volle Entfaltung ihres Potentials in besonderer Weise von der Beherrschung der gesamten Prozesskette bis hin zum Bauteil abhängig. Im strategischen Thema „Prozessgeführte Strukturbildung polymerer Materialien“ werden komplexe Strukturbildungsprozesse aufgeklärt und daraus Technologien entwickelt um diese zu steuern, mit denen letztendlich gewünschte Eigenschaften im Bauteil erzeugt werden können.

Die Arbeiten fanden auch dieses Jahr Anerkennung in der Fachwelt. So hat Dr. Muhammad Tahir den Wilfried-Ensinger-Preis des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kunststofftechnik (WAK) für die Doktorarbeit auf dem Gebiet neuartiger Gummi-PUR-Blends erhalten und Dr. Kai Uhlig bekam den Förderpreis 2018 für die beste Promotion vom Förderverein CETEX Chemnitzer Textilmaschinenentwicklung für seine Arbeit zur Anwendung des Tailored Fiber Placement für Rotoren aus kohlenstofffaserverstärktem Epoxidharz (beide Betreuung Prof. Heinrich).

Die hohe internationale Sichtbarkeit und Anerkennung der Arbeiten des IPF auf dem Gebiet der Verarbeitung von Polymerwerkstoffen dokumentiert sich auch in der Wahl von Prof. Udo Wagenknecht zum International Representative für Deutschland in der Polymer Processing Society (PPS).

Viele Arbeiten im Bereich dieses strategischen Themas sind auf dem Gebiet der Verbundwerkstoffe angesiedelt. Dabei werden spezielle Einzelkomponenten entwickelt – wie im Beitrag „Strukturuntersuchungen an Kohlefasern – Schlüssel zum Verständnis für die Verbesserung ihrer mechanischen Eigenschaften“, Verarbeitungsprozesse gestaltet wie im Beitrag „Tailored Fiber Placement in thermoplastic composites; Entwicklung von online gesponnenen PBT / GF-Hybridgarnen“ und spezielle Anwendungseigenschaften im Bauteil eingestellt – wie im Beitrag „Erhöhung der translaminaeren Bruchzähigkeit an variabelaxialen Faser-Kunststoff-Verbunden“.

Erkenntnisse, die aus Arbeiten für ein ursprünglich anderes Anwendungsziel resultieren, können erfolgreich



Prof. Dr. Udo Wagenknecht Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer

auf Problemstellungen bei Werkstoffverbunden übertragen werden. So wurden z. B. multifunktionale Pulverlacke zur Anwendung für stoffschlüssige Metall-Kunststoff-Verbunde adaptiert, wie im Beitrag „Multi-funktionale Pulverlacke für stoffschlüssige Metall-Kunststoff-Verbunde“ dargelegt.

Besonders interessant sind Materialien, deren Eigenschaften auch nach der Herstellung zeitlich veränderbar sind. Eine hochaktuelle Entwicklung sind hierbei Polymere, die aktive Komponenten enthalten, welche durch äußere Energiezufuhr Zustandsänderungen unter Dissipation der Energie ausführen. Ein bekanntes Beispiel sind Azo-Benzene, denen Konformationszustände durch Lichteinstrahlung geschaltet werden können. Am ITP sind theoretische Modelle entwickelt worden, die die Auswirkungen der lokalen Konformationsänderungen auf mechanische Materialeigenschaften beschreiben. Es konnte gezeigt werden, dass die resultierenden Kräfte groß genug sind, um selbst glasartige Polymere zu deformieren (Phys. Chem. B 122 (2018) 2001). Aktive Teilchen, welche durch Dissipation eine lokal gerichtete Kraft ausüben, stellen darüber hinaus ein neues Gebiet der Physik des Nichtgleichgewichtes dar, was in letzter Zeit intensiv erforscht wurde. Besonders interessant sind hierbei Transporteigenschaften, die durch äußere Felder gesteuert werden können (The Journal of Chemical Physics 148, (2018) 194116).

Die Beteiligung am BMBF-Internationalisierungsprojekt „3Dfor3M“ (Additive Fertigungsverfahren für die Medizin, Mikrosysteme und intelligente Materialien), welches dem Aufbau eines Forschungsnetzwerkes von Partnern aus Kanada, USA, Mexiko und Kuba dient, dokumentiert einen erfolgreichen Schritt in neue Technologien. ■

Entwicklung eines sensorischen Klebstoffes zur Schadensdetektion im konstruktiven Glasbau – SENSOTEK

Anett Müller, Tino Riske, Inga Melnyk, Andreas Fery



Glas wird zunehmend als modernes Gestaltungselement für Bauwerke eingesetzt und dient hierbei vermehrt als ingenieurstechnischer Werkstoff [1]. Dadurch sind höchste Anforderungen an Konstruktion, Entwurf und Sicherheit gestellt. Punkthalter sind ästhetisch ansprechende und bautechnisch übliche Befestigungselemente für den Glasbau. Konventionelle mechanische Halterungen, die durch Lochbohrungen der Glasscheibe geführt werden, haben jedoch den Nachteil, dass sie Lasten konzentriert in das Glas einbringen und damit zu hohen und für das Glasbauteil kritischen Spannungsspitzen im Bereich der Punkthalter führen. Alternativ existieren auch Punkthalter, die flächig auf das Glas geklebt werden. Der Vorteil der Klebtechnik liegt im Verzicht auf Lochbohrungen, sodass Kräfte sehr gleichmäßig verteilt sowie Fügeittoleranzen und Wärmeausdehnungen ausgeglichen werden können [2]. Im Vergleich zu kraft- und formschlüssigen Verbindungen unterliegen Klebungen jedoch Alterungsprozessen, die langfristig zu Änderungen der Eigenschaften aber auch

zum Versagen bei sicherheitsrelevanten Strukturen führen können [2]. Daraus resultiert die Notwendigkeit einer regelmäßigen Bewertung des Zustands der Verklebungen. Die bekannten qualitätssichernden Maßnahmen erlauben bislang keine Aussage über die tatsächliche Beanspruchung einer Klebstofffuge. Insbesondere kritische Lasten, welche die Klebeverbindung und die Substrate sicherheitsrelevant schädigen, aber nicht unmittelbar zu einem Versagen führen, können bisher nicht detektiert werden. Im Rahmen dieses Projektes soll ein Klebstoff entwickelt werden, der eine zerstörungsfreie Überwachung von strukturellen Glasverbindungen ermöglicht. Das Prinzip beruht auf im Klebstoff enthaltenen Mikrokapseln, die bei definierten Lastfällen geöffnet werden und Markerstoffe freigeben. Diese Freisetzung führt anschließend zu einer Änderung der optischen Eigenschaften, sodass kritische Beanspruchungen der Klebeverbindungen auch vor dem Bauteilversagen detektiert werden können (vgl. Abb. 1).

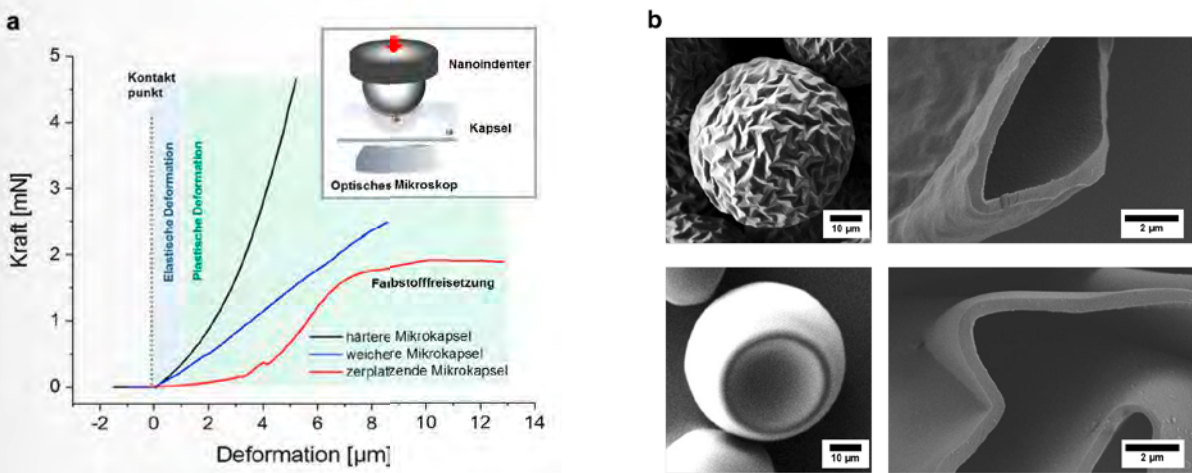


Abb. 2

Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren ist durch diese Technologie das Erkennen lokaler Spannungen und Schädigungen möglich, sodass der Verbindungszustand kontinuierlich überwacht werden kann. Die Schadensdetektion über den sensorischen Klebstoff bedarf dabei der Entwicklung und Abstimmung von Farbstoffsystemen, Mikrokapseln mit definierten Eigenschaften und dem Klebstoffsystem. Das IPF hat die Aufgabe, die nach Vorgaben der Simulation synthetisierten Kapseln hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften zu charakterisieren. Für eine sensitive Schadensdetektion innerhalb der Klebstoffmatrix spielen das Deformations- sowie das Bruchverhalten der Mikrokapseln eine entscheidende Rolle. Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass die Mikrokapseln den Verarbeitungsprozess überstehen und während der Gebrauchsphase stabil bleiben, jedoch im Falle einer unerlaubten Dehnung oder Spannung der Matrix ihren Inhalt freigeben. Für die Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften werden die Kapseln mittels AFM-Nanoindentation bis zum Bruch belastet und

die entsprechenden Kenngrößen abgeleitet. Eine weitere Aufgabe ist die Oberflächenfunktionalisierung der Mikrokapseln um die Mischbarkeit während der Klebstoffherstellung und eine ausreichende Anbindung an die Klebstoffmatrix zu gewährleisten. Zur Bewertung des Verhaltens der Mikrokapseln unter real auftretenden Belastungsfällen wurde am IPF ein Verfahren entwickelt und zum Patent angemeldet. ■

Projektmittelgeber

Die vorliegende Arbeit wird im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms KMU-Innovativ „Vom Material zur Innovation“ unter dem Kennzeichen PROMATV-79-034 gefördert.

Kooperationspartner

- Mascha Baitinger, VERROTEC GmbH
- Lars Dähne, Surflay Nanotec GmbH
- Michael Pritz, Glashandel Pritz GmbH
- Martin Kahlmeyer, Universität Kassel
- Samuel Jakob, SIKA AG

Abb. 1 Prinzipskizze der Schadensdetektion über einen mit Mikrokapseln funktionalisierten Klebstoff (links: Klebfuge mit intakten Mikrokapseln; rechts: Klebfuge mit lokal aufgeplatzte Mikrokapseln zur Schadensdetektion).
Abb. 2 Kraft-Deformationskurven unterschiedlicher Mikrokapseln (a), Rasterelektronenaufnahmen von zwei verschiedenen Kapseltypen mit Bruchkanten (b).

[1] E. Moeller: Handbuch Konstruktionswerkstoffe, Carl Hanser Verlag (2013).
[2] J. Wurm: Glas als Tragwerk, Birkhäuser Verlag (2007).

Umweltfreundliche und substratunabhängige Metallisierung von Kunststoffen

Frank Simon, Cordelia Zimmerer

Mit dem Ziel die Vorteile von Kunststoffen zu nutzen und diese mit typischen Eigenschaften von Metallen, wie bspw. deren metallischem Glanz und elektrischer Leitfähigkeit zu verbinden, wurden in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts technische Verfahren zur Abscheidung von Metallen auf Kunststoffoberflächen entwickelt. Formteile aus unterschiedlichen Kunststoffen, die galvanisch beschichtet wurden, ersetzen vorzugsweise im Bereich des funktionellen Designs die etablierten Substratmaterialien Stahl, Messing und Zinkdruckguss. Auch technische Kunststoffprodukte profitierten von den neuartigen Metallisierungsverfahren. Obwohl die unterschiedlichen Metallisierungsverfahren im Laufe ihrer industriellen Anwendungen für das Beschichten von Kunststoffen wesentliche Änderungen und Verbesserungen erfahren haben, ist ihnen gemein, dass in Abhängigkeit von der Art des zu beschichtenden Kunststoffsubstrats unterschiedliche Schichtqualitäten und unterschiedliche Haftfestigkeiten der aufgetragenen Metallschicht erhalten werden. Beim

Kunststoffgalvanisieren erscheinen einige Prozessschritte, wie die Ätzverfahren unter Verwendung von Chrom(VI)-Verbindungen und das Primern mit organischen Lösungsmitteln, insbesondere unter dem Aspekt der stetigen Verschärfung gesetzlicher Vorgaben auf nationaler und internationaler Ebene, als veränderungswürdig. Unsere Entwicklung [1] zielte auf die Applikation von Metallschichten auf elektrisch nichtleitenden Substraten ab. Hierzu wurde in einer einstufigen Vorbehandlung eine haftvermittelnde Schicht aus einer wässrigen Dopamin-Monomerlösung auf der Substratoberfläche abgeschieden (siehe Abb. 1). Während des Abscheidens unterlag das Monomer in Gegenwart von Luftsauerstoff oder eines anderen Oxidationsmittels einer oxidativen Polymerisation, die – wie es vom Haften der Miesmuscheln, *Mytilidae* auf jedwedem Substraten bekannt ist – zu einer guten Haftung der polymeren Funktionsschichten (Polydopamin) auf den Substraten führte. Eine hohe Anzahl funktioneller Gruppen an der Oberfläche der Polydopaminschicht war in der Lage,

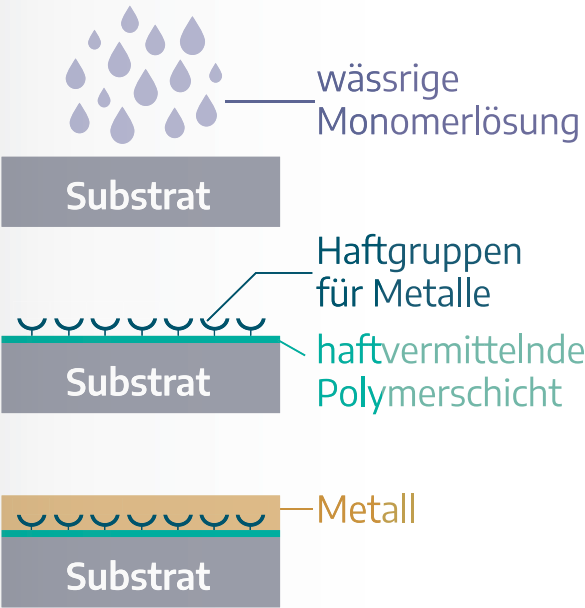


Abb. 1

galvanisch oder durch Verfahren der Dünnschichttechnik aufgetragene Metallionen oder -cluster komplex zu binden. Die Metallisierung konnte unmittelbar nach der Vorbehandlung oder auch nach einer Lagerung der vorbehandelten Substrate entweder durch die genannten Metallisierungsverfahren oder aber durch eine stromlose Metallabscheidung erfolgen. Die auf die beschriebene Weise applizierten Metallschichten wiesen eine hohe Haftfestigkeit auf (Abb. 2). ■

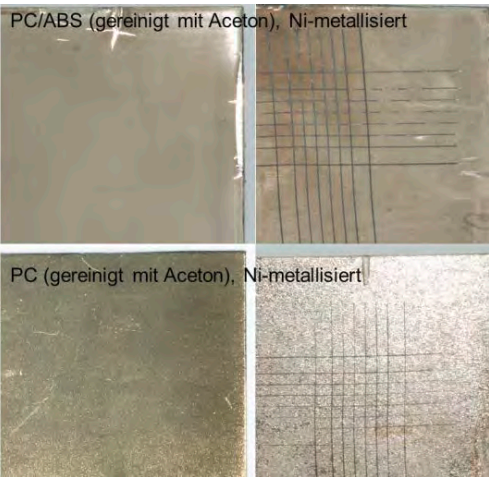


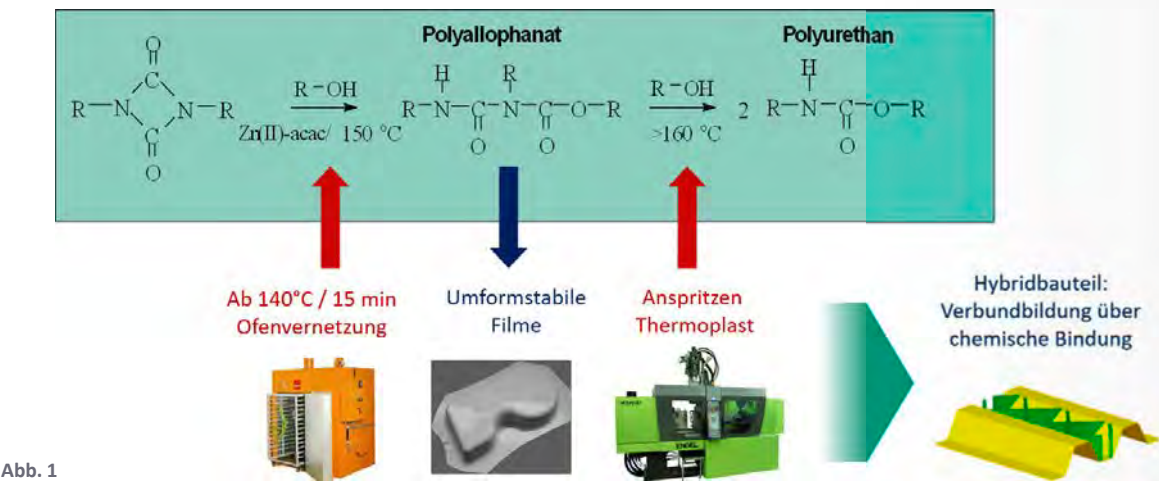
Abb. 2

Abb. 1 Ablauf der Metallisierung von elektrisch nichtleitenden Substraten unter Verwendung einer haftvermittelnden Schicht aus einem biobasierten Polymer.
Abb. 2 Spritzgussformteile nach chemischer Metallisierung mit Nickel und anschließender Prüfung mittels Gitterschnitttest nach ISO 2409.

[1] C. Zimmerer, F. Simon: Metall / Substrat-Hybride und Verfahren zu deren Herstellung – Metallabscheidung auf Substraten (Kunststoff, organische und anorganische Materialien, Metalle). Patent DE 10 2016 222 943, erteilt am 28.12.2017.

Material- und Prozessketten-entwicklung für stoffschlüssige Metall-Kunststoff-Verbunde

Michaela Gedan-Smolka, Ines Kühnert, Matthieu Fischer, Marcel Tuschla



Metall-Kunststoff-Verbunde haben in den letzten Jahren vor allem mit Leichtbauentwicklungen, insbesondere im Transportwesen (E-Mobilität) aber auch im Geräte- und Anlagenbau, zunehmend an Bedeutung gewonnen. Für „Industrie 4.0“ werden zudem schlanke, robuste und kosteneffiziente Prozessketten mit einer breiten Variabilität zur Prozessintegration benötigt. Stoffschlüssige Verbunde aus originär unverträglichen Materialien werden derzeit weitgehend über Klebprozesse realisiert, erfordern aber kostenintensive Vorbehandlungsschritte. Auf Basis einer bereits am IPF entwickelten Katalyse für wetterstabile Pulverlacke wurden neue niedrigtemperaturvernetzende ($T \leq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$), umformbare Pulverlackrezepturen mit integrierter Reaktivklebefunktion entwickelt (Abb. 1). Durch den auf Großserie ausgerichteten Montagespritzgießprozess wurde die Reaktion vom Polyallophanat zum Polyurethannetzwerk für eine stoffschlüssige Anbindung eines Thermoplastischen Polyurethans (TPU) in der Grenzfläche genutzt. Die flexible TPU-Schicht kompensiert innerhalb des Hybridverbundes Spannungen.

Im Rahmen eines international aufgestellten AiF-Cornet-Projekts wurden neue Pulverlackrezepturen validiert. Die Ermittlung der Verbundfestigkeit erfolgte dabei in Anlehnung an die neue VDI-Richtlinie 2019. Optimal funktionalisierte Harze und eine Temperaturbehandlung der Hybridverbunde ermöglichten ausgezeichnete Verbundfestigkeiten unter Beibehaltung der hohen Flexibilität des Lackfilmes. Zur grundlegenden Bewertung der Umformstabilität wurde durch das Fraunhofer IWU Chemnitz ein Prüfkonzept mit anwendungsorientierten Belastungen entworfen. Die Bewertung erfolgte mittels der Kriterien: Haftfestigkeit, Glanzgrad, Rauheit und Schichtdicke nach VDI 2225. Der belgische Partner CRM hat parallel eine auf die neuen Lackrezepturen abgestimmte Vorbehandlungsschemie für serienorientierte Coil- oder Platinenapplikation entwickelt, die sowohl zum Korrosionsschutz als auch zur Verbesserung der Haftfestigkeit zwischen Pulverlackfilm und Metallsubstrat beiträgt. Das Vorbehandlungssystem wurde dabei auf aktuell praxisrelevante Bandgeschwindigkeiten von $\sim 60\text{ m/min}$ ausgerichtet.



Durch den Entfall weiterer Reinigungs- und Spülschritte während der Hybridisierung kann die Prozesskette stark verkürzt werden und spart somit enorme Kosten (Abb. 2). Die Nutzung vorbeschichteter Metallsubstrate ermöglicht eine größere Flexibilität bzgl. Materialauswahl und Konstruktionsstrategie.



Abb. 3

Der Funktionsnachweis der Hybridtechnologie wurde anhand eines Automobil-Interieur-Bauteils des belgischen KMU Simonis Plastics erbracht. Die Entwicklung des geeigneten Schichtaufbaus im Verbund mit Aluminiumsubstrat (IWU), Vorbehandlungsschicht (CRM), 2-in-1-Reaktivpulverlack (IPF), spannungsausgleichendem TPU-Film und Oberflächenfunktionsschicht PA 6 (SIRRIS) für den Demonstrator wurde in enger Zusammenarbeit aller Projektpartner in einem praxisnahen Großserienprozess umgesetzt (Abb. 3). Für das Interieurbauteil waren keine strukturellen Anforderungen vorgegeben. Daher wurde zur qualitativen Bewertung der mechanischen Verbundeigenschaften ein bauteilbezogener 3-Punkt-Biegeversuch durchgeführt. Die Versuchsergebnisse der Tests haben deutlich gezeigt, dass selbst große Verformungen kein Versagen der Grenzschichten (Delamination) provozieren. ■

Projektmittelgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, AiF-IGF CORNET-Projekt „Prefinished metal polymer hybrid parts – PreFiHy“, Förderkennzeichen: 122 EBR

Kooperationspartner

- Peter Scholz, Fraunhofer IWU Chemnitz
- Sebastien le Craz, Centre for Research in Metallurgy Liege CRM, Belgien
- Didier Garray, Sirris, Liege, Belgien

Abb. 1 Vernetzungsmechanismus des Pulverlackes im Kontext zur Prozesskette.

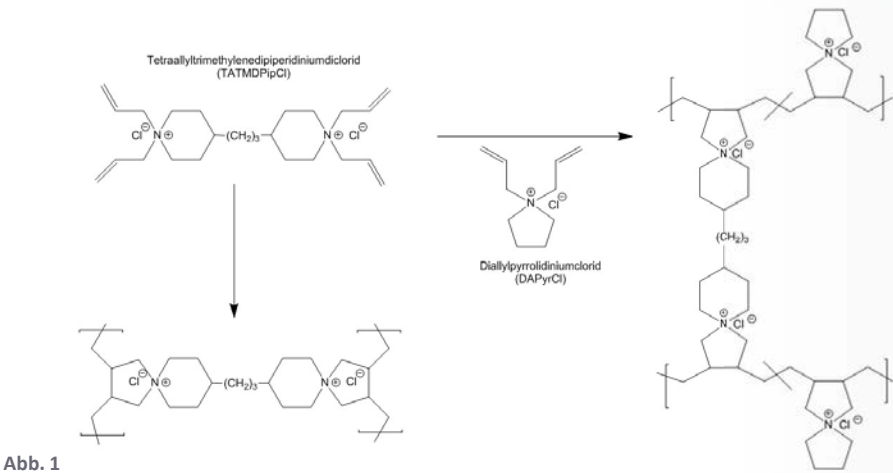
Abb. 2 Prozesskette nach Stand der Technik mit Hybridisierung über Haftvermittler (oben) und innovative Prozesskettenverkürzung (unten).

Abb. 3 Demonstratorbauteil und 3-Punkt-Biegeversuch des Demonstrators.

[1] M. Gedan-Smolka, I. Kühnert, P. Scholz, M. Fischer et. al.: Proceedings of EURADH 2016, Glasgow, GB, 21.–23.09.2016, S. 228–231.
[2] I. Kühnert, M. Gedan-Smolka, M. Fischer: Technologies for Lightweight Structures 1 (2017)2. – S. 89–97.
[3] D. Lehmann, M. Bräuer, B. Hupfer, M. Gedan-Smolka, M. Edelmann, J. Nagel: EP 2310455, erteilt 2017.
[4] M. Gedan-Smolka, I. Kühnert, M. Fischer, P. Scholz, D. Weise, S. le Craz, J. Denayer, D. Garray, J. Halleux: Abschlussbericht AiF-Cornet Projekt 122 EBR „PreFiHy“, Projektlaufzeit 1.09.2014 – 31.12.2016, 2017.
[5] A. Puentes-Parodi, M. Gedan-Smolka, A. Leuteritz, M. Gehde, I. Kühnert: Journal of composite materials 2018, Online Version.

Temperatur- und alkalistabile Anionen-Austauschermaterialien basierend auf N-spirocyclischen Ammoniumsalzen

Jochen Meier-Haack, Mubsharah Rashid, Kornelia Schlenstedt



Brennstoffzellen sind eine effektive Alternative zu herkömmlichen Energiewandlersystemen und Verbrennungsmotoren gerade in Hinblick auf die gesetzten Klimaziele und Reduktion des Schadstoffausstoßes [1]. Standard sind derzeit saure Brennstoffzellensysteme auf der Basis von Nafion® und Platin-basierten Katalysatoren. Aufgrund der hohen Kosten für Membran und Katalysator sind diese Systeme wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig [2]. Sowohl preislich als auch aus elektrochemischer Sicht sind Alkalibrennstoffzellen deutlich attraktiver. Hier können Katalysatoren auf Silber- oder Nickelbasis und Membranen auf Basis nichtfluorierter Polymere eingesetzt werden [3]. Nachteilig ist jedoch die geringe chemische Stabilität konventioneller Anionenaustauschermaterialien in basischen Medien bei hohen Temperaturen, hervorgerufen durch Hofmann Eliminierung und nukleophilen Angriff des Hydroxidions an den N-Alkylgruppen

(S_N2-Mechanismus). Eine unerwartet hohe Thermostabilität wurde bei niedermolekularen spirocyclischen Ammoniumsalzen von Hellwinkel und Seifert [4] sowie von Marino und Kreuer [5] nachgewiesen. Diese hohe Stabilität wurde auch bei Polymeren gefunden, die diese funktionelle Gruppe enthalten [6]. Allerdings sind lineare Polymere dieses Typs wasserlöslich und somit ungeeignet für den Einsatz als Membranmaterialien in wässrigen Medien. In dieser Arbeit wurden neuartige auf der Basis wasserunlöslicher (vernetzter), spirocyclischer Ammoniumsalze entwickelt, die durch Cyclopolymerisation von N,N-Diallylpyrrolidiniumchlorid und N,N,N',N'-Tetraallyltrimethyldipiperidiniumdichlorid (Abb. 1) erhalten wurden [7]. Unterschiedliche Anteile der beiden Monomere wurden eingesetzt, um die Ionenaustauscherkapazität und Vernetzungsdichte zu variieren.

Diese Materialien bilden aufgrund starker Quellung keine stabilen, frei stehenden Filme. Deshalb wurde eine Mikrofiltrationsmembran mit einer nominellen Porengröße von 0,4 µm als inerte Matrix gewählt (Membrana Micro-PES 4F). Das Porenvolumen dieser Membran wurde mit einer ethanolischen Lösung der Monomere (50 Gew.-%) und einem Fotoinitiator (2,4,6-Trimethylbenzoyl-Diphenylphosphinoxid) gefüllt und die Polymerisation bei Raumtemperatur durch UV-Bestrahlung gestartet

(254 nm +365 nm; 8 W, 10 min). Es werden dichte Membranen erhalten, die keinerlei Gasdurchlässigkeiten aufweisen. Abbildung 2 zeigt REM-Aufnahmen von Querschnitten der Matrixmembran und einer Poren gefüllten Anionenaustauschermembran. Ferner bildet sich eine wenige Mikrometer starke, dichte Schicht des Anionenaustauschermaterials an der Oberfläche der Membran aus. Die gemessenen Ionenaustauscherkapazitäten liegen in einem Bereich von 1,39 mmol/g (100 % TATMDiPipCl)

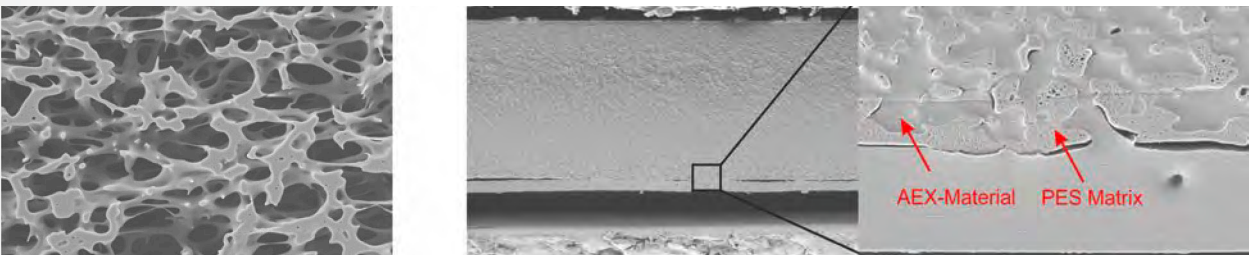


Abb. 2

bis 2,37 mmol/g (75 % DAPyrCl / 25 % TATMDiPipCl). Dem selben Trend folgen die Wasseraufnahme sowohl bei Raumtemperatur (RT) und bei 80 °C als auch die Längenquellung. Hierbei ist festzustellen, dass die Quellung trotz der zum Teil hohen Wasseraufnahme (z. T. > 100 %) sehr gering ist, was auf die quellungseinschränkende Wirkung der inertten Matrix zurückzuführen ist. Die Chlorid-Leitfähigkeiten der Membranen liegen im Bereich von 70 mS/cm und 80 mS/cm bei 100 °C und 95 % r. F. Die Leitfähigkeiten steigen mit steigendem Diallylpyrrolidiniumchlorid-Anteil im Material. Nach der Behandlung der Membranen für 72 h in 2 N NaOH ist ein Absinken der Leitfähigkeiten von weniger als 10 % zu verzeichnen, was auf einen mechanischen Abbau der Deckschicht zurückzuführen ist. ■

Kooperationspartner

Prof. Dr. Carl Martin Bell,
Hochschule Reutlingen

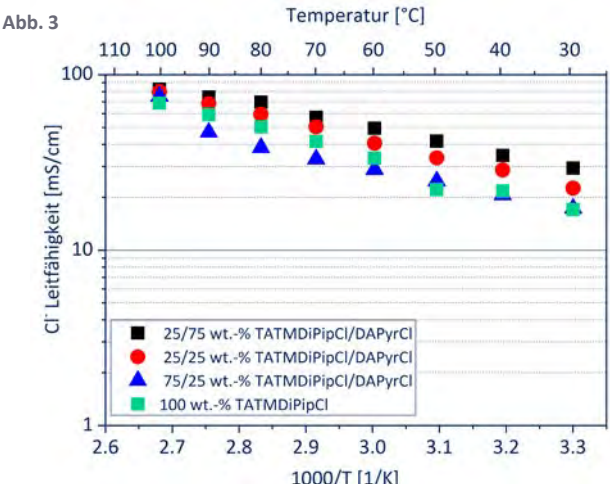


Abb. 1 Herstellung von wasserunlöslichen polymeren spirocyclischen Ammoniumsalzen durch Cyclopolymerisation von Diallyl- und Tetraallylmonomeren.
Abb. 2 REM Aufnahmen der Querschnitte der ungefüllten MF-Membran (links) und einer Poren gefüllten Anionenaustauschermembran (rechts).
Abb. 3 Cl⁻ Leitfähigkeiten porengefüllter Anionenaustauschermembranen unterschiedlicher Monomerzusammensetzung.

[1] U. Lucia: Renew. Sust. Energ. Rev. 30 (2014) 164–169.
[2] B. D. James, A. B. Spisak, W. G. Coletta: J. Manuf. Sci. Eng. 136 (2014) 024503.
[3] S. Lu, J. Pan, A. Huang, I. Zhuang, J. Lu: PNAS 105 (2008) 20611–20614.
[4] D. Hellwinkel, H. Seifert: Liebigs Ann. Chem 762 (1972) 29–54.
[5] M. G. Marino, K. D. Kreuer: ChemSusChem 8 (2015) 513–523.
[6] C. Vogel, H. Komber, J. Meier-Haack: React. Funct. Polym. 117 (2017) 34–42.
[7] J. Meier-Haack: US Patent 10,046,319 B2 (2018); EP Anmeldung 3239193 A1; DE Anmeldung 102017206213 A1.

Nanostrukturierte Glasfaser für den Einsatz im Structural-Health-Monitoring

(Pilotanlage im Europäischen Pilotproduktionslinie Netzwerk)

Michael Thomas Müller, Uwe Gohs, Christina Scheffler

Glasfaser (GF)-verstärkte Thermoplaste werden aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften hinsichtlich der Steifigkeit, Festigkeit, geringem Gewicht, chemischer Beständigkeit und der Designflexibilität für Leichtbaukonstruktionen eingesetzt. Um die üblicherweise verwendeten Metalle zu ersetzen, muss die Langzeittabilität von polymeren Leichtbaukonstruktionen sichergestellt werden. Daher sind detaillierte Informationen über die innere GF-Matrix-Interphase erforderlich um Grundkenntnisse über das Versagensverhalten von GF-verstärkten Thermoplasten zu erhalten. Ein Auslesen des mechanischen Spannungsniveaus kann durch ein in die GF-Interphase eingebettetes elektrisch leitfähiges Netzwerk ermöglicht werden. Dabei wird die auftretende mechanische Verformung durch die Änderung

des überwachten elektrischen Widerstandes korreliert. Im Rahmen des EU-Projekt NANOLEAP entwickelte die Abteilung Verbundwerkstoffe (Dr. M. T. Müller, Dr. C. Scheffler, Dr. U. Gohs) einen in-line nanostrukturierenden Prozess zur Herstellung multifunktionaler Glasfasern für die *in situ* Überwachung GF-verstärkter Thermoplaste und Elastomere. Die Abkürzung NANOLEAP steht für "Open access pilot plants for cost effective nanocomposites". An der Umsetzung des Projektes waren 18 Projektpartner aus neun EU-Staaten mit verschiedenen Pilotanlagen im Bereich der Nanotechnologie beteiligt. Im Ergebnis der Projektbearbeitung konnte der TRL (Technology Readness Level) von 4 auf 6 erhöht werden. Damit verbunden war auch eine Reduzierung der Kosten für die multifunktionale Glasfaser von

Abb. 1

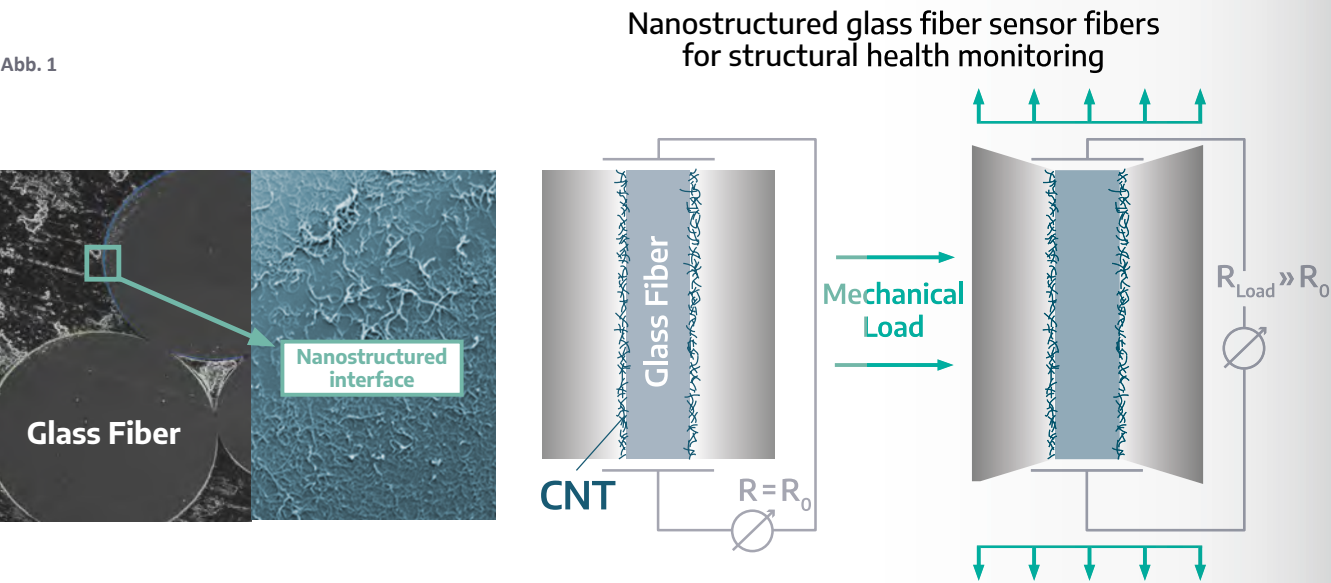
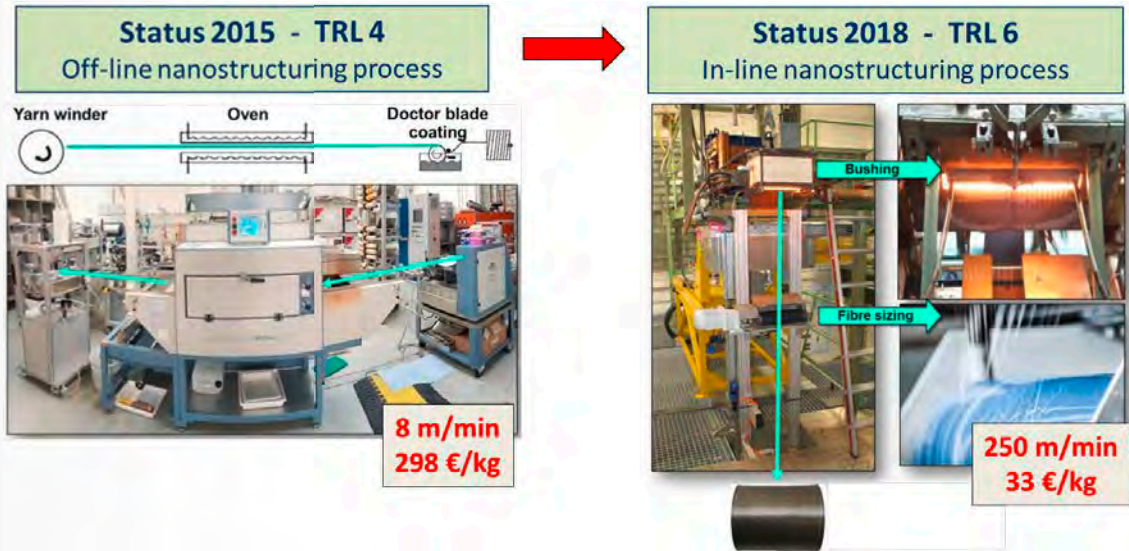


Abb. 2



Projektmittelgeber

EU-Projekt NANOLEAP "Nanocomposite for building constructions and civil infrastructures: European network pilot production line to promote industrial application cases." (grant agreement No. 646397)

Nach dem Projektabschluss, Ende Juni 2018, wird das Netzwerk spezieller Pilotanlagen für die Produktion von Nanokomposite basierten Produkten für die zivile Infrastruktur und das Bauwesen (www.nanoleap.eu) von Prof. J. L. Valverde Palomino (UCLM) koordiniert, um gezielt neue Projekte einzuwerben. ■

Tailored Fibre Placement in thermoplastic composites (TailComp)

Axel Spickenheuer, Christina Scheffler, Lars Bittrich, Gert Heinrich

Im Rahmen des internationalen Verbundprojektes TailComp wurde die vollständige Prozesskette von der thermoplastischen Verbundmaterialherstellung, über die gezielte Modellierung räumlich gekrümmter variabelaxialer Faserverbundstrukturen sowie der

Fertigung leichter und verschnittarmer Konsolidierungswerkzeuge bis hin zum vakuumsackbasierten Konsolidierungsprozess von Verbundwerkstoffen auf Basis von höherwertigen Thermoplastmaterialien entwickelt (Abb. 1). [1]



Abb. 1

Am IPF wurden hierzu erstmalig Glasfasern simultan mit den thermoplastischen Hochleistungskunststoffen PBT (Polybutylenterephthalat) bzw. PPS (Polyphenylensulfid) zu Hybridgarnen gesponnen. Die im Spinnprozess aufgebraute Schlichte wurde hinsichtlich textiler

Verarbeitbarkeit des Garns sowie der Faser-Matrix-Haftung im Verbund angepasst. So wurde beispielsweise im Vergleich zu kommerziell verfügbaren GF/PPS-Hybridgarnen die Faser-Matrix-Adhäsion deutlich verbessert (Abb. 2).

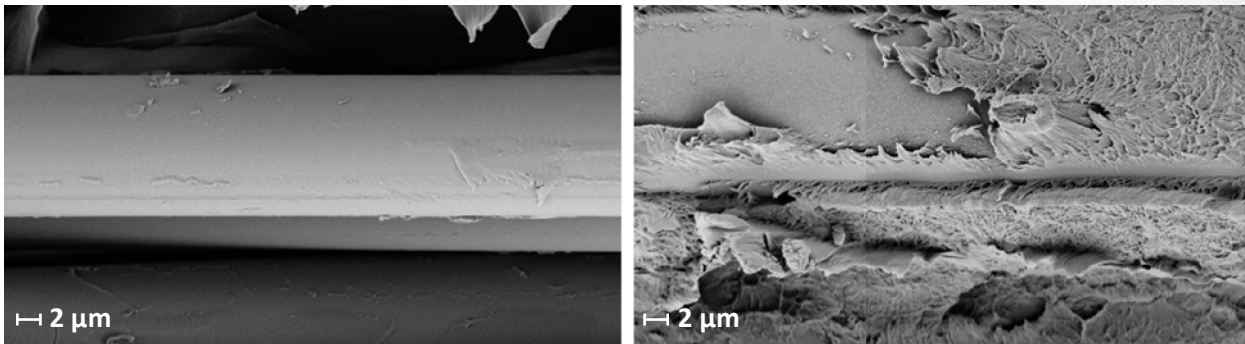


Abb. 2

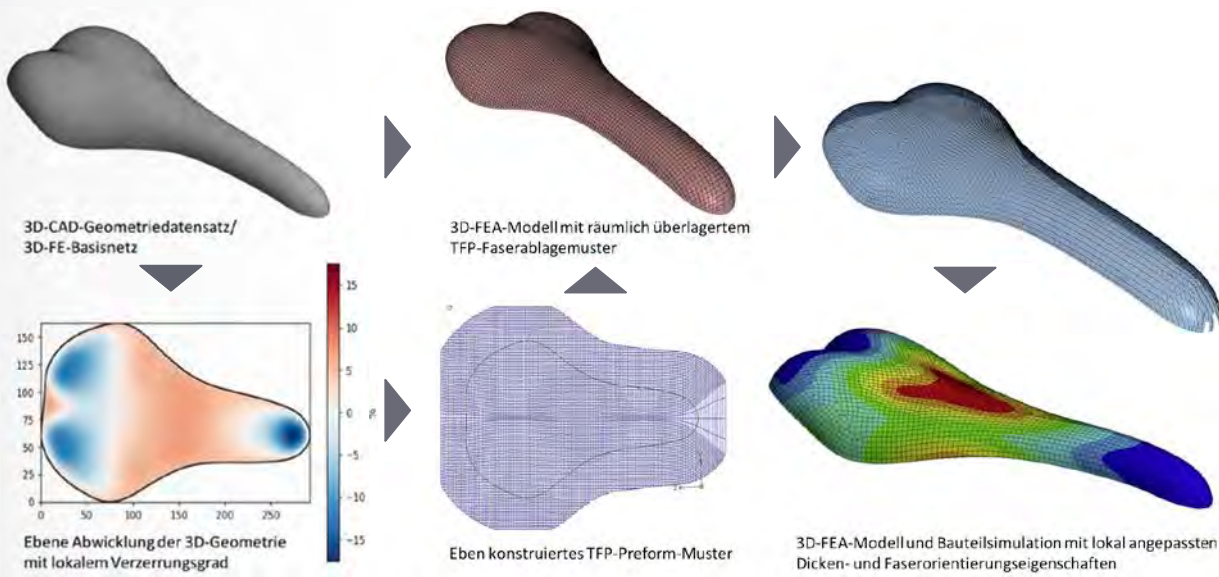


Abb. 3

Weiterverarbeitet wurde das Hybridgarnmaterial mittels Tailored Fiber Placement (TFP). Um die mechanischen Eigenschaften variabelaxialer TFP-FKV-Bauteile mit komplexer, räumlich gekrümmter Geometrie voraussagen zu können, wurde eine am IPF bestehende Methode zur Erstellung hochgradig anisotroper, numerischer Simulationsmodelle weiterentwickelt. Ausgehend von einem ebenen TFP-Ablagemuster können nun so erstmalig automatisiert räumlich gekrümmte FE Simulationsmodelle mit lokal angepasster Dickenverteilung und Faserorientierung erstellt werden.

Durch die am Fraunhofer-IWU Chemnitz weiterentwickelte inkrementelle Blechumformung entstanden

unter minimalem Material- und Energieeinsatz leichte einseitige Formschalen, die für die spätere Bauteilkonsolidierung genutzt wurden. Den abschließenden Konsolidierungsprozess übernahm der wallonische Forschungspartner Sirris. Die Bauteilkonsolidierung unter erhöhter Temperatur erfolgte auf den einseitigen Werkzeugformen unter Einsatz von Vakuumsäcken sowohl mit als auch ohne zusätzlichem Umgebungsdruck unter Einsatz eines Autoklaven. Als Bauteildemonstratoren konnten neben der Sattelgeometrie auch eine kleinere Version des Leichtbauhockers L 1 erfolgreich hergestellt werden. Die entwickelten Materialien und Verfahrenstechnologien sind u. a. für Anwendungen in der Orthopädietechnik von großem Interesse. ■

Projektmittelgeber

Das IGF-Vorhaben 164 EBR der Forschungsvereinigung Kunststoffe e.V., FGK, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Kooperationspartner

- Rico Haase, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz
- Didier Garay, Sirris, Liège, Belgien

Abb. 1 Prozesskette zur Herstellung von Hochleistungsfaserverbundbauteilen auf Basis von Thermoplastik-Glasfaser-Hybridgarnen.

Abb. 2 REM-Aufnahmen eines Faser-Kunststoff-Verbund-Prüfkörpers nach dem Bruch: Vergleich kommerzielles Referenzmaterial und am IPF entwickeltes GF/PPS-Hybridgarn mit angepasster Schlichteformulierung.

Abb. 3 Für die finite Elemente Analyse (FEA) von räumlich gekrümmten variabelaxialen Faser-Kunststoff-Verbundbauteilen erweiterter Modellierungsansatz am Beispiel einer Sattelgeometrie.

[1] A. Spickenheuer, C. Scheffler, L. Bittrich, R. Haase, D. Garay, G. Heinrich: Technologies for Lightweight Structures 1(2) (2017) 114–127.

Strukturuntersuchungen an Kohlenstofffasern – Schlüssel zum Verständnis für die Verbesserung ihrer mechanischen Eigenschaften

Muhannad Al Aiti, Harald Brünig, Dieter Jehnichen, Michael Göbel, Dieter Fischer, Ricardo Bernhardt, Gert Heinrich

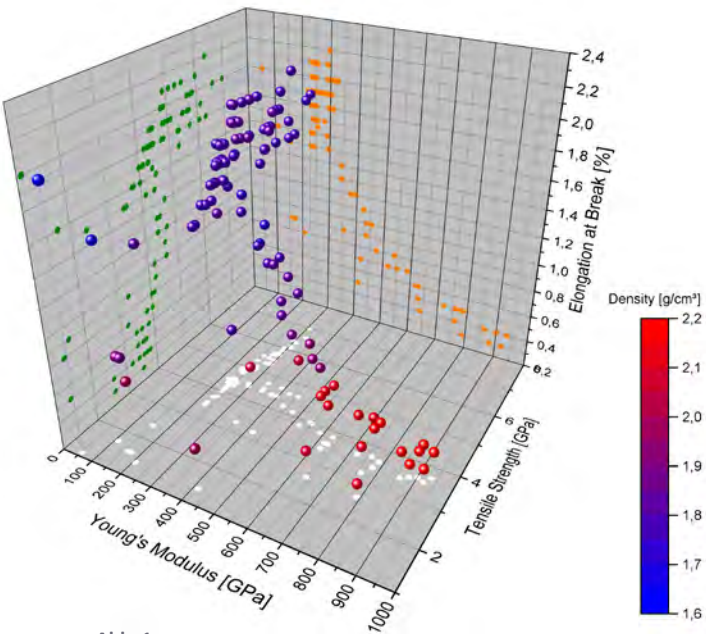


Abb. 1

Für den Leichtbau – eine Schlüsseltechnologie für die Automobilindustrie und Windenergie-Branche – bieten kohlenstofffaser-verstärkte Verbundwerkstoffe attraktive Eigenschaften. Abbildung 1 zeigt die mechanischen Eigenschaften von kommerziell verfügbaren Kohlenstofffasern (CF). Aktuell behindern aber die hohen Herstellungskosten, u. a. die Kosten der öl-basierten Ausgangsmaterialien (Polyacrylnitril (PAN), Pech), den Durchbruch der CF.

Nachwachsende und kostengünstige Materialien, wie z. B. Lignin (ein Abfallprodukt der Papierindustrie), rücken deshalb als Precursoren (Ausgangsstoffe) für die CF in

den Fokus. Bisher erreichen jedoch die mechanischen Eigenschaften der Lignin-basierten CF noch nicht das Niveau der kommerziell etablierten CF. Für die Verbesserung ist ein vertieftes Verständnis ihrer Struktur notwendig.

Dafür wurden umfangreiche Untersuchungen mittels Raman-Spektroskopie und Röntgenweitwinkelstreuung (WAXS) durchgeführt.

Die Raman-Spektroskopie ermöglicht Informationen über die Struktur der Fasern zerstörungsfrei sowohl an der Faseroberfläche als auch über den Faserquerschnitt zu gewinnen. Aus den Signalen (Intensitätsverhältnisse I_D/I_G und Halbwertsbreite HWB der D- bzw. G-Bande) lassen sich Aussagen gewinnen, wie perfekt die Gitterstruktur der Kristallite längs und quer zur Faserachse ist. Abbildung 2a zeigt die Korrelation für ausgewählte Fasern mit Angaben zu den entsprechenden E-Modulen.

Das IPF verfügt über eine Hochtemperatur-Behandlungstechnik (T bis 3000 °C), die es ermöglicht, grundlagenorientierte Forschung an neuartigen Ausgangspolymeren für CF hinsichtlich ihrer Kristallitusbildung durchzuführen: Zwei unterschiedliche Lignine wurden auf diese Weise thermisch behandelt. Abbildung 2a zeigt die Abhängigkeit der Raman-Intensitätsverhältnisse I_D/I_G von der Halbwertsbreite (HWB) des jeweiligen G-Bandes bezüglich der Temperatur. Die Störung der Gitterstruktur kann mit der Erhöhung der Temperatur nur bedingt kontrolliert werden. Für beide Lignintypen wird ein Maximum des Verhältnisses bei der HWB 50–55 cm^{-1} erreicht. Bei Temperaturen um 2000 °C

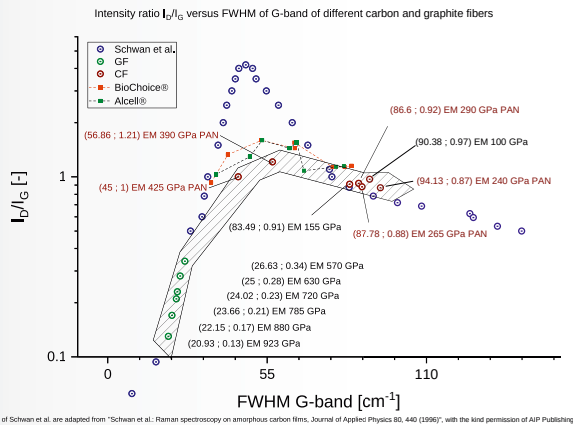


Abb. 2a

bedeutet das eine maximale Störung der Gitterstruktur der Lignin-basierten Rückstände. Aussagen über die thermische Ausheilung der Gitterstruktur können anhand der Verringerung des Verhältnisses I_D/I_G mit gleichzeitigem Rückgang der HWB gewonnen werden, was bei sehr hohen Temperaturen ab 2000 °C und bis 2800 °C erfolgt. Der Abbildung 2a kann auch entnommen werden, dass die Gesamtstörung der Lignin-basierten Gitterstruktur mit den PAN- und Pech-basierten CF vergleichbar ist. Die WAXS-Untersuchungen an den Lignin-basierten Rückständen zeigen, dass bei $T \sim 2000$ °C eine Kristallitausdehnung L_c von ca. 5,1 nm erreicht wird. Der Schichtabstand d_{002} liegt bei 0,346 nm. Diese Daten sind bedingt mit den entsprechenden Parametern der CF (Abb. 2b) vergleichbar. Erweiterte Untersuchungen bezüglich der Porosität mittels Mikro-Computertomographie (μCT)

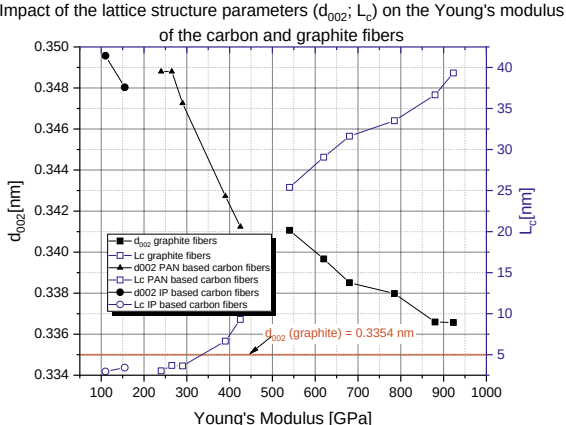


Abb. 2b

zeigen, dass sich bei Erhöhung der Temperatur die Größe und Anzahl der Poren der Lignin-basierten Rückstände erhöhen (Abb. 3).

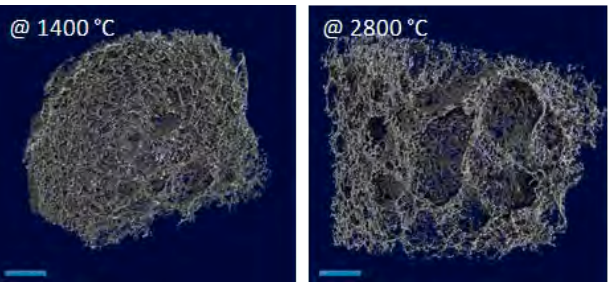


Abb. 3

Die Untersuchungen werden fortgesetzt; sie stellen bereits jetzt einen „Kompass“ für die erfolgreiche Entwicklung leistungsfähiger CF aus neuartigen Precursor-Materialien dar. ■

Abb. 1 Mechanische Eigenschaften von kommerziell verfügbaren CF, (aus [1], mit freundl. Genehm. von Elsevier B. V.).

Abb. 2 a) Korrelation des Raman-Intensitätsverhältnisses I_D/I_G mit der Halbwertsbreite (G-Bande) für unterschiedliche CF und GF (Graphitfasern) sowie für Lignin-basierte Chars; b) Korrelation der Kristallitausdehnung L_c und des Schichtabstandes d_{002} mit dem E-Modul der Fasern.

Abb. 3 μCT -Aufnahmen von Lignin-basierten Rückständen nach Behandlung bei 1400 °C unter Stickstoff und bei 2800 °C unter Argon. (Maßstab: 1 mm).

[1] M. Al Aiti, D. Jehnichen, D. Fischer, H. Brünig, G. Heinrich: On the morphology and structure formation of carbon fibers from polymer precursor systems, Prog. Mater. Sci., 98 (2018), 477–551.
[2] M. Al Aiti, D. Jehnichen, M. Göbel, H. Brünig, C. Scheffler, L. Wulff, G. Heinrich: The impact of lattice structure and pore geometry on the mechanical properties of carbon fibres studied by Raman spectroscopy, WAXS and SAXS techniques. In Proc. SAMPE EUROPE 2017, ISBN 978-90-821727-7-5, Stuttgart 2017.
[3] M. Al Aiti, H. Brünig, D. Jehnichen, D. Fischer, M. Göbel, A. Winkler, G. Heinrich, M. Gude: Key attributes for lignin based carbon fibers with improved mechanical properties: Research needs and new approaches; 57th Global Fibers Congress; 12–14 Sept. 2018, Dornbirn, Austria.

Maximizing the translaminar fracture toughness with a variable-axial reinforcement design

José Humberto S. Almeida Jr, Lars Bittrich, Axel Spickenheuer

One of the most ambitious goals in structural materials is to achieve exceptional mechanical properties, especially combining lightweight, high strength and high stiffness. Carbon fiber reinforced polymer composites (CFRP) meet these properties and, hence, have been widely recognized as the material of choice for several automotive, aeronautic and aerospace applications, where a high strength-to-weight ratio is essential. However, a key limitation for further extending the use of these materials is their low toughness and damage diffusion capability, which often causes composite structures to be over-designed. The failure modes exhibited by laminated composites can be divided into delamination, intralaminar fracture and translaminar fracture. Delamination, which is an interlaminar failure mode, has been extensively explored over the last decades [1]. Intralaminar failure mode, which is characterized by matrix cracking either longitudinally or transversely with respect to the fiber direction, has also been extensively exploited [2]. Translaminar failure of a laminate is defined by the occurrence

of a crack that spans the thickness, further leading to a structural collapse. This phenomenon is typically triggered by the fiber failure [3]. Taking inspiration from biological materials (e.g. wood and nacre), accurately tailoring the reinforcement may drastically improve the toughness of a system. In such cases, steering fiber-tows throughout a composite layer gives a higher design space. Consequently, curvilinear fibers may arise as the optimum fiber path, resulting in the so-called variable-axial (VA) composite layout. The aim of this investigation is to propose a design methodology to optimize the translaminar fracture toughness of composite laminates allowing a VA fiber layout. A finite element (FE) model is built up in Ansys Mechanical APDL. In order to predict crack initiation and propagation, the Virtual Crack Closure Technique (VCCT) method is used. The strong points of the VCCT technique are the maturity, which comes from the method in metals, and the direct crack growth prediction using the energy release rate G .

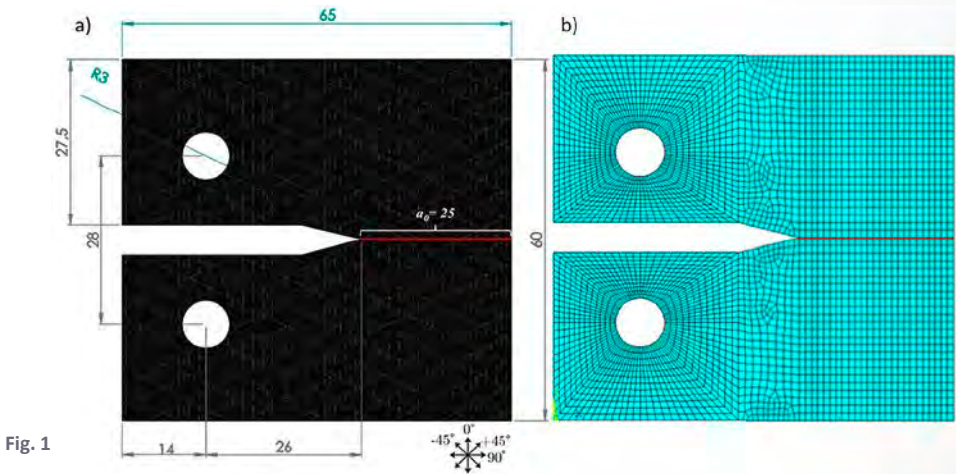


Fig. 1

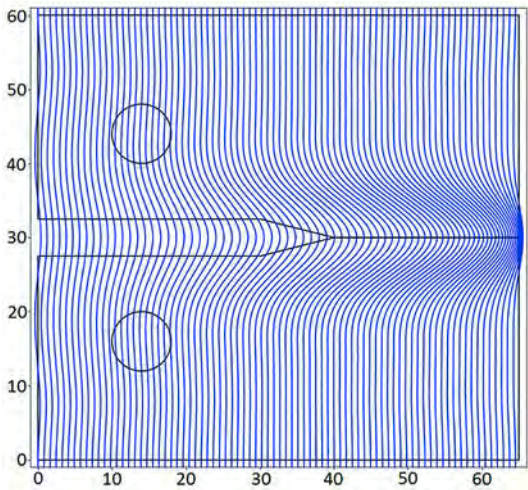


Fig. 2

Figure 2 presents the fiber angle distribution for the optimized compact tension (CT) specimen. As noticed, the more pronounced variations on the fiber orientation is found at the crack area, since the algorithm identifies the sharp notch as the weakest area of the specimen. Furthermore, the optimized layout has a dense thickness build up near the end of the crack path, enhancing the crack resistance of the specimen after the crack initiates to grow.

The load vs. displacement curve of a 0°-oriented and the optimized layer is shown in Figure 3. The concentration of curvilinear fibers aligned with the crack propagation direction and the thickness accumulation along the crack path provide an improvement on the energy absorption of the optimized specimen, where the released energy is higher for the optimum fiber layout.

In this study, a design methodology to optimize the translaminar fracture toughness of carbon fiber reinforced polymer composite materials has been proposed. Key results showed that the fracture toughness was improved with a VA fiber layout. ■

Acknowledgments

J. H. S. Almeida Jr. thanks Alexander von Humboldt and CAPES foundations for their financial support.

Fig. 1 CT specimen geometry (a) and its finite element mesh (b).

Fig. 2 Optimum fiber distribution in the CT specimen.

Fig. 3 Predicted load vs. displacement curves for off-axis and optimum VA laminates.

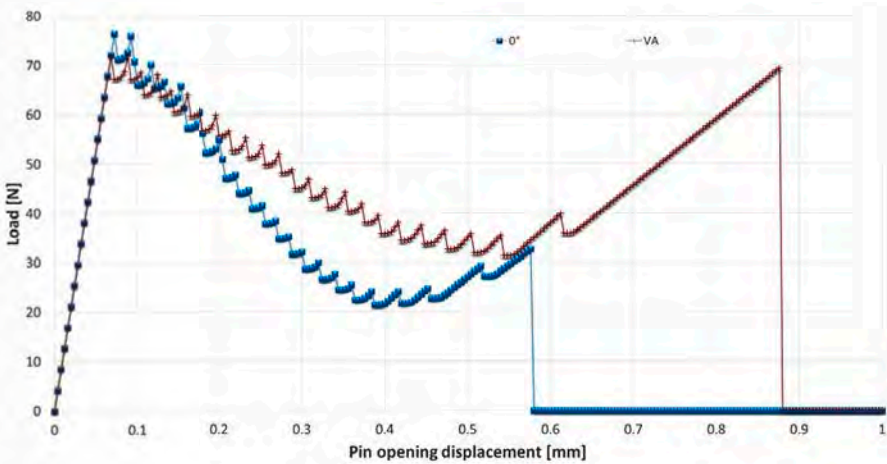


Fig. 3

[1] T. K. O'Brien, R. H. Martin: Journal of Composites Technology and Research 15 (1993) 269–281.
[2] S. T. Pinho, P. Robinson, L. Iannucci: Composites Science and Technology 69 (2009) 1303–1309.
[3] G. Bullegas, S. T. Pinho, S. Pimenta: Composites Science and Technology 131 (2016) 110–122.

Orientation approach to directional photodeformations in azobenzene polymers

Olga Guskova, Vladimir Toshchevikov, Marina Saphiannikova

To make a polymer-based material photosensitive, it is usually modified by inclusion of azobenzene (azo) chromophores. Their reaction to the light leads to conversion of absorbed energy into mechanical work. The wavelengths ~ 500 nm induce cyclic trans-cis isomerization which results in preferred orientation of the trans-isomers perpendicular to light polarization $\mathbf{E}$. This causes reorientation of the polymer backbones to which the azos are attached and appearance of the light-induced stress that dictates a direction of the macroscopic deformation [1]. So, an epoxy-based azopolymer deforms horizontally / radially for the horizontal / circular polarization [2]. These deformations can be explained by an orientation approach, in which the reorientation of azos is described by the effective orientation potential with the strength defined by optical and viscous characteristics of the azomaterial [1]. The light-induced stress σ_{light} can be directly calculated for the ensemble of rod-like particles (azos or rigid backbone segments) in the presence of orientation potential.

Under homogeneous irradiation $\sigma_{light} = 2nkT\tau \partial S / \partial t$ is proportional to the rate of change of the nematic order parameter S [3]. Here n is the number density of particles and τ is their rotational time. For a simple class of molecular glasses made of isolated chromophores the stress is compressive in the direction of light polarization. More complex side-chain azopolymers elongate along $\mathbf{E}$ under the tensile stress. This is due to a negative shape factor $q = [3 \langle \cos^2 \alpha \rangle - 1] / 2$ related to the most probable orientation of azos in respect to the main chain, see Figure 1a. For example, photoresponsive colloids consisting of glassy poly(MMA-co-DR1A) can be stretched up to 6 times of the initial diameter, see Figure 1b. Applying the viscoplastic material model, it is possible to estimate the strength of orientation potential, the viscosity of plastic flow ~ 25 GPa s and $\sigma_{light} \sim 100$ MPa from the extent and time of colloidal deformation. Important input for such estimation is the number density of azos and the shape factor of poly(MMA-co-DR1A), which were obtained from molecular dynamics simulations.

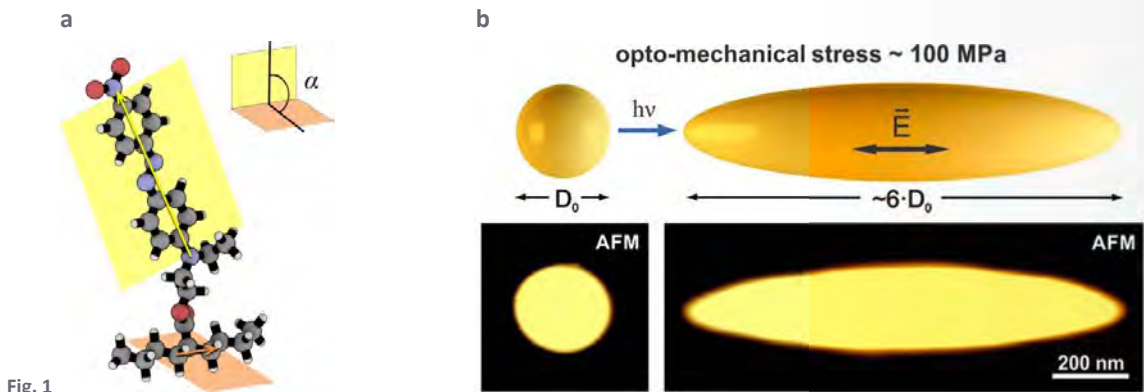


Fig. 1

The orientation approach explains directional photo-deformations for different classes of azomaterials, including liquid crystalline (LC) networks. The direction of photoinduced bending of the azonetwork can be reversed by switching light polarization in orthogonal directions. The network deforms along $\mathbf{E}$ due to azos reorientation. The bending is caused by attenuation of

light across the film thickness due to a strong absorption by azos. Previous theoretical works to explain photo-deformations in LC networks considered only the effect of LC dilution by bent cis-isomers in the presence of UV light. Our studies take into account both the reorientation and dilution effects induced in the azonetworks by polarized light [4].

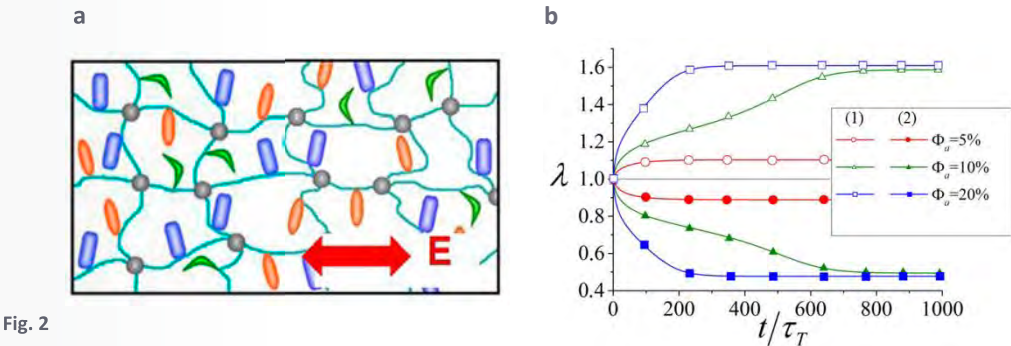


Fig. 2

A very rich time-dependent behaviour was found for two-component LC networks with a realistic chemical structure. Under irradiation such network contains optically inert mesogens and azo isomers, see Figure 2a. The mesogens reorient perpendicular to $\mathbf{E}$ due to LC interactions with the trans-isomers. The deformation is largest when light polarization is parallel to the director of pristine LC network. Elastomers with the azos in side/main chains elongate/contract along $\mathbf{E}$, see Figure 2b. In agreement with experiments already a small amount of azos ~ 5 –10 % makes a LC network highly photosensitive. The orientation approach is universal for azomaterials of various structures and can be applied to such exotic systems as azo-functionalized stars, dendrimers, brushes, plasmonic particles and many others. ■

- Sponsor**
 DFG grants GR 3725/2-2 and GU1510/3-1
- Cooperation**
- Prof. J. Illytskyi, Institute for Condensed Matter Physics, Lviv, Ukraine
 - Prof. S. Santer, University of Potsdam
 - Dr. T. Petrova, Cherepovets State University, Russia

Fig. 1 a) Shape factor is defined by the angle α between the long axes of trans-isomer and the rigid segment. b) Elongation of colloid under light-induced stress [3].
 Fig. 2 a) LC network with bent cis-isomers (green), oriented trans-isomers (orange) and mesogens (blue). b) Elongation ratio λ for the networks with azos in side (1) and main (2) chains as a function of reduced time.

[1] V. Toshchevikov, J. Illytskyi, M. Saphiannikova: J. Phys. Chem. Lett. 8 (2017) 1094–1098.
 [2] H. S. Kang, H.T. Kim, J. K. Park, S. Lee: Adv. Funct. Mater. 24 (2014) 7273–7283.
 [3] S. Loebner, N. Lomadze, A. Kopyshov, M. Koch, O. Guskova, M. Saphiannikova, S. Santer: J. Phys. Chem. B 122 (2018) 2001–2009.
 [4] V. Toshchevikov, T. Petrova, M. Saphiannikova: Soft Matter 13 (2017) 2823–2835; Polymers 10 (2018) 531.

Particle transport using activity travel waves

Abhinav Sharma, Hidde Vuijk, Holger Merlitz, and Jens-Uwe Sommer

Biological systems often contain microscopic objects of different sizes, featuring a selfpropulsion to play a crucial role in vital actions. The self-propulsion is generally referred to as activity. Prominent examples are white blood cells chasing intruders, motor proteins facilitating the transport of e.g. RNA inside cells, or bacteria such as *Escherichia coli* which are simply searching for food [1].

Inspired by nature, synthetic microswimmers are designed to offer hope-bearing solutions to problems that are hard to approach with the toolbox available to conventional nanotechnology [2]. Potential fields of applications are highly directional drug delivery, improved biomarkers or contrast agents, as well as the elimination of pollutants in the framework of environmental protection. By far the simplest synthetic self-propelling agents are binary Janus-particles of spherical shape (see Fig. 1). These two-faced particles are active in the sense that only one of the faces is sensitive to light; when illuminated a chemical reaction occurs at one of the faces causing propulsion. However, there is no global direction of motion because the direction of propulsion changes randomly.

Techniques to manipulate the global direction of motion of active particles are naturally of paramount interest to the practitioner. In our study we achieved this is by using activity waves [3]. For Janus particles this would correspond to illumination by a space- and time-dependent light. The simplest implementation could be a periodic light wave which can be easily set up experimentally. Using tools from theoretical and computational Statistical Mechanics, we demonstrated that activity waves result in a transport of the active particles in the direction of the wave propagation. The active

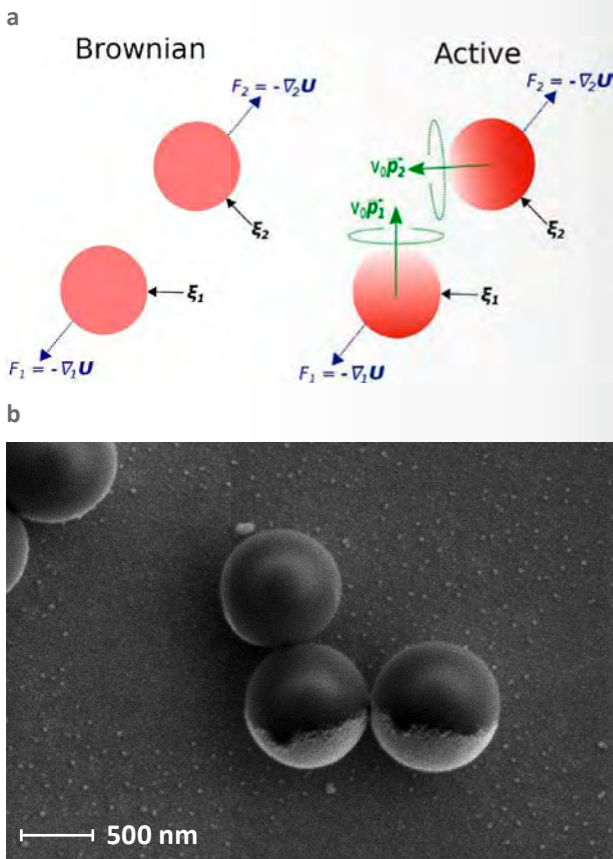


Fig. 1
(a) Schematic of active Brownian particles. Brownian particle undergoes solvent induced Brownian motion due to the random forces shown here as ξ_1 and ξ_2 . The interparticle force is obtained as the gradient of the total potential energy. An active Brownian particle has an additional degree of freedom, the orientation vector, shown here as p_1 and p_2 . Activity corresponds to directed motion of the particle along its orientation vector shown here as $v_0 p$, where v_0 denotes the propulsion speed due to the activity. The orientation vector performs rotational diffusion shown as dotted green curve.
(b) Experimental realization of an active Brownian particle: Janus particle. A Janus particle is sensitive to illumination only on the face which is functionalized such that illumination-borne heating induces a self-propulsive motion. Image taken from J. Phys.: Cond. Mat. 24, 284129 (2012).

particles ride the light wave and can be channeled into any direction by changing the direction of propagation of the activity wave. The speed of propagation of particles depends on the size of the particle. Imagine a system in which there are active particles of different sizes all mixed up uniformly (see Fig. 2). By applying an activity wave ($\propto \sin[k(z - vt)]$), we can cause the mixture to separate according to particle size. This can be a useful technique to selectively target the propagation of active particles into chosen areas of the system. Our theoretical approach allows us to calculate the parameters for which the most efficient transport can be achieved in an active system.

Even though our study was primarily theoretical, there is a possibility to experimentally test our predictions using polymer based Janus particles made in the department of polymer interfaces at IPF. ■

Cooperation

Prof. Joseph Michael Brader,
University of Fribourg, Fribourg, Switzerland

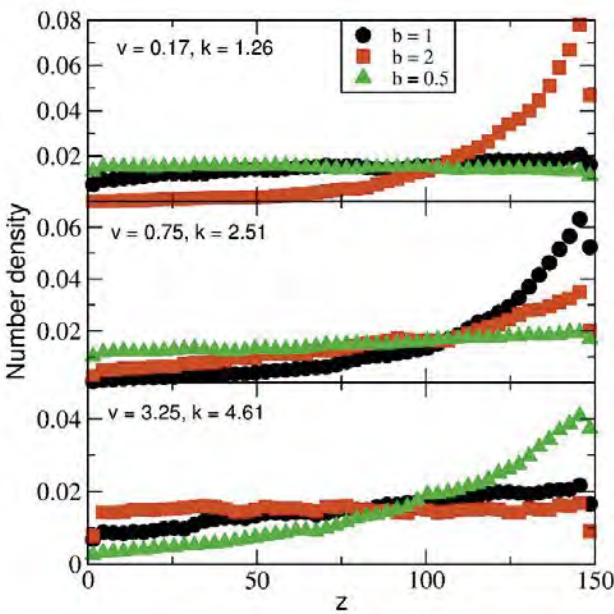


Fig. 2
A mixture of three active particle species of different diameters b . Depending on the choices for the phase velocity v and the angular frequency k of the activity wave, either the large particles (upper panel), the medium sized particles (center panel) or the small particles (lower panel) are enriched near the wall.

[1] H. C. Berg, *E. coli in Motion*, Springer Science & Business Media, 2008.
[2] S. J. Ebbens and J. R. Howse: *Soft Matter* 6, (2010) 726.
[3] H. Merlitz, H. D. Vuijk, J. Brader, A. Sharma, and J.-U. Sommer: *The Journal of Chemical Physics* 148, (2018) 194116.

Ergebnisse in Zahlen

Publikationen

- **917** Publikationen
davon **339** Artikel in Fachzeitschriften
- **10** Bücher bzw. Buchbeiträge

Patente

ANMELDUNGEN (Erstanmeldungen 2018)

- **4** Patente angemeldet und **9** patentfähige Erfindungen übertragen auf Industrie- und Kooperationspartner
- sowie **1** Gebrauchsmuster, **1** Wortmarke und **2** Wort-/ Bildmarken
- **34** Nachanmeldungen (national und regional) hinterlegt

ERTEILUNGEN

- **16** Patente erteilt
davon **1** in Kanada (CA), **2** in Deutschland (DE),
9 in Europa (EP), **1** in Japan (JP) sowie **3** in den USA (US)

Habilitationen, Promotionen, Master- und Bachelorarbeiten

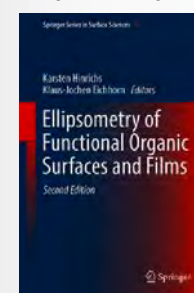
- **1** Habilitation
- **21** Promotionen
- **21** Master- und Diplomarbeiten
- **15** Bachelorarbeiten

Publikationen

Bücher

Bellmann, C. ; Caspari, A. ; Moitzi, C. ; Babick, F. :
Dynamische und elektrophoretische Lichtstreuung – Leitfaden zur Partikelgrößenanalyse und Zetapotentialbestimmung. -
Anton Paar GmbH, 2018
ISBN 978-3-200-04433-3

Hinrichs, K. ; Eichhorn, K.-J. :
Ellipsometry of Functional Organic Surfaces and Thin Films /
edited by Karsten Hinrichs, Klaus-Jochen Eichhorn. -
Berlin : Springer, 2018. -
XXVI, 547 p. 314 illus.,
156 illus. in color (Springer Series in Surface Sciences ; 52)
ISBN 978-3319758947



Beiträge in Büchern

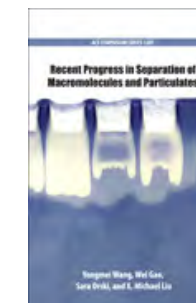


Bittrich, E. ; Furchner, A. ; König, M. ;
Aulich, D. ; Uhlmann, P. ; Hinrichs, K. ;
Eichhorn, K.-J. :
Polymer brushes, hydrogels, polyelectrolyte multilayers: Stimuli-responsivity and control of protein adsorption. - in: **Ellipsometry of Functional Organic Surfaces and Films /** edited by Karsten Hinrichs, Klaus-Jochen Eichhorn. - Berlin : Springer, 2018. - S. 115-143 (Springer Series in Surface Sciences ; 52)
ISBN 978-3-319-75894-7

Bittrich, E. ; Stamm, M. ; Uhlmann, P. :
Functional biointerfaces tailored by “Grafting-To” bushes. - in: **Polymer and Biopolymer Brushes : Fundamentals and Applications in Materials Science and Biotechnology /** von Omar Azzaroni (Herausgeber), Igal Szleifer (Herausgeber) . -
Wiley & Sons, Inc., 2018. - S. 287-331
ISBN 978-1-119-45501-

Chang, B. ; Schneider, K. ; Kühnert, I. ; Heinrich, G. :
Cavitation behavior of semi-crystalline polymers during uniaxial stretching studied by synchrotron small angle X-ray scattering. - in: **Small Angle Scattering and Diffraction /** edited by Margareth Kazuyo, Kobayashi Dias Franco, Co-editor: Fabiano Yokaichiya. - London : IntechOpen, 2018. - Chapter 2, 19 Seiten (Open access peer-reviewed Edited Volume)
ISBN 978-953-51-6082-3

Erber, M. ; Tress, M. ; Bittrich, E. ; Bittrich, L. ; Eichhorn, K.-J. :
Glass transition of polymers with different architectures in the confinement of nanoscopic films. - in: **Ellipsometry of Functional Organic Surfaces and Films /** edited by Karsten Hinrichs, Klaus-Jochen Eichhorn. - Berlin : Springer, 2018. - S. 97-114 (Springer Series in Surface Sciences ; 52)
ISBN 978-3-319-75894-7



Lederer, A. ; Boye, S. ; Appelhans, D. :
Advanced AF4 characterization of dendritic biomacromolecules, their self-assembly, and hybrid formation. - in: **Recent Progress in Separation of Macromolecules and Particulates : Symposium on Recent Progress in Separation of Macromolecules and Particulates /**
253rd National American-Chemical-Society Meeting. - USA : ACS Publisher, 2018. - S. 171-187 (ACS Symposium Series ; 1281)
ISBN 978-0-8412-3309-6

Veröffentlichungen in Fachzeitschriften

Abdollahi, S. ; Ehsani, M. ; Morshedian, J. ;
Khonakdar, H. A. ; Reuter, U. :

Structural and electrochemical properties of PEO/PAN nanofibrous blends: Prediction of graphene localization. -
Polymer Composites 39 (2018)10. - S. 3626-3635

Aghjeh, M. R. ; Kazerouni, Y. ; Otadi, M. ; Khonakdar, H. A. ;
Jafari, S.H. ; Ebadi-Dehaghani, H. ; Mousavi, S. H. :
A combined experimental and theoretical approach to quantitative assessment of microstructure in PLA/PP/Organo-Clay nanocomposites; wide-angle x-ray scattering and rheological analysis. -
Composites Part B 137 (2018). - S. 235-246

Ai, Q. ; Gui, L. ; Paone, D. ; Metzger, B. ;
Mayer, M. ; Weber, K. ; Fery, A. ; Giessen, H. :
Ultrannarrow Second-Harmonic Resonances in Hybrid Plasmon-Fiber Cavities. -
Nano Letters 18 (2018). - S. 5576-5582

Ajayakumar, M. R. ; Fu, Y. ; Ma, J. ; Hennersdorf, F. ;
Komber, H. ; Weigand, J. J. ; Alfonso, A. ; Popov, A. A. ;
 Berger, R. ; Liu, J. ; Müllen, K. ; Feng, X. :
Toward full zigzag-edged nanographenes: peri-tetracene and its corresponding circumanthracene. -
Journal of the American Chemical Society 140 (2018). -
S. 6240-6244

 Al Aiti, M. ; Jehnichen, D. ; Fischer, D. ;
Brünig, H. ; Heinrich, G. :
On the morphology and structure formation of carbon fibers from polymer precursor systems. -
Progress in Materials Science 98 (2018). - S. 477-551

Al Rahhal, S. ; Brünig, H. ; Gohs, U. ; Heinrich, G. :
Influence of electron induced reactive processing and secondary rubber phase on spinnability of polypropylene and polypropylene/rubber blends. -
International Polymer Processing 33 (2018). - S. 60-65

Almeida Jr., J.H.S. ; Ornaghi, H.L. ;
Lorandi, N. ; Bregolin, B.P. ; Amico, S. C. :
Creep and interfacial behavior of carbon fiber reinforced epoxy filament wound laminates. -
Polymer Composites 39 (2018)S4. - S. E2199-E2206

Almeida Jr., J.H.S. ; Ornaghi, H.L. ;
Lorandi, N. ; Marinucci, G. ; Amico, S. C. :
On creep, recovery, and stress relaxation of carbon fiber-reinforced epoxy filament wound composites. -
Polymer Engineering and Science 58 (2018)10. - S. 1837-1842

Almeida Jr., J.H.S. ; Tonatto, M. L. P. ;
Ribeiro, M. L. ; Tita, V. ; Amico, S. C. :
Buckling and post-buckling of filament wound composite tubes under axial compression: Linear, nonlinear, damage and experimental analyses. -
Composites Part B 149 (2018). - S. 227-239

 Androsch, R. ; Soccio, M. ; Lotti, N. ;
Jehnichen, D. ; Göbel, M. ; Schick, C. :
Enthalpy of formation and disordering temperature of transient monotropi liquid crystals of poly(butylene 2,6-naphthalate). -
Polymer 158 (2018). - S. 77-82

Anyfantakis, M. ; Vialotto, J. ; Best, A. ; Auernhammer, G. ;
Butt, H.-J. ; Binks, B. P. ; Baigl, D. :
Adsorption and crystallization of particles at the air-water interface induced by minute amounts of surfactant. -
Langmuir 34 (2018)50. - S. 15526-15536

Aram, E. ; Ehsani, M. ; Khonakdar, H. A. ;
Jafari, S.H. ; Abdollahi, S. :
Chemically functionalized graphene nanosheets and their influence on thermal stability, mechanical, morphological, and electrical properties of poly(methyl methacrylate)/poly(ethylene oxide) blend. -
Polymer-Plastics Technology and Engineering 57 (2018). -
S. 156-165

Armakavicius, N. ; Stanishev, V. ; Knight, S. ;
Kuhne, P. ; Schubert, M. ; Darakchieva, V. :
Electron effective mass in In_{0.33}Ga_{0.67}N determined by mid-infrared optical Hall effect. -
Applied Physics Letters 112 (2018). -
Article number: 082103

Asl, F.H. ; Saeb, M. R. ; Jafari, S.H. ; Khonakdar, H. A. ;
Rastin, H. ; Pötschke, P. ; Vogel, R. ; Stadler, F. J. :
Looking back to interfacial tension prediction in the compatibilized polymer blends: Discrepancies between theories and experiments. -
Journal of Applied Polymer Science 135 (2018). -
Article number: 461144

Atallah, P. ; Schirmer, L. ; Tsurkan, M. ; Limasale, Y. D. P. ;
Zimmermann, R. ; Werner, C. ; Freudenberg, U. :
In situ-forming, cell-instructive hydrogels based on glycosaminoglycans with varied sulfation patterns. -
Biomaterials 181 (2018). - S. 227-239

Bachmann, D. ; Aliperta, R. ; Bergmann, R. ; Feldmann, A. ;
Koristka, S. ; Arndt, C. ; Loff, S. ; Welzel, P. ; Albert, S. ;
Kegler, K. ; Ehninger, A. ; Cartellieri, M. ; Ehninger, G. ;
Bornhäuser, M. ; Bonin, M. v. ; Werner, C. ; Pietzsch, J. ;
Steinbach, J. ; Bachmann, M. :
Retargeting of UniCAR T cells with an in vivo synthesized target module directed against CD19 positive tumor cells. -
Oncotarget 9 (2018). - S. 7487-7500

Banerjee, S. S. ; Janke, A. ; Gohs, U. ; Heinrich, G. :
Electron-induced reactive processing of polyamide 6 / polypropylene blends: Morphology and properties. -
European Polymer Journal 98 (2018). - S. 295-301

Banerjee, S. S. ; Janke, A. ; Jehnichen, D. ;
Gohs, U. ; Heinrich, G. :
Influence of electron-induced reactive processing on structure, morphology and nano-mechanical properties of polyamide 6 / fluoroelastomer blends. -
Polymer 142 (2018). - S. 394-402

Basterra-Beroiz, B. ; Rommel, R. ; Kayser, F. ;
Valentin, J. I. ; Westermann, S. ; Heinrich, G. :
Revisiting segmental order: A simplified approach for sulfur-cured rubbers considering junction fluctuations and entanglements. -
Macromolecules 51 (2018). - S. 2076-2088

Basterra-Beroiz, B. ; Rommel, R. ; Kayser, F. ;
Westermann, S. ; Valentin, J. I. ; Heinrich, G. :
Swelling of polymer networks with topological constraints: Application of the Helms-Heinrich-Straube model. -
eXPRESS Polymer Letters 12 (2018). - S. 731-739

Beaussart, A. ; Caillet, C. ; Bihannic, I. ;
Zimmermann, R. ; Duval, J. F. L. :
Remarkable reversal of electrostatic interaction force on zwitterionic soft nanointerfaces in monovalent aqueous electrolyte: an AFM study at the single nanoparticle level. -
Nanoscale 10 (2018). - S. 3181-3190

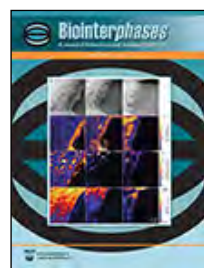
Beier, M. G. ; Ziegler, C. ; Wegner, K. ;
Benad, A. ; Simon, F. ; Kaskel, S. ; Eychmüller, A. :
A fast route to obtain modified tin oxide aerogels using hydroxostannate precursors. -
Materials Chemistry Frontiers 2 (2018). - S. 710-717

Bergner, K. ; Tosch, M. ; Zauer, M. ;
Spickenheuer, A. ; Wagenführ, A. ; Heinrich, G. :
Process development for the manufacture of fiber reinforced wood composites (FRWC). -
Construction and Building Materials 180 (2018). -
S. 275-284

Bhagavatheswaran, E. S. ; Vaikuntam, S. R. ;
Stöckelhuber, K.W. ; Wiefßner, S. ; Heinrich, G. ; Das, A. :
High-performance elastomeric strain sensors based on nanostructured carbon fillers for potential tire applications. -
Materials Today Communications 14 (2018). - S. 240-248

Bhawal, P. ; Ganguly, S. ; Das, T. K. ;
Mondal, S. ; Choudhury, S. ; Das, N. C. :
Superior electromagnetic interference shielding effectiveness and electro-mechanical properties of EMA-IRGO nanocomposites through the *in situ* reduction of GO from melt blended EMA-GO composites. - Composites Part B 134 (2018). - S. 46-60

Bhuyan, B. ; Srivastava, S. K. ; Pionteck, J. :
Multiwalled carbon nanotubes / hectorite hybrid reinforced styrene butadiene rubber nanocomposite: Preparation and properties. - Polymer-Plastics Technology and Engineering 57 (2018). - 10 Seiten



Bittrich, E. ; Mele, F. ; Janke, A. ;
Simon, F. ; Eichhorn, K.-J. ;
Voit, B. ; Appelhans, D. :
Interactions of bioactive molecules with thin dendritic glycopolymer layers. - Biointerphases 13 (2018). - Article number: 06D405

Boldt, R. ; Gohs, U. ; Wagenknecht, U. ; Stamm, M. :
Process-induced morphology and mechanical properties of high-density polyethylene. - Polymer 136 (2018). - S. 179-186

Bos, I. ; Merlitz, H. ; Rosenthal, A. ;
Uhlmann, P. ; Sommer, J.-U. :
Design of binary polymer brushes with tuneable functionality. - Soft Matter 14 (2018). - S. 7237-7245

Bott, M. C. ; Brader, J. M. ; Wittmann, R. ;
Winterhalter, F. ; Marechal, M. ; Sharma, A. :
Isotropic-nematic transition of self-propelled rods in three dimensions. - Physical Review E 98 (2018)1. - Article number: 012601

Böttcher, M. ; Heinze, S. ; Egorov, S. A. ; Sinova, J. ; Dupe, B. :
B-T phase diagram of Pd / Fe / Ir (111) computed with parallel tempering Monte Carlo. - New Journal of Physics 20 (2018). - Article number: 103014

Brandt, J. ; Lenz, J. ; Pahnke, K. ; Schmidt, F. G. ;
Barner-Kowollik, C. ; Lederer, A. :
Analyzing thermoreversible bonding and debonding in macromolecular systems by temperature-dependent size-exclusion chromatography. - LC, GC Europe 31 (2018). - S. 413-421

Brasse, Y. ; Müller, M. B. ; Karg, M. ; König, T. ; Fery, A. :
Magnetic and electric resonances in particle-to-film coupled functional nanostructures. - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 3133-3141

Bray, L. ; Secker, C. ; Murekatete, B. ; Sievers, J. ;
Binner, M. ; Welzel, P. ; Werner, C. :
Three-dimensional *in vitro* hydro- and cryogel-based cell-culture models for the study of breast-cancer metastasis to bone. - Cancers 10 (2018). - Article number: 292

Bray, L. ; Werner, C. :
Evaluation of three-dimensional *in vitro* models to study tumor angiogenesis. - ACS Biomaterials Science & Engineering 4 (2018). - S. 337-346

Breier, A. ; Hahn, J. ; Hinüber, C. ; Brüning, H. ;
Schulze-Tanzil, G. ; Hoyer, M. ; Meyer, M. ;
Schröpfer, M. ; Spickenheuer, A. ; Heinrich, G. :
Tissue Engineering einer vorderen Kreuzbandplastik auf der Basis resorbierbarer, gestickter Träger. Teil 1. - GAK : Gummi Fasern Kunststoffe 71 (2018). - S. 582-587

Brodowsky, H. ; Mäder, E. :
Investigation of transcrystalline interphases in polypropylene / glass fiber composites using micromechanical tests. - Fibers 6 (2018). - Article number: 16

Brownlee, W.J. ; Seib, F. P. :
Impact of the hypoxic phenotype on the uptake and efflux of nanoparticles by human breast cancer cells. - Scientific Reports 8 (2018). - Article number: 12318

Brünler, R. ; Eger, M. ; Lukoschek, S. ; Aibibu, D. ;
Cherif, C. ; Breier, A. ; Elschner, C. ; Hahn, J. ; Bittrich, L. ;
Spickenheuer, A. ; Vater, C. ; Petto, C. ; Celinsky, M. :
Gestickte Herniennetze aus Chitosan mit lokal einstellbaren Steifigkeiten zum Einsatz als Implantatmaterial. - Techn. Textilien (2018)4. - S. 182-184

Ccorahua, R. ; Moreno, S. ; Gumz, H. ;
Sahre, K. ; Voit, B. ; Appelhans, D. :
Reconstitution properties of biologically active polymersomes after cryogenic freezing and a freeze-drying process. - RSC Advances 8 (2018). - S. 25436-25443

Chang, B. ; Schneider, K. ; Heinrich, G. ; Li, Y. ;
Zheng, G. J. ; Häußler, L. ; Liu, C. ; Shen, C. Y. :
Competition effect of shear-induced nuclei and multiwalled carbon nanotubes (MWCNT) on β -isotactic polypropylene (iPP) formation in preshear injection-molded iPP/MWCNT nanocomposites. - Polymer Composites 39 (2018)Suppl. 2, SI. - E1149-E1158

Chang, B. ; Schneider, K. ; Patil, N. ; Roth, S. ; Heinrich, G. :
Microstructure characterization in a single isotactic polypropylene spherulite by synchrotron microfocus wide angle X-ray scattering. - Polymer 142 (2018). - S. 387-393

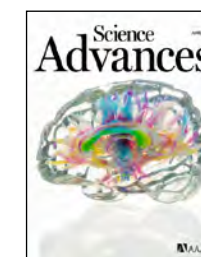
Chang, B. ; Schneider, K. ; Vogel, R. ; Heinrich, G. :
Influence of nucleating agent self-assembly on structural evolution of isotactic polypropylene during uniaxial stretching. - Polymer 138 (2018). - S. 329-342

Chang, B. ; Schneider, K. ; Vogel, R. ;
Luo, B. ; Zheng, G. J. ; Heinrich, G. :
Accelerating shear-induced crystallization and enhancing crystal orientation of isotactic-polypropylene via nucleating agent self-assembly. - Polymer 158 (2018). - S. 213-222



Chang, B. ; Schneider, K. ; Xiang, F. ;
Vogel, R. ; Roth, S. ; Heinrich, G. :
Critical strains for lamellae deformation and cavitation during uniaxial stretching of annealed isotactic polypropylene. - Macromolecules 51 (2018). - S. 6276-6290

Che, Y. ; Zhang, T. ; Du, Y. ; Ihsan, A. ; Marschelke, C. ; Jordan, R. :
“On water” surface-initiated polymerization of hydrophobic monomers. - Angewandte Chemie - International Edition 57 (2018)50. - S. 16380-16384



Checkervarty, A. ;
Werner, M. ; Sommer, J.-U. :
Formation and stabilization of pores in bilayer membranes by peptide-like amphiphilic polymers. - Soft Matter 14 (2018). - S. 2526-2534

Chen, L. ; Glass, J. ; De Rose, R. ; Sperling, C. ; Kent, S. ;
Houston, Z. ; Fletcher, N. ; Rolfe, B. ; Thurecht, K. J. :
Influence of charge on hemocompatibility and immunoreactivity of polymeric nanoparticles. - ACS Applied Bio Materials 1 (2018). - S. 756-767

Chen, Y. ; Pötschke, P. ; Pionteck, J. ; Voit, B. ; Qi, H. :
Smart cellulose / graphene composites fabricated by *in situ* chemical reduction of graphene oxide for multiple sensing applications. - Journal of Materials Chemistry A 6 (2018). - S. 7777-7785

Cherif, C. ; Hickmann, R. ; Nocke, A. ;
Fleischhauer, R. ; Kaliske, M. ; Wießner, S. :
**Simulation-based development of adaptive
fiber- elastomer composites with embedded
shape memory alloys. -**
Journal of Industrial Textiles 48 (2018). - S. 322-332

Cherif, C. ; Hickmann, R. ; Nocke, A. ; Schäfer, M. ;
Röbenack, K. ; Wießner, S. ; Gerlach, G. :
**Development and testing of controlled adaptive
fiber-reinforced elastomer composites. -**
Textile Research Journal 88 (2018). - S. 345-353

Cherif, C. ; Tran, N. H. A. ; Kirsten, M. ; Brüinig, H. ; Vogel, R. :
**Environmentally friendly and highly productive
bi-component melt spinning of thermoregulated
smart polymer fibres with high latent heat capacity. -**
eXPRESS Polymer Letters 12 (2018). - S. 203-214

Choi, S. ; Friedrichs, J. ; Song, Y. H. ;
Werner, C. ; Estroff, L. ; Fischbach-Teschl, C. :
**Intrafibrillar, bone-mimetic collagen mineralization
regulates breast cancer cell adhesion and migration. -**
Biomaterials In Press, Corrected Proof (2018). -
Available online 7 May 2018

Choudhury, S. ; Ebert, T. ; Windberg, T. ;
Seifert, A. ; Göbel, M. ; Simon, F. ; Formanek, P. ;
Stamm, M. ; Spange, St. ; Ionov, L. :
**Hierarchical porous carbon cathode for lithium-
sulfur batteries using carbon derived from hybrid
materials synthesized by twin polymerization. -**
Particle and Particle Systems Characterization 35 (2018).
- Article number: 1800364

Choudhury, S. ; Fischer, D. ; Formanek, P. ;
Simon, F. ; Stamm, M. ; Ionov, L. :
**Porous carbon prepared from polyacrylonitrile
for lithium-sulfur battery cathodes using phase
inversion technique. -**
Polymer 151 (2018). - S. 171-178

Choudhury, S. ; Fischer, D. ; Formanek, P. ; Stamm, M. :
**Phase inversion strategy to fabricate porous carbon
for Li-S batteries via block Copolymer self-assembly. -**
Advanced Materials Interfaces 5 (2018). -
Article number: 1701116

Cintra, M. P. ; Santos, A. ; Silva, P. ; Ueda, M. ;
Janke, A. ; Jehnichen, D. ; Simon, F. ; Botelho, E.C. :
**Characterization of SixOyNz coating on CF / PPS
composites for space applications. -**
Surface & Coatings Technology 335 (2018). - S. 159-165

Clara-Rahola, J. ; Moscoso, A. ; Ruiz-Muelle, A. B. ;
Laurenti, M. ; Formanek, P. ; Lopez-Romero, J. M. ;
Fernandez, I. ; Diaz, F. ; Rubio-Retama, J. ;
Fery, A. ; Contreras-Caceres, R. :
**Au@p4VP core@shell pH-sensitive nanocomposites
suitable for drug entrapment. -**
Journal of Colloid and Interface Science 514 (2018). -
S. 704-714

Cong, J. ; Wang, J. J. ; Xie, J. ; Yang, C. ; Zhao, J. X. ;
Li, L. ; Cao, Y. P. ; Fery, A. ; Feng, Xi-Qiao ; Lu, C. H. :
**Determinative surface-wrinkling microstructures
on polypyrrole films by laser writing. -**
Langmuir 34 (2018). - S. 4793-4802

Connaughton, C. ; Dutta, A. ; Rajesh, R. ;
Siddharth, N. ; Zaboronski, O. :
**Stationary mass distribution and nonlocality
in models of coalescence and shattering. -**
Physical Review E 97 (2018). - Article number: 022137

Das, A. ; Sallat, A. ; Böhme, F. ; Essi, S. ; Vuorinen, J. ;
Vennemann, N. ; Heinrich, G. ; Stöckelhuber, K.W. :
**Temperature scanning stress relaxation of an
autonomous self-healing elastomer containing
non-covalent reversible network junctions. -**
Polymers 10 (2018). - Article number: 94

Das, S. K. ; Egorov, S. A. ; Virnau, P. ; Winter, D. ; Binder, K. :
**Do the contact angle and line tension of surface-at-
tached droplets depend on the radius of curvature?. -**
Journal of Physics : Condensed Matter 30 (2018). -
Article number: 255001

Dedova, S. ; Schneider, K. ; Heinrich, G. :
**Biaxial testing system for high static and
dynamic loading of elastomers and its applications. -**
Kautschuk Gummi Kunststoffe (2018). - S. 85-90

Demydova, K. ; Horechyy, A. ; Yevchuk, I. ; Demchyna, O. :
**The influence of the hydrophobic component content on
the properties of hybrid polymer-inorganic membranes. -**
Chemistry and Chemical Technology 12 (2018). - S. 58-63

Ding, Q. ; Jehnichen, D. ; Göbel, M. ; Soccio, M. ;
Lotti, N. ; Cavallo, D. ; Androsch, R. :
**Smectic liquid crystal Schlieren texture
in rapidly cooled poly(butylene naphthalate). -**
European Polymer Journal 101 (2018). - S. 90-95

Doan, T.T.L. ; Brodowsky, H. ; Gohs, U. ; Mäder, E. :
**Re-use of marble stone powders in producing
unsaturated polyester composites. -**
Advanced Engineering Materials 20 (2018). -
Article number: 1701061

Donets, S. ; Sommer, J.-U. :
**Molecular dynamics simulations of strain-induced
phase transition of poly(ethylene oxide) in water. -**
Journal of Physical Chemistry B 122 (2018). - S. 392-397

Dorogin, L. ; Persson, B.N.J. :
**Contact mechanics for polydimethylsiloxane:
from liquid to solid . -**
Soft Matter 14 (2018). - S. 1142-1148

Dorogin, L. ; Tiwari, A. ; Rotella, C. ;
Mangiagalli, P. ; Persson, B.N.J. :
**Adhesion between rubber and glass
in dry and lubricated condition. -**
Journal of Chemical Physics 148 (2018). -
Article number: 234702

Dosta, M. ; Bröckel, U. ; Gilson, L. ;
Kozhar, S. ; Auernhammer, G. ; Dosta, M. :
**Application of micro computed tomography
for adjustment of model parameters
for discrete element method. -**
Chemical Engineering Research and Design 135 (2018). -
S. 121-128

Drechsler, A. ; Elmahdy, Mahdy M. ;
Uhlmann, P. ; Stamm, M. :
**pH and salt response of mixed brushes made
of oppositely charged polyelectrolytes studied
by *in situ* AFM force measurements and imaging. -**
Langmuir 34 (2018). - S. 4739-4749

Ehrlich, H. ; Shaala, L. A. ; Tsurkan, M. ; et al., :
**Discovery of chitin in skeletons
of non-verongiid Red Sea demosponges. -**
PLoS ONE 13 (2018)5. - Article number: e0195803

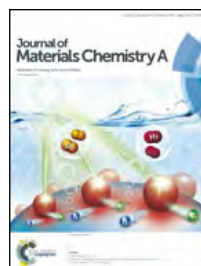
El-Hossary, F. M. ; El-Rahman, A. M. ; Qu, S. X. ;
Zhao, J. S. ; Maitz, M.F. ; EL-Kassem, M. A. :
**Effect of DC-pulsed magnetron sputtering power
on structural, tribological and biocompatibility
of Ti-Zr-N thin film. -**
Applied Physics / A 124 (2018). - Article number: 42

Elschner, T. ; Obst, F. ; Heinze, T. :
**Furfuryl- and maleimido polysaccharides:
Synthetic strategies toward functional biomaterials. -**
Macromolecular Bioscience 18 (2018). -
Article number: 1800258

Euchler, E. ; Schneider, K. ; Heinrich, G. ;
Tada, T. ; Ishikawa, M. :
**The effect of boundary condition
on the failure behavior of rubber vulcanizates
under tensile deformation. -**
Kautschuk Gummi Kunststoffe 71 (2018)9. - S. 32-38



Eun, Y.-J. ; Ho, P.-Y. ; Kim, M. ; LaRussa, S. ; Robert, L. ; Renner, L. ; Schmid, A. ; Garner, E. ; Amir, A. : **Archaeal cells share common size control with bacteria despite noisier growth and division.** - Nature Microbiology 3 (2018). - S. 148-154



Eyckens, D. ; Servinis, L. ; Scheffler, C. ; Wölfel, E. ; Demir, B. ; Walsh, T. ; Henderson, L. C. : **Synergistic interfacial effects of ionic liquids as sizing agents and surface modified carbon fibers.** - Journal of Materials Chemistry A 6 (2018). - S. 4504-4514

Filho, P. S. ; Almeida Jr., J.H.S. ; Amico, S. C. : **Carbon / epoxy filament wound composite drive shafts under torsion and compression.** - Journal of Composite Materials 52 (2018). - S. 1103-1111

Firdaus, S. ; Geisler, M. ; Friedel, P. ; Banerjee, S. ; Appelhans, D. ; Voit, B. ; Lederer, A. : **Glyco-pseudodendrimers on a polyester basis: Synthesis and investigation of protein-pseudodendrimer interaction.** - Macromolecular Rapid Communications 39 (2018). - Article number: 1800364

Franiak-Pietryga, I. ; Ostrowska, K. ; Maciejewski, H. ; Ziemba, B. ; Appelhans, D. ; Voit, B. ; Jander, M. ; Trelinski, J. ; Bryszewska, M. ; Borowiec, M. : **Affecting NF- κ B cell signaling pathway in chronic lymphocytic leukemia by dendrimers-based nanoparticles.** - Toxicology and Applied Pharmacology 357 (2018). - S. 33-38

Gebauer, J. ; Fischer, M. ; Lasagni, A. ; Kühnert, I. ; Klotzbach, A. : **Laser structured surfaces for metal-plastic hybrid joined by injection molding.** - Journal of Laser Applications 30 (2018). - Article number: 032021

Ghorai, S. ; Jalan, A. K. ; Roy, M. ; Das, A. ; De, D. : **Tuning of accelerator and curing system in devulcanized green natural rubber compounds.** - Polymer Testing 69 (2018). - S. 133-145

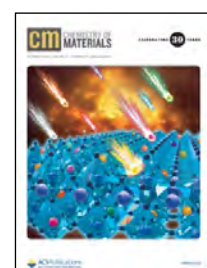
Girardo, S. ; Träber, N. ; Wagner, K. ; Thiele, J. ; Werner, C. ; et al., : **Standardized microgel beads as elastic cell mechanical probes.** - Journal of Materials Chemistry B 6 (2018)39. - S. 6245-6261



Gnanaseelan, M. ; Chen, Y. ; Luo, J. ; Krause, B. ; Pionteck, J. ; Pötschke, P. ; Qi, H. : **Cellulose-carbon nanotube composite aerogels as novel thermoelectric materials.** - Composites Science and Technology 163 (2018). - S. 133-140

Gohs, U. ; Böhm, R. ; Brünig, H. ; Fischer, D. ; Häußler, L. ; Kirsten, M. ; Malanin, M. ; Müller, M. T. ; Cherif, C. ; Wolz, D. S. J. ; Jäger, H. : **Electron beam treatment of polyacrylonitrile copolymer above the glass transition temperature in air and nitrogen atmosphere.** - Radiation Physics and Chemistry 156 (2018). - S. 22-30

Gohs, U. ; Müller, M. T. ; Zschech, C. ; Zhandarov, S. : **Enhanced interfacial shear strength and critical energy release rate in single glass fiber-crosslinked polypropylene model microcomposites.** - Materials 11 (2018). - Article Number: 2552



Goldhahn, C. ; Schubert, J. ; Schlaad, H. ; Ferri, J. K. ; Fery, A. ; Chanana, M. : **Synthesis of metal@protein@polymer nanoparticles with distinct interfacial and phase transfer behavior.** - Chemistry of Materials 30 (2018). - S. 6717-6727

Goncalves, J. ; Lima, P. ; Krause, B. ; Pötschke, P. ; Lafont, U. ; Gomes, J. ; Abreu, C. ; Paiva, M. C. ; Covas, J. A. : **Electrically conductive polyetheretherketone nanocomposite filaments: From production to fused deposition modeling.** - Polymers 10 (2018). - Article number 925



Goncalves-Schmidt, D. P. ; Park, D. M. ; Schmidt, T.-L. ; Werner, C. : **Modular peptide-functionalized gold nanorods for effective glioblastoma multicellular tumor spheroid targeting.** - Biomaterials Science 6 (2018). - S. 1140-1146

Gorzkiwicz, M. ; Buczkowski, A. ; Appelhans, D. ; Voit, B. ; Pulaski, L. ; Palecz, B. ; Klajnert-Maculewicz, B. : **Poly(propyleneimine) glycodendrimers non-covalently bind ATP in a pH- and salt-dependent manner - model studies for adenosine analogue drug delivery.** - International Journal of Pharmaceutics 544 (2018). - S. 83-90



Gorzkiwicz, M. ; Jatczak-Pawlik, I. ; Studzian, M. ; Pulaski, L. ; Appelhans, D. ; Voit, B. ; Klajnert-Maculewicz, B. : **Glycodendrimer nanocarriers for direct delivery of fludarabine triphosphate to leukemic cells: Improved pharmacokinetics and pharmacodynamics of fludarabine.** - Biomacromolecules 19 (2018). - S. 531-543



Gorzkiwicz, M. ; Sztandera, K. ; Jatczak-Pawlik, I. ; Zinke, R. ; Appelhans, D. ; Klajnert-Maculewicz, B. ; Pulaski, L. : **Terminal sugar moiety determines immunomodulatory properties of poly(propyleneimine) glycodendrimers.** - Biomacromolecules 19 (2018). - S. 1562-1572

Greyling, G. ; Lederer, A. ; Pasch, H. : **Thermal field-flow fractionation for the investigation of the thermoresponsive nature of star and linear polystyrene.** - Macromolecular Chemistry and Physics 219 (2018). - Article number: 1899417

Guo, Y. ; Werner, M. ; Seemann, R. ; Baulin, V. A. ; Fleury, J. B. : **Tension-induced translocation of an ultrashort carbon nanotube through a phospholipid bilayer.** - ACS Nano 12 (2018). - S. 12045-12049

Gür, F. ; McPolin, G.P.T. ; Raza, S. ; Mayer, M. ; Roth, D.J. ; Steiner, A. M. ; Löffler, M. ; Fery, A. ; Brongersma, M.L. ; Zayats, A.V. ; König, T. ; Schmidt, T.-L. : **DNA-assembled plasmonic waveguides for nanoscale light propagation to a fluorescent nanodiamond.** - Nano Letters 18 (2018). - S. 7323-7329

Guskova, O. ; Savchenko, V. ; König, U. ; Uhlmann, P. ; Sommer, J.-U. : **How do immobilised cell-adhesive Arg-Gly-Asp-containing peptides behave at the PAA brush surface?.** - Molecular Simulation 44 (2018). - S. 1325-1337

Hahn, J. ; Breier, A. ; Brünig, H. ; Heinrich, G. : **Long-term hydrolytic degradation study on polymer-based embroidered scaffolds for ligament tissue engineering.** - Journal of Industrial Textiles 47 (2018). - S. 1305-1320

Hannig, C. ; Helbig, R. ; Hilsenbeck, J. ; Werner, C. ; Hannig, M. : **Impact of the springtail's cuticle nano-topography on bioadhesion and biofilm formation *in vitro* and in the oral cavity.** - Royal Society Open Science 5 (2018). - Article number: 171742

Hauck, N. ; Graf, C. ; Thiele, J. : **Cell-free biotechnology : Polymer microgels as experimental platform.** - G.I.T. Laboratory Journal (2018)5. - S. 22-23

Hauck, N. ; Graf, C. ; Thiele, J. :

Zellfreie Biotechnologie : Polymermikrogele als experimentelle Plattform. -

GIT Labor-Fachzeitschrift (2018)8. - S. 23-25

Hauck, N. ; Seixas, N. ; Centeno, S.P. ;

Schlüßler, R. ; Cojoc, G. ; Müller, P. ; Guck, J. ;

Wöll, D. ; Wessjohann, L.A. ; Thiele, J. :

Droplet-assisted microfluidic fabrication and characterization of multifunctional polysaccharide microgels formed by multicomponent reactions. -

Polymers 10 (2018). - Article number: 1055

Haufe, S. ; Bohrisch, J. ; Bratskaya, S. ; Schwarz, S. :

Vergleich von herkömmlichen und reacylierten Chitosanen hinsichtlich ihrer Flockungseigenschaften. -

Chemie Ingenieur Technik 90 (2018). - S. 324-332

Heidemann, K. M. ; Sageman-Furnas, A. O. ; Sharma, A. ;

Rehfeldt, F. ; Schmidt, C. F. ; Wardetzky, M. :

Topology counts: Force distributions in circular spring networks. -

Physical Review Letters 120 (2018). -

Article number: 068001

Heidemann, K. M. ; Sageman-Furnas, A. O. ; Sharma, A. ;

Rehfeldt, F. ; Schmidt, C. F. ; Wardetzky, M. :

Topology determines force distributions in one-dimensional random spring networks. -

Physical Review E 97 (2018). - Article number: 022306

Heinrich, G. :

Bruchmechanik und Lebensdauer-vorhersagen an Elastomerwerkstoffen. -

Jahresmagazin Kunststofftechnik (2018). - S. 2-5

Hesse, E. ; Freudenberg, U. ; Niemietz, T. ;

Greth, C. ; Weisser, M. ; Hagmann, S. ;

Binner, M. ; Werner, C. ; Richter, W. :

Peptide-functionalized starPEG / heparin hydrogels direct mitogenicity, cell morphology and cartilage matrix distribution *in vitro* and *in vivo*. -

Journal of Tissue Engineering and

Regenerative Medicine 12 (2018). - S. 229-239

Horatz, K. ; Giampa, M. ; Karpov, Y. ; Sahre, K. ;

Bednarz, H. ; Kiriya, A. ; Voit, B. ; Niehaus, K. ;

Hadjichristidis, N. ; Michels, D. L. ; Lissel, F. :

Conjugated polymers as a new class of dual-mode matrices for MALDI mass spectrometry and imaging. -

Journal of the American Chemical Society 140 (2018). -

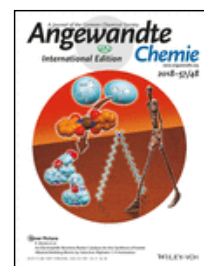
S. 11416-11423

Horsch, J. ; Wilke, P. ; Pretzler, M. ; Seuss, M. ; Melnyk, I. ;

Remmler, D. ; Fery, A. ; Rompel, A. ; Börner, H. G. :

Polymerizing like mussels do: Toward synthetic mussel foot proteins and resistant glues. -

Angewandte Chemie 130 (2018). - S. 15954-15958



Horsch, J. ; Wilke, P. ; Pretzler, M. ;

Seuss, M. ; Melnyk, I. ; Remmler, D. ;

Fery, A. ; Rompel, A. ; Börner, H. G. :

Polymerizing like mussels do: Toward synthetic mussel foot proteins and resistant glues. -

Angewandte Chemie -

International Edition 57 (2018). -

S. 15728-15732

Hussain, S. ; Wicagg, C. N. ; Szwedziak, P. ;

Wong, F. ; Schaefer, K. ; Izoré, T. ; Renner, L. ;

Holmes, M. J. ; Sun, Y. ; Bisson-Filho, A. W. ;

Walker, S. ; Amir, A. ; Löwe, J. ; Garner, E. :

MreB filaments align along greatest principal membrane curvature to orient cell wall synthesis. -

eLife (2018). - Article number: 32471

Ivaneiko, D. ; Toshchevikov, V. ; Grenzer, M. :

Dynamic-mechanical behaviour of anisotropic magneto-sensitive elastomers. -

Polymer 147 (2018). - S. 95-107

Jaeschke, A. ; Murekatete, B. ; Werner, C. ; Risbridger, G. ;

Vela, I. ; Williams, E. ; Huttmacher, D. W. ; Bray, L. :

Dissecting the molecular and cellular mechanisms of angiogenesis in a bioengineered microenvironment model of prostate cancer. -

BJU International 122 (2018). - Suppl. 2, S. 37 [086]

Jakisch, L. ; Garaleh, M. ; Schäfer, M. ;

Mordvinkin, A. ; Saalwächter, K. ; Böhme, F. :

Synthesis and structural NMR characterization of novel PPG/PCL conetworks based upon hetero-complementary coupling reactions. -

Macromolecular Chemistry and Physics 219 (2018). -

Article number: 1700327

Janaszewska, A. ; Gorzkiewicz, M. ; Ficker, M. ; Petersen, J. F. ;

Paolucci, V. ; Christensen, J. B. ; Klajnert-Maculewicz, B. :

Pyrrolidone modification prevents PAMAM dendrimers from activation of pro-inflammatory signaling pathways in human monocytes. -

Molecular Pharmaceutics 15 (2018). - S. 12-20



Janaszewska, A. ; Klajnert-

Maculewicz, B. ; Marcinkowska, M. ;

Duchnowicz, P. ; Appelhans, D. ;

Grasso, G. ; Deriu, M. A. ; Danani, A. ;

Cangiotti, M. ; Ottaviani, M. F. :

Multivalent interacting glycodendrimer to prevent amyloid-peptide fibril formation induced by Cu(II): A multidisciplinary approach. -

Nano Research 11 (2018). -

S. 1204-1226

Jansen, K. A. ; Licup, A. J. ; Sharma, A. ;

Rens, R. ; MacKintosh, F. C. ; Koenderink, G. H. :

The role of network architecture in collagen mechanics. -

Biophysical Journal 114 (2018). - S. 2665-2678

Jariyavidyanont, K. ; Williams, J. L. ; Rhoades, A. M. ;

Kühnert, I. ; Focke, W. W. ; Androsch, R. :

Crystallization of polyamide 11 during injection molding. -

Polymer Engineering and Science 58 (2018). -

S. 1053-1061

Jessl, S. ; Tebbe, M. ; Guerrini, L. ; Fery, A. ;

Alvarez-Puebla, R. ; Pazos-Perez, N. :

Silver-assisted synthesis of gold nanorods: the relation between silver Additive and iodide impurities. -

Small 14 (2018). - Article number: 1703879

Kahlmeyer, M. ; Winkel, A. ; Scheel, J. ; Melnyk, I. ;

Müller, A. ; Fery, A. ; Ricoeur, A. ; Böhm, S. :

Microencapsulated markers for damage detection in adhesive joints. -

Journal of Adhesion 94 (2018)Latest articles. -

Published online: 21 Feb 2018

Kaminski, M. ; Lauke, B. :

Probabilistic and stochastic aspects of rubber hyperelasticity. -

Meccanica 53 (2018). - S. 2363-2378

Kamps, J. H. ; Henderson, L. C. ; Scheffler, C. ;

van der Heijden, R. ; Simon, F. ; Bonizzi, T. ; Verghese, N. :

Electrolytic surface treatment for improved adhesion between carbon fibre and polycarbonate. -

Materials 11 (2018)11. - Article number: 2253

Kamps, J. H. ; Scheffler, C. ; Simon, F. ;

van der Heijden, R. ; Verghese, N. :

Functional polycarbonates for improved adhesion to carbon fiber. -

Composites Science and Technology 167 (2018). -

S. 448-455

Käppler, A. ; Fischer, M. ; Scholz-Böttcher, B. ; Oberbeckmann, S. ;

Labrenz, M. ; Fischer, D. ; Eichhorn, K.-J. ; Voit, B. :

Comparison of μ -ATR-FTIR spectroscopy and py-GCMS as identification tools for microplastic particles and fibers isolated from river sediments. -

Analytical and Bioanalytical Chemistry 410 (2018). -

S. 5313-5327

Karakashev, S. I. ; Stöckelhuber, K.W. ; Tsekov, R. ;

Grozev, N. ; Simeonova, S. ; Raykundaliya, N. ; Heinrich, G. :

Bubble rubbing on hydrophobic solid surfaces. -

Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 555 (2018). - S. 638-645

Kargarfard, N. ; Diedrich, N. ; Rupp, H. ; Dohler, D. ; Binder, W. H. :

Improving kinetics of "click-crosslinking" for self-healing nanocomposites by graphene-supported Cu-nanoparticles. -

Polymers 10 (2018). - Article number: 17

Karpov, Y. ; Kiriya, N. ; Al-Hussein, M. ;
Hambusch, M. ; Beryozkina, T. ; Bakulev, V. ;
Mannsfeld, S. ; Voit, B. ; Kiriya, A. :
**Hexacyano-[3]-radialene anion-radical salts:
a promising family of highly soluble p-dopants. -**
Chemical Communications 54 (2018). - S. 307-310

Ke, X. ; Drache, M. ; Gohs, U. ; Kunz, U. ; Beuermann, S. :
**Preparation of polymer electrolyte membranes
via radiation-induced graft copolymerization on
poly(ethylene-alt-tetrafluoroethylene) (ETFE) using
the crosslinker N,N'-methylenebis(acrylamide). -**
Membranes 8 (2018)2. - Article number: 102

Kebritchi, A. ; Nekoomansh, M. ;
Mohammadi, F. ; Khonakdar, H. A. :
**Effect of microstructure of high density
polyethylene on catalytic degradation:
A comparison between nano clay and FCC. -**
Journal of Polymers and the Environment 26 (2018). -
S. 1540-1549

Keinänen, P. ; Das, A. ; Vuorinen, J. :
**Further enhancement of mechanical properties
of conducting rubber composites based
on multiwalled carbon nanotubes and
nitrile rubber by solvent treatment. -**
Materials 11 (2018). - Article number: 1806

Khaliwada, S. P. ; Gohs, U. ; Janke, A. ;
Jehnichen, D. ; Heinrich, G. ; Adhikari, R. :
**Influence of electron beam irradiation
on the morphology and mechanical properties
of styrene/butadiene triblock copolymers. -**
Radiation Physics and Chemistry 152 (2018). - S. 56-62

Kilic, U. ; Sekora, D. ; Mock, A. ; Korlacki, R. ; Valloppilly, S. ;
Echeverria, E.M. ; Ianno, N. ; Schubert, E. ; Schubert, M. :
**Critical-point model dielectric function analysis
of WO₃ thin films deposited by atomic layer
deposition techniques. -**
Journal of Applied Physics 124 (2018). -
Article number: 115302

Klos, J. :
**Dendritic polyelectrolytes as seen
by the Poisson-Boltzmann-Flory theory. -**
Physical Chemistry, Chemical Physics 20 (2018). -
S. 17818-17828

Klos, J. :
**Dendritic polyelectrolytes revisited through
the Poisson-Boltzmann-Flory theory and
the Debye-Hückel approximation. -**
Physical Chemistry, Chemical Physics 20 (2018). -
S. 2693-2703

Knight, S. ; Mock, A. ; Korlacki, R. ; Darakchieva, V. ;
Monemar, B. ; Kumagai, Y. ; Goto, K. ; Higashiwaki, M. ;
Schubert, M. :
**Electron effective mass in Sn-doped monoclinic
single crystal b-gallium oxide determined
by mid-infrared optical Hall effect. -**
Applied Physics Letters 112 (2018). - Article number: 012103

König, M. ; Rodenhausen, K. B. ; Rauch, S. ; Bittrich, E. ;
Eichhorn, K.-J. ; Schubert, M. ; Stamm, M. ; Uhlmann, P. :
**Salt sensitivity of the thermoresponsive behavior
of PNIPAAm brushes. -**
Langmuir 34 (2018). - S. 2448-2454

König, U. ; Psarra, E. ; Guskova, O. ;
Bittrich, E. ; Eichhorn, K.-J. ; Müller, M. ;
Welzel, P. ; Stamm, M. ; Uhlmann, P. :
**Bioinspired thermoresponsive nanoscaled coatings:
Tailor-made polymer brushes with bioconjugated
arginine-glycine-aspartic acid-peptides. -**
Biointerphases 13 (2018). - Article number: 021002

Kotlarz, M. ; Jordan, R. ; Wegener, E. ; Dobrzynski, P. ;
Neunzehn, J. ; Lederer, A. ; Wolf-Brandstetter, C. ;
Pamula, E. ; Scharnweber, D. :
**One step 3D printing of surface
functionalized composite scaffolds
for tissue engineering applications. -**
Acta of Bioengineering and Biomechanics 20 (2018). -
S. 35-45

Krause, B. ; Barbier, C. ; Kunz, K. ; Pötschke, P. :
**Comparative study of singlewalled, multiwalled, and
branched carbon nanotubes melt mixed in different
thermoplastic matrices. -**
Polymer 159 (2018). - S. 75-85

Krehl, J. ; Guzzinati, G. ; Schultz, J. ; Potapov, P. ; Pohl, D. ;
Martin, J. ; Verbeeck, J. ; Fery, A. ; Büchner, B. ; Lubk, A. :
**Spectral field mapping in plasmonic nanostructures
with nanometer resolution. -**
Nature Communications 9 (2018). - Article number: 4207

Krüger, S. ; Weber, C. A. ; Sommer, J.-U. ; Jülicher, F. :
**Discontinuous switching of position
of two coexisting phases. -**
New Journal of Physics 20 (2018). -
Article number: 075009

Kühnert, I. ; Fischer, M. ; Fiedrich, G. ; Gehde, M. :
**Vergleich von Grenzflächen in Schweißnähten
und Spritzgießbauteilen. -**
Zeitschrift Kunststofftechnik (WAK) 14 (2018). - S.
192-210

Kühnert, I. ; Spörer, Y. ; Brünig, H. ; Tran, N. H. A. ; Rudolph, N. :
Processing of poly(lactic acid). -
Advances in Polymer Science 292 (2018). - S. 1-33

Kumar, A. G. ; Singh, A. ; Komber, H. ; Voit, B. ; Tiwari, B.
R. ; Noori, M. T. ; Ghangrekar, M. M. ; Banerjee, S. :
**Novel sulfonated co-poly(ether imide)s containing
trifluoromethyl, fluorenyl and hydroxyl groups for
enhanced proton exchange membrane properties:
Application in microbial fuel cell. -**
ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). -
S. 14803-14817

Kuttner, C. ; Mayer, M. ; Dulle, M. ; Moscoso, A. ;
Lopez-Romero, J. M. ; Förster, S. ; Fery, A. ;
Pérez-Juste, J. ; Contreras-Caceres, R. :
**Seeded growth synthesis of gold nanotriangles:
Size control, SAXS analysis, and SERS performance. -**
ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). -
S. 11152-11163

Labuschagne, F.J.W. ; Wiid, A. ; Venter, H.P. ;
Gevers, B. R. ; Leuteritz, A. :
**Green synthesis of hydrotalcite from untreated
magnesium oxide and aluminum hydroxide. -**
Green Chemistry Letters and Reviews 11 (2018). -
S. 18-28



Lang, M. :
**Elasticity of phantom model
networks with cyclic defects. -**
ACS Macro Letters 7 (2018). -
S. 536-539

Lang, M. ; Schuster, C. ; Dockhorn, R. ;
Wengenmayr, M. ; Sommer, J.-U. :
**Testing the physics of knots
with a Feringa nanoengine. -**
Physical Review E 98 (2018). - Article number: 052501

Lehmann, D. :
Chrom-VI-freie Alternative zum Galvanisieren. -
Journal für Oberflächentechnik : JOT 58 (2018). - S. 24-25

Lehmann, D. ; Nagel, J. ; Zimmermann, P. :
**Chrome VI-free pretreatment of ABS : Metallized ABS
moldings without chromosulfuric acid pickling. -**
Kunststoffe international (2018)2. - S. 10-12

Lehmann, D. ; Nagel, J. ; Zimmermann, P. :
**Chrom(VI)-freie Vorbehandlung von ABS: Metallisierte
ABS-Formteile ohne Chromschwefelsäure-Beize. -**
Kunststoffe (2018)2. - S. 34-37

Lehmann, D. ; Nagel, J. ; Zimmermann, P. ; Schlenstedt, K. :
**Chrom(VI)-freies Verfahren zum Kunststoff-
galvanisieren von ABS-Oberflächen. -**
Galvanotechnik (2018)1. - S. 43-48

Li, C.-W. ; Merlitz, H. ; Wu, C.-X. ; Sommer, J.-U. :
**Nanopores as switchable gates for nanoparticles:
A molecular dynamic study. -**
Macromolecules 51 (2018). - S. 6238-6247

Li, P.; Zhou, N.; Qiu, H.; Maitz, M.F.; Wang, J.; Huang, N.: **In vitro and in vivo cytocompatibility evaluation of biodegradable magnesium-based stents: a review.** - Science China Materials 61 (2018). - S. 501-515

Li, X.; Gao, P.; Tan, J.; Xiong, K.; Maitz, M.F.; Pan, C.; Wu, H.; Chen, Y.; Yang, Z.; Huang, N.: **Assembly of metal-phenolic catecholamine networks for synergistically anti-inflammatory, antimicrobial, and anticoagulant coatings.** - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 40844-40853

Li, X.; Janke, A.; Formanek, P.; Fery, A.; Stamm, M.; Tripathi, B. P.: **One pot preparation of polysulfone-amino functionalized SiO₂ nanoparticle ultrafiltration membranes for water purification.** - Journal of Environmental Chemical Engineering 6 (2018). - S. 4598-4604

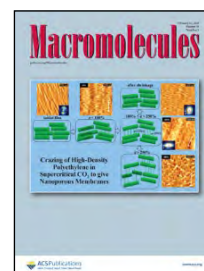
Li, Y.; Pötschke, P.; Pionteck, J.; Voit, B.: **Electrical and vapor sensing behaviors of polycarbonate composites containing hybrid carbon fillers.** - European Polymer Journal 108 (2018). - S. 461-471

Li, Y.; Zheng, Y. J.; Zhan, P. F.; Zheng, G. J.; Dai, K.; Liu, C.; Shen, C. Y.: **Vapor sensing performance as a diagnosis probe to estimate the distribution of multi-walled carbon nanotubes in poly(lactic acid)/polypropylene conductive composites.** - Sensors and Actuators B: Chemical 255 (2018). - S. 2809-2819

Liebig, F.; Moreno, S.; Thünemann, A.; Temme, A.; Appelhans, D.; Koetz, J.: **Toxicological investigations of "naked" and polymer-entrapped AOT-based gold nanotriangles.** - Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 167 (2018). - S. 560-567

Liebscher, M.; Domurath, J.; Krause, B.; Grenzer, M.; Heinrich, G.; Pötschke, P.: **Electrical and melt rheological characterization of PC and co-continuous PC / SAN blends filled with CNTs: Relationship between melt-mixing parameters, filler dispersion, and filler aspect ratio.** - Journal of Polymer Science / B: Polymer Physics 56 (2018). - S. 79-88

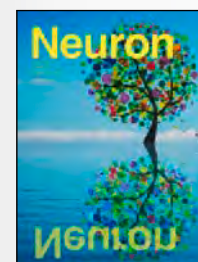
Liu, X.; Appelhans, D.; Voit, B.: **Hollow capsules with multi-responsive valves for controlled enzymatic reactions.** - Journal of the American Chemical Society 140 (2018). - S. 16106-16114



Liu, X.; Appelhans, D.; Zhang, T.; Voit, B.: **Rapid synthesis of dual-responsive hollow capsules with controllable membrane thickness by surface-initiated SET-LRP polymerization.** - Macromolecules 51 (2018). - S. 1011-1019

Loebner, S.; Lomadze, N.; Kopyshev, A.; Koch, M.; Guskova, O.; Grenzer, M.; Santer, S.: **Light-induced deformation of azobenzene-containing colloidal spheres: Calculation and measurement of opto-mechanical stresses.** - Journal of Physical Chemistry B 122 (2018). - S. 2001-2009

Lohmann, N.; Schirmer, L.; Atallah, P.; Wandel, E.; Ferrer, R. A.; Werner, C.; Simon, J. C.; Franz, S.; Freudenberg, U.: **Glycosaminoglycan-based hydrogels capture inflammatory chemokines and rescue defective wound healing in mice.** - [45th Annual Meeting of the Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Forschung (ADF) Zurich, Switzerland, March 7-10, 2018]. - Experimental Dermatology 27 (2018). - S. E18-E19, P0043



Long, K. R.; Newland, B.; Florio, M.; Kalebic, N.; Langen, B.; Kolterer, A.; Wimberger, P.; Huttner, W. B.: **Extracellular matrix components HAPLN1, lumican, and collagen I cause hyaluronic acid-dependent folding of the developing human neocortex.** - Neuron 99 (2018). - S. 702-719 und e1-e6



Lukatskaya, M.R.; Feldblyum, J.I.; Mackanic, D.G.; Lissel, F.; Michels, D. L.; Cui, Y.; Bao, Z.: **Concentrated mixed cation acetate "water-in-salt" solutions as green and low-cost high voltage electrolytes for aqueous batteries.** - Energy & Environmental Science 11 (2018). - S. 2876-2883

Lützenkirchen, J.; Franks, G. V.; Plaschke, M.; Zimmermann, R.; Heberling, F.; Abdelmonem, A.; Darbha, G.; Schild, D.; Filby, A.; Engg, P.; Catalano, J. G.; Rosenqvist, J.; Preocanin, T.; Aytug, T.; Zhang, D.; Gan, Y.; Braunschweig, B.: **The surface chemistry of sapphire-c: A literature review and a study on various factors influencing its IEP.** - Advances in Colloid and Interface Science 251 (2018). - S. 1-25

Lyu, H.; Xu, F.; Merlitz, H.; Wu, C.-X.: **Chain stiffness effect on the properties of topological polymer brushes and the penetration by free chains using MD simulation.** - Journal of Physics Communications 2 (2018). - Article number 015025

Mani, M. R.; Gebrekrestos, A.; Madras, G.; Pötschke, P.; Bose, S.: **PVDF-MWNT interactions control process induced β -lamellar morphology and orientation in the nanocomposites.** - Physical Chemistry, Chemical Physics 20 (2018). - S. 24821-24831

Marcinkowska, M.; Sobierajska, E.; Stanczyk, M.; Janaszewska, A.; Chworos, A.; Klajnert-Maculewicz, B.: **Conjugate of PAMAM dendrimer, doxorubicin and monoclonal antibody-trastuzumab: The new approach of a well-known strategy.** - Polymers 10 (2018)2. - Article numbers: 187

Marriam, I.; Wang, X.; Tebyetekerwa, M.; Chen, G.; Zabihi, F.; Pionteck, J.; Peng, S.; Ramakrishna, S.; Yang, S.; Zhu, M.: **A bottom-up approach to design wearable and stretchable smart fibers with organic vapor sensing behaviors and energy storage properties.** - Journal of Materials Chemistry A 6 (2018). - S. 13633-13643

Mateyisi, M. J.; Sommer, J.-U.; Müller-Nedebock, K. K.; Heinrich, G.: **Influence of weak reversible cross-linkers on entangled polymer melt dynamics.** - Journal of Chemical Physics 148 (2018). - Article number: 244901

Matsidik, R.; Giorgio, M.; Luzio, A.; Komber, H.; Sommer, M.: **A defect-free naphthalene diimide bithiazole copolymer via regio-selective direct arylation polycondensation.** - European Journal of Organic Chemistry 2018 (2018)44. - S. 6121-6126

Mayer, M.; Schnepf, M. J.; König, T.; Fery, A.: **Colloidal self-assembly concepts for plasmonic metasurfaces.** - Advanced Optical Materials 6 (2018). - Article number: 1800564

Memarian, F.; Fereidoon, A.; Ahangari, M. G.; Khonakdar, H. A.: **Shape memory and mechanical properties of TPU105 / ABS blends: The role of pristine versus organo-modified carbon nanotubes.** - Polymer Composites 39 (2018)Suppl. 2 SI. - S. E984-E995

Mende, M. ; Schwarz, D. ; Steinbach, C. ;
Boldt, R. ; Schwarz, S. :

The influence of salt anions on heavy metal ion adsorption on the example of nickel. -
Materials 11 (2018)3. - Article number: 373

Merlitz, H. ; Vuijk, H. ; Brader, J. M. ;
Sharma, A. ; Sommer, J.-U. :

Linear response approach to active Brownian particles in time-varying activity fields. -
Journal of Chemical Physics 148 (2018). -
Article number: 194116



Merz, S.N. ; Farrell, Z. ;
Pearing, J. ; Hoover, E. ;
Kester, M. ; Egorov, S. A. ;
Green, D.L. ; DuBay, K.H. :
Computational and experimental investigation of Janus-like monolayers on ultrasmall noble metal nanoparticles. -
ACS Nano 12 (2018). -
S. 11031-11040

Messerschmidt, M. ; Janke, A. ; Simon, F. ;
Hanzelmann, C. ; Riske, T. ; Stamm, M. ;
Raether, B. ; da Costa e Silva, O. ; Uhlmann, P. :
Fluorocarbon-free dual-action textile finishes based on covalently attached thermoresponsive block copolymer brush coatings. -
ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). -
S. 40088-40099

Milchev, A. ; Egorov, S. A. ; Nikoubashman, A. ; Binder, K. :
Adsorption and structure formation of semiflexible polymers on spherical surfaces. -
Polymer 145 (2018). - S. 463-472

Mock, A. ; Korlacki, R. ; Knight, S. ; Schubert, M. :
Anisotropy and phonon modes from analysis of the dielectric function tensor and the inverse dielectric function tensor of monoclinic yttrium orthosilicate. -
Physical Review B 97 (2018). - Article number: 165203

Mock, A. ; VanDerslice, J. ; Korlacki, R. ;
Woollam, J. A. ; Schubert, M. :
Elevated temperature dependence of the anisotropic visible-to-ultraviolet dielectric function of monoclinic β -Ga₂O₃. -
Applied Physics Letters 112 (2018). -
Article number: 041905

Mohan, V. B. ; Jakisch, L. ; Jayaraman, K. ; Bhattacharyya, D. :
Role of chemical functional groups on thermal and electrical properties of various graphene oxide derivatives: A comparative X-ray photoelectron spectroscopy analysis. -
Materials Research Express 5 (2018). -
Article number 035604

Montagna, M. ; Guskova, O. :
Photosensitive cationic azobenzene surfactants: Thermodynamics of hydration and the complex formation with poly(methacrylic acid). -
Langmuir 34 (2018). - S. 311-321

Mostafaiyan, M. ; Wießner, S. ; Heinrich, G. ;
Hosseini, M. S. ; Domurath, J. ; Khonakdar, H. A. :
Application of local least squares finite element method (LLSFEM) in the interface capturing of two-phase flow systems. -
Computers & Fluids 174 (2018). - S. 110-121

Mousa, A. ; Heinrich, G. ; Wagenknecht, U. ; Arabeyat, O. :
The effect of exfoliated graphite on the thermal and mechanical properties of dynamically vulcanized polystyrene / styrene butadiene rubber composites. -
Journal of Engineering Materials and Technology 140 (2018). - Article number 011002

Müller, C. ; Ansorge, M. ; Espig, M. ;
Zschoche, St. ; Schiller, J. ; Pompe, T. :
Covalent binding of maleic anhydride copolymer monolayers to polyacrylamide hydrogels. -
Macromolecular Chemistry and Physics 219 (2018). -
Article number: 1800206



Müller, F. ; Torger, B. ; Allertz, P. J. ;
Jähnichen, K. ; Keßler, S. ; Müller, M. ;
Simon, F. ; Salchert, K. ;
Mäurer, H. ; Pospiech, D. :
Multifunctional crosslinkable itaconic acid copolymers for enzyme immobilization. -
European Polymer Journal 102 (2018). - S. 47-55

Müller, M. ; Hinüber, C. ; Vehlow, D. ; Urban, B. :
Release of tetracycline out of PLLA foils functionalized by adhesive polyelectrolyte complexes in the context of parodontitis therapy. -
Annals of Pharmacology and Pharmaceutics 3 (2018). -
Article number: 1138

Müller, M. ; Urban, B. ; Reis, B. ; Yu, X. ;
Grab, A. ; Cavalcanti-Adam, E. A. ; Kuckling, D. :
Switchable release of bone morphogenetic protein from thermoresponsive poly(NIPAM-co-DMAEMA) / cellulose sulfate particle coatings. -
Polymers 10 (2018). - Article number: 1314

Müller, M. ; Urban, B. ; Schwarz, S. :
Biorelated polyelectrolyte coatings studied by *in situ* attenuated total reflection-fourier transform infrared spectroscopy: Deposition concepts, wet adhesiveness, and biomedical applications. -
Langmuir 34 (2018). - S. 8129-8144

Müller, M. ; Vehlow, D. ; Torger, B. ; Urban, B. :
Adhesive drug delivery systems based on polyelectrolyte complex nanoparticles (PEC NP) for bone healing. -
Current Pharmaceutical Design 24 (2018). - S. 1341-1348

Müller, M. T. ; Pötzsch, F. H. ; Gohs, U. ; Heinrich, G. :
Online structural-health monitoring of glass fiber-reinforced thermoplastics using different carbon allotropes in the interphase. -
Materials 11 (2018). - Article number: 1075

Mun, J. ; Wang, G.N. ; Oh, J.Y. ; Katsumata, T. ;
Lee, F.L. ; Kang, J. ; Wu, H.C. ; Lissel, F. ;
Rondeau-Gagne, S. ; Tok, J.B.-H. ; Bao, Z. :
Effect of nonconjugated spacers on mechanical properties of semiconducting polymers for stretchable transistors. -
Advanced Functional Materials 28 (2018). -
Article number: 1804222

Münch, A. S. ; Fritzsche, T. ; Haufe, H. ; Uhlmann, P. :
Fast preparation of biopassive nonfouling coatings on cellulose. -
Journal of Coatings Technology and Research 15 (2018). -
S. 703-712

Münch, A. S. ; Wölk, M. ; Malanin, M. ;
Eichhorn, K.-J. ; Simon, F. ; Uhlmann, P. :
Smart functional polymer coatings for paper with anti-fouling properties. -
Journal of Materials Chemistry B 6 (2018). - S. 830-843

Mundil, R. ; Hermanová, S. ;
Peschell, M. ; Lederer, A. ; Merna, J. :
On the topology of highly branched polyethylenes prepared by amine-imine nickel and palladium complexes: the effect of ortho-aryl substituents. -
Polymer International 67 (2018). - S. 946-956

Nagel, J. ; Zimmermann, P. ; Schwarz, S. ; Schlenstedt, K. :
Selective grafting of polyamines to polyether ether ketone surface during molding and its use for chemical plating. -
Coatings 8 (2018)10. - Article number: 333

Narongthong, J. ; Das, A. ; Le, Hai Hong ;
Wießner, S. ; Sirisinha, C. :
An efficient highly flexible strain sensor: Enhanced electrical conductivity, piezoresistivity and flexibility of a strongly piezoresistive composite based on conductive carbon black and an ionic liquid. -
Composites Part A 113 (2018). - S. 330-338

Naseem, S. ; Lonkar, S. P. ; Leuteritz, A. ; Labuschagne, F.J.W. :
Different transition metal combinations of LDH systems and their organic modifications as UV protecting materials for polypropylene (PP). -
 RSC Advances 8 (2018). - S. 29789-29796

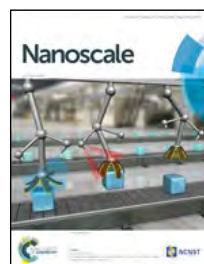
Nasrollahzadeh, M. ; Issaabadi, Z. ;
 Khonakdar, H. A. ; Wagenknecht, U. :
Synthesis, characterization and catalytic activity of $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ nanoparticles supported copper(II) complex as a magnetically recoverable catalyst for the reduction of nitro compounds, Nigrosin and Methylene blue. -
 Separation and Purification Technology 203 (2018). - S. 185-192

c, M. ; Sajjadi, M. ; Khonakdar, H. A. :
Synthesis and characterization of novel Cu(II) complex coated $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ nanoparticles for catalytic performance. -
 Journal of Molecular Structure 1161 (2018). - S. 453-463

Natarajan, T. S. ; Das, A. ; Stöckelhuber, K.W. ;
 Wießner, S. ; Heinrich, G. :
Mechano-adaptive materials. -
 Tire Technology International (2018). - S. 80-83

Natarajan, T. S. ; Okamoto, S. ;
 Stöckelhuber, K.W. ; Wießner, S. ; Reuter, U.
 Fischer, D. ; Ghosh, A. K. ; Heinrich, G. ; Das, A. :
***In situ* polymorphic alteration of filler structures for biomimetic mechanically adaptive elastomer nanocomposites.** -
 ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 16148-16159

Nazarychev, V. M. ; Toshchevikov, V. ;
 Larin, S. V. ; Lyulin, S. V. :
Local orientational mobility of polyimide-based nanocomposites. -
 Polymer 147 (2018). - S. 142-149



Newland, B. ; Taplan, C. ; Pette, D. ;
 Friedrichs, J. ; Steinhart, M. ;
 Wang, W. ; Voit, B. ; Werner, C. :
Soft and flexible poly(ethylene glycol) nanotubes for local drug delivery. -
 Nanoscale 10 (2018). - S. 8413-8421



Newland, H. ; Eigel, D. ; Rosser, A. ;
 Werner, C. ; Newland, B. :
Oxygen producing microscale spheres affect cell survival in conditions of oxygen-glucose deprivation in a cell specific manner: implications for cell transplantation. -
 Biomaterials Science 6 (2018). - S. 2571-2577

Nonahal, M. ; Saeb, M. R. ; Jafari, S.H. ; Rastin, H. ;
 Khonakdar, H. A. ; Najafi, F. ; Simon, F. :
Design, preparation, and characterization of fast cure epoxy / amine-functionalized graphene oxide nanocomposites. -
 Polymer Composites 39 (2018). - S. E2016-E2017

Osama, I. ; Gorenkova, N. ; McKittrick, C.M. ;
 Wongpinyochit, T. ; Goudie, A. ; Carswell, H.V.O. ; Seib, F. P. :
***In vitro* studies on space-conforming self-assembling silk hydrogels as a mesenchymal stem cell-support matrix suitable for minimally invasive brain application.** -
 Scientific Reports 8 (2018). - Article number: 13655

Panigrahi, R. ; Srivastava, S. K. ; Pionteck, J. :
Fabrication of elastomer blends involving core (polystyrene)@shell (polyaniline) approach, their characterization and applications in electromagnetic shielding. -
 Rubber Chemistry and Technology 91 (2018). - S. 97-119

Papadimitriou, C. ; Celikkaya, H. ; Cosacak, M. I. ;
 Mashkaryan, V. ; Bray, L. ; Bhattarai, P. ; Brandt, K. ;
 Hollak, H. ; Chen, X. ; He, S. ; Antos, C. L. ; Lin, W. ;
 Thomas, A. K. ; Dahlina, A. B. ; Kurth, T. ; Friedrichs, J. ;
 Zhang, Y. ; Freudenberg, U. ; Werner, C. ; Kizil, C. :
3D culture method for alzheimer's disease modeling reveals interleukin-4 rescues A beta 42-induced loss of human neural stem cell plasticity. -
 Developmental Cell 46 (2018)1. - S. 85-101

Parameswaranpillai, J. ; Ramanan, S. P. ;
 George, J. J. ; Jose, S. ; Zachariah, A. K. ;
 Siengchin, S. ; Yorseng, K. ; Janke, A. ; Pionteck, J. :
PEG-ran-PPG modified epoxy thermosets: A simple approach to develop tough shape memory polymers. -
 Industrial & Engineering Chemistry Research 57 (2018). - S. 3583-3590

Paran, S.M.R. ; Abdorahimi, M. ; Shekarabi, A. ;
 Khonakdar, H. A. ; Jafari, S.H. ; Saeb, M. R. :
Modeling and analysis of nonlinear elastoplastic behavior of compatibilized polyolefin / polyester / clay nanocomposites with emphasis on interfacial interaction exploration. -
 Composites Science and Technology 154 (2018). - S. 92-103

Paran, S.M.R. ; Das, A. ; Khonakdar, H. A. ;
 Naderpour, N. ; Heinrich, G. ; Saeb, M. R. :
Modeling and interpreting large deformation behavior of rubber nanocomposites containing carbon nanotubes and nanoplatelets. -
 Polymer Composites 39 (2018). - 10 Seiten

Pawar, S. P. ; Arjmand, M. ; Pötschke, P. ;
 Krause, B. ; Fischer, D. ; Bose, S. ; Sundararaj, U. :
Tunable dielectric properties derived from nitrogen-doped carbon nanotubes in PVDF-based nanocomposites. -
 ACS Omega 3 (2018). - S. 9966-9980

Pawar, S. P. ; Rzeczkowski, P. ;
 Pötschke, P. ; Krause, B. ; Bose, S. :
Does the processing method resulting in different states of an interconnected network of multiwalled carbon nanotubes in polymeric blend nanocomposites affect EMI shielding properties?. -
 ACS Omega 3 (2018). - S. 5771-5782

Pionteck, J. :
Determination of pressure dependence of polymer phase transitions by pVT analysis. -
 Polymers 10 (2018). - Article number: 578

Plüschke, L. ; Mundil, R. ; Sokolohorskyj, A. ;
 Merna, J. ; Sommer, J.-U. ; Lederer, A. :
High temperature quadruple-detector size exclusion chromatography for topological characterization of polyethylene. -
 Analytical Chemistry 90 (2018). - S. 6178-6186

Pop-Georgievski, O. ; Zimmermann, R.
 Kotelnikov, I. ; Proks, V. ; Romeis, D. ; Kucka, J. ;
 Caspari, A. ; Rypáček, F. ; Werner, C. :
Impact of bioactive peptide motifs on molecular structure, charging and non-fouling properties of poly(ethylene oxide) brushes. -
 Langmuir 34 (2018). - S. 6010-6020

Pospiech, D. ; Choinska, R. ; Eckstein, K. ; Jehnichen, D. ;
 Häußler, L. ; Friedel, P. ; Simon, F. ; Reuter, U. ; Voit, B. :
Phase separation and surface properties of poly(propyl methacrylate-b-methyl methacrylate) diblock copolymers. -
 Polymer Bulletin 75 (2018). - First Online: 28 May 2018

Pötschke, P. ; Krause, B. ; Luo, J. :
Melt-mixed thermoplastic polymer / carbon nanotube composites for thermoelectric applications. -
 Advanced Materials: TechConnect Briefs (2018). - S. 196-199



Pretschner, M.; Pineda-Contreras, B. A.; Kaiser, P.; Reich, S.; Schobel, J.; Kuttner, C.; Freitag, R.; Fery, A.; Schmalz, H.; Agarwal, S.: **pH-Responsive biohybrid carrier material for phenol decontamination in wastewater.** - Biomacromolecules 19 (2018). - S. 3224-3232

Privar, Y.; Malakhova, I.; Pestov, A.; Fedorets, A.; Azarova, Y.; Schwarz, S.; Bratskaya, S.: **Polyethyleneimine cryogels for metal ions sorption.** - Chemical Engineering Journal 334 (2018). - S. 1392-1398



Probst, P. T.; Sekar, S.; König, T.; Formanek, P.; Decher, G.; Fery, A.; Pauly, M.: **Highly oriented nanowire thin films with anisotropic optical properties driven by the simultaneous influence of surface templating and shear forces.** - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 3046-3057

Puentes-Parodi, A.; Gehde, M.; Leuteritz, A.; Kühnert, I.: **Failure analysis and durability of preinsulating district heat pipes.** - Polymers for Advanced Technologies 29 (2018). - S. 1048-1055

Puentes-Parodi, A.; Kühnert, I.; Leuteritz, A.; Gehde, M.; Gedan-Smolka, M.: **Effect of a thermal treatment on thermoplastic polyurethane-metal hybrids.** - Journal of Composite Materials 52 (2018). - S. 3669-3680

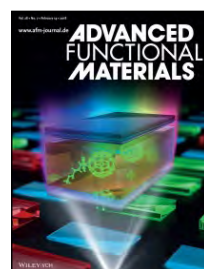
Puljiz, M.; Huang, S.; Kalina, K. A.; Nowak, J.; Odenbach, S.; Kästner, M.; Auernhammer, G.; Menzel, A.: **Reversible magnetomechanical collapse: virtual touching and detachment of rigid inclusions in a soft elastic matrix.** - Soft Matter 14 (2018). - S. 6809-6821

Raak, N.; Abbate, R. A.; Lederer, A.; Rohm, H.; Jaros, D.: **Size separation techniques for the characterisation of cross-linked casein: A review of methods and their applications.** - Separations 5 (2018). - Article number 14

Racovita, S.; Vasiliu, A.-L.; Bele, A.; Schwarz, D.; Steinbach, C.; Boldt, R.; Schwarz, S.; Mihai, M.: **Complex calcium carbonate / polymer microparticles as carriers for aminoglycoside antibiotics.** - RSC Advances 8 (2018). - S. 23274-23283

Raychev, D.; Seifert, G.; Sommer, J.-U.; Guskova, O.: **A comparative analysis of symmetric diketopyrrole-pyrrole-cored small conjugated molecules with aromatic flanks: From geometry to charge transport.** - Journal of Computational Chemistry 39 (2018). - S. 2526-2538

Razza, N.; Rizza, G.; Coulon, P. E.; Didier, L.; Fadda, G. C.; Voit, B.; Synytska, A.; Grutzmacher, H.; Sangermano, M.: **Enabling the synthesis of homogeneous or Janus hairy nanoparticles through surface photoactivation.** - Nanoscale 10 (2018). - S. 14492-14498



Repenko, T.; Rix, A.; Nedilko, A.; Rose, J.; Hermann, A.; Vinokur, R.; Moli, S.; Cao-Milàn, R.; Mayer, M.; von Plessen, G.; Fery, A.; De Laporte, L.; Lederle, W.; Chigrin, D.; Kuehne, A. J. C.: **Strong photoacoustic signal enhancement by coating gold nanoparticles with melanin for biomedical imaging.** - Advanced Functional Materials 28 (2018). - Article number: 1705607

Röchow, E. T.; Häußler, L.; Korwitz, A.; Pospiech, D.: **Thermal decomposition of phosphonate-containing methacrylate-based copolymers.** - Polymer Degradation and Stability 152 (2018). - S. 235-243

Rodriguez, N.; Dorogin, L.; Chew, K. T.; Persson, B.N.J.: **Adhesion, friction and viscoelastic properties for non-aged and aged Styrene Butadiene rubber.** - Tribology International 121 (2018). - S. 78-83

Rosenthal, A.; Mantz, A.; Nguyen, A.; Bittrich, E.; Schubert, E.; Schubert, M.; Stamm, M.; Pannier, A. K.; Uhlmann, P.: **Biofunctionalization of titanium substrates using nanoscale polymer brushes with cell adhesion peptides.** - Journal of Physical Chemistry B 122 (2018)25. - S. 6543-6550

Rosenthal, A.; Rauch, S.; Eichhorn, K.-J.; Stamm, M.; Uhlmann, P.: **Enzyme immobilization on protein-resistant PNIPAAm brushes: Impact of biotin linker length on enzyme amount and catalytic activity.** - Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 171 (2018). - S. 351-357

Rossmann, J.; Renner, L.; Oertel, R.; El-Armouche, A.: **Post-column infusion of internal standard quantification for liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry analysis – Pharmaceuticals in urine as example approach.** - Journal of Chromatography / A 1535 (2018). - S. 80-87

Rossner, C.; Letofsky-Papst, I.; Fery, A.; Lederer, A.; Kothleitner, G.: **Thermoreversible surface polymer patches: A cryogenic transmission electron microscopy investigation.** - Langmuir 34 (2018). - S. 8622-8628

Roy, K.; Debnath, S.; Das, A.; Heinrich, G.; Potiyaraj, P.: **Exploring the synergistic effect of short jute fiber and nanoclay on the mechanical, dynamic mechanical and thermal properties of natural rubber composites.** - Polymer Testing 67 (2018). - S. 487-493

Rueda, J.C.; Malásquez, M.; Lagos, L.; Komber, H.; Zschoche, St.; Voit, B.: **Síntesis de hidrogeles conmutables a partir de n-isopropilacrilamida, macromonomeros de 2-oxazolinás y laponita.** - Revista de las sociedad quimic del peru 84 (2018)1. - S. 143-156

Rumschöttel, J.; Baus, S.; Kosmella, S.; Appelhans, D.; Koetz, J.: **Incorporation of DNA / PEI polyplexes into gelatin / chitosan hydrogel scaffolds: a μ -DSC study.** - Composite Interfaces 25 (2018). - 1-11

Rytlewskia, P.; Stepczynska, M.; Gohs, U.; Malinowski, R.; Budner, B.; Zenkiewicz, M.: **Flax fibres reinforced polylactide modified by ionizing radiation.** - Industrial Crops and Products 112 (2018). - S. 716-723

Saeb, M. R.; Rastin, H.; Nonahal, M.; Paran, S.M.R.; Khonakdar, H. A.; Puglia, D.: **Cure kinetics of epoxy / chicken eggshell biowaste composites: Isothermal calorimetric and chemorheological analyses.** - Progress in Organic Coatings 114 (2018). - S. 208-215

Saha, S.; Kumar, A. G.; Noori, M. T.; Banerjee, S.; Ghangrekar, M. M.; Komber, H.; Voit, B.: **New crosslinked sulfonated polytriazoles: Proton exchange properties and microbial fuel cell performance.** - European Polymer Journal 103 (2018). - S. 322-334

Salaeh, S.; Banda, T.; Pongdong, V.; Wießner, S.; Das, A.; Thitithammawong, A.: **Compatibilization of poly(vinylidene fluoride) / natural rubber blend by poly(methyl methacrylate) modified natural rubber.** - European Polymer Journal 107 (2018). - S. 132-142

Salaeh, S. ; Cassagnau, P. ; Boiteux, G. ;
Wießner, S. ; Nakason, C. :
Thermoplastic vulcanizates based on poly(vinylidene fluoride) / Epoxidized natural rubber blends: Effects of phenolic resin dosage and blend ratio. -
Materials Chemistry and Physics 219 (2018). - S. 222-232

Salehi, A. ; Jafari, S.H. ; Khonakdar, H. A. ;
Ebadi-Dehaghani, H. :
Temperature dependency of gas barrier properties of biodegradable PP / PLA / nanoclay films: Experimental analyses with a molecular dynamics simulation approach. -
Journal of Applied Polymer Science 135 (2018). -
Article number: 46665

Sallat, A. ; Das, A. ; Schaber, J. ; Scheler, U. ;
Bhagavatheswaran, E. S. ; Stöckelhuber, K.W. ;
Heinrich, G. ; Voit, B. ; Böhme, F. :
Viscoelastic and self-healing behavior of silica filled ionically modified poly(isobutylene-co-isoprene)rubber. -
RSC Advances 8 (2018). - S. 26793-26803

Santos, R.M. ; Mould, S. T. ; Formanek, P. ;
Paiva, M. C. ; Covas, J. A. :
Effects of particle size and surface chemistry on the dispersion of graphite nanoplates in polypropylene composites. -
Polymers 10 (2018). - Article number: 222

Sarma, A. D. ; Le, Hai Hong ; Das, A. ; Wießner, S. ;
Stöckelhuber, K.W. ; Bhowmick, A. K. ; Heinrich, G. :
Determination of phase specific localization of carbon black in ternary rubber blends: A macroscopic approach by fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). -
Polymer 150 (2018). - S. 64-71

Scacchi, A. ; Sharma, A. :
Mean first passage time of active Brownian particle in one dimension. -
Molecular Physics 116 (2018). - S. 460-467

Schedl, A.E. ; Neuber, C. ; Fery, A. ; Schmidt, H.-W. :
Controlled wrinkling of gradient metal films. -
Langmuir 34 (2018). - S. 14249-14253

Schlich, K. ; Hoppe, M. ; Kraas, M. ; Schubert, J. ;
Chanana, M. ; Hund-Rinke, K. :
Long-term effects of three different silver sulfide nanomaterials, silver nitrate and bulk silver sulfide on soil microorganisms and plants. -
Environmental Pollution 242, Part B (2018). -
S. 1850-1859

Schnepf, M. J. ; Brasse, Y. ; Goßler, F. ; Steiner, A. M. ;
Obermeier, J. ; Lippitz, M. ; Fery, A. ; König, T. :
Single particle spectroscopy of radiative processes in colloid-to-film-coupled nanoantennas. -
Z. Phys. Chem. 232 (2018). - S. 1593-1606

Schubert, J. ; Chanana, M. :
Coating matters: Review on colloidal stability of nanoparticles with biocompatible coatings in biological media, living cells and organisms. -
Current Medicinal Chemistry 25 (2018)35. - S. 4553-4586

Schulz, S. ; Maitz, M.F. ; Hänsel, S. ; Renner, L. ; Werner, C. :
Analyzing the antiseptic capacity of silver-functionalized poly(ethylene glycol)-heparin hydrogels after human whole blood exposure. -
Biomaterials Science 6 (2018). - S. 1129-1139

Schwarz, D. ; Acharja, A. ; Ichangi, A. ; Lyu, P. ;
Opanasenko, M. ; Goßler, F. ; König, T. ; Cejka, J. ;
Nachtigall, P. ; Thomas, A. ; Bojdys, M. J. :
Fluorescent sulphur- and nitrogen-containing porous polymers with tuneable donor-acceptor domains for light-driven hydrogen evolution. -
Chemistry - A European Journal 24 (2018). -
S. 11916-11921

Schwarz, S. ; Oelmann, M. ; Halisch, E. ;
Steinbach, C. ; Ahnert, M. ; Kühn, V. :
Löseigenschaften von Polymeren und deren Anwendung in der Flockung. -
GWF : Wasser, Abwasser 159 (2018)4. - S. 55-60

Schwarz, S. ; Schwarz, D. ; Steinbach, C. ;
Weißpflog, J. ; Wunder, A. ; Heppe, K. ; Heppe, A. :
2. MachWas Newsletter (Projekt Ferrosan). -
BMBF MachWas 2. Newsletter 2 (2018). - 2 Seiten

Schwarzer, M. ; Korwitz, A. ; Komber, H. ;
Häußler, L. ; Dittrich, B. ; Schartel, B. ; Pospiech, D. :
Phosphorus-containing polymer flame retardants for aliphatic polyesters. -
Macromolecular Materials and Engineering 303 (2018). -
Article number: 1700512

Sedeh, N. N. ; Entezam, M. ; Jafari, S.H. ; Abdouss, M. :
Morphology, drug release behavior, thermal, and mechanical properties of poly(ethylene oxide) (PEO) / poly(vinyl pyrrolidone) (PVP) blends. -
Journal of Applied Polymer Science 135 (2018). -
Article number: 46403

Seuss, M. ; Fery, A. :
AFM force curve analyzer for IgorPRO. -
Open-Source Publikation eines Computer-Codes (2018). -
https://zenodo.org/record/1208549#.WvmJfn_J1aQ

Shakun, A. ; Poikelispää, M. ; Das, A. ; Vuorinen, J. :
Improved electromechanical response in acrylic rubber by different carbon-based fillers. -
Polymer Engineering and Science 58 (2018). -
S. 395-404

Shi, P. ; Luo, S. ; Voit, B. ; Appelhans, D. ; Zan, X. :
A facile and efficient strategy to encapsulate the model basic protein, lysozyme, into the porous CaCO₃. -
Journal of Materials Chemistry B 6 (2018). - S. 4205-4215

Shin, Y. ; Massetti, M. ; Komber, H. ; Nava, D. ; Lanzani, G. ;
Caironi, M. ; Sommer, M. :
Improving miscibility of a naphthalene diimide-bithiophene copolymer with n-type dopants through the incorporation of “Kinked” monomers. -
Advanced Electronic Materials 4 (2018). -
Article number: 1700581

Shin, Y. ; Welford, A. ; Komber, H. ; Matsidik, R. ;
Thurn-Albrecht, T. ; McNeill, C. R. ; Sommer, M. :
Regioregular polymer analogous thionation of naphthalene diimide-bithiophene copolymers. -
Macromolecules 51 (2018). - S. 984-991

Shivers, J. ; Feng, J. ; Sharma, A. ; MacKintosh, F. C. :
Normal stress anisotropy and marginal stability in athermal elastic networks. -
arXiv:1711.00522v4 [cond-mat.soft] (2018). -
<https://arxiv.org/pdf/1711.00522.pdf>, 10 Seiten

Shivhare, R. R. ; Erdmann, T. ; Hörmann, U. ;
Collado-Fregoso, E. ; Zeiske, S. ; Benduhn, J. ; Ullbrich, S. ;
Hübner, R. ; Hamsch, M. ; Kiriy, A. ; Voit, B. ; Neher, D. ;
Vandewal, K. ; Mannsfeld, S. :
Alkyl branching position in diketopyrrolopyrrole polymers: Interplay between fibrillar morphology and crystallinity and their effect on photogeneration and recombination in bulk-heterojunction solar cells. -
Chemistry of Materials 30 (2018). - S. 6801-6809

Shojaei, L. ; Goodarzi, V. ; Otadi, M. ; Khonakdar, H. A. ;
Jafari, S.H. ; Asghari, G. H. ; Reuter, U. :
Temperature and frequency-dependent creep and recovery studies on PVDF-HFP / organo-modified layered double hydroxides nanocomposites. -
Journal of Applied Polymer Science 135 (2018). -
Article number: 46352

Sibanda, M. ; Focke, W. W. ; Braack, L. ; Leuteritz, A. ;
Brünig, H. ; Tran, N. H. A. ; Wieczorek, F. ; Trümper, W. :
Bicomponent fibres for controlled release of volatile mosquito repellents. -
Materials Science and Engineering C 91 (2018). -
S. 754-761

Sigolaeva, L. V. ; Pergushov, D. V. ; Oelmann, M. ;
Schwarz, S. ; Brugnioni, M. ; Kurochkin, I. N. ;
Plamper, F. A. ; Fery, A. ; Richtering, W. :
Surface functionalization by stimuli-sensitive microgels for effective enzyme uptake and rational design of biosensor setups. -
Polymers 10 (2018). - Article number: 791

Singh, P. ; König, T. ; Jaiswal, A. :

NIR-active plasmonic gold nanocapsules synthesized using thermally induced seed twinning for surface-enhanced raman scattering applications. -

ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 39380-39390

Skidin, D. ; Erdmann, T. ; Nikipar, S. ; Eisenhut, F. ; Krüger, J. ; Günther, F. ; Kiri, A. ; Voit, B. ; Ryndyk, D. ; Joachim, C. ; Moresco, F. ; Cuniberti, G. :

Tuning the conductance of a molecular wire by the interplay of donor and acceptor units. - Nanoscale 10 (2018). - S. 17131-17139

Sommer, J.-U. :

Gluonic and regulatory solvents: A paradigm for tunable phase segregation in polymers. - Macromolecules 51 (2018). - S. 3066-3074

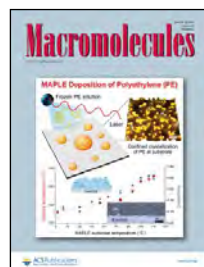
Spickenheuer, A. ; Elschner, C. ; Hahn, J. ; Bittrich, L. ; Breier, A. :

Technisches Sticken – Großes Potenzial für die Herstellung patientenindividueller Implantate. - TEXTILplus (2018) Ausgabe 05/06. - S. 24-27

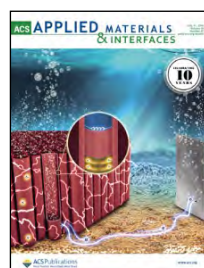
Storm, J. ; Götze, T. ; Hickmann, R. ; Cherif, C. ; Wießner, S. ; Kaliske, M. :

Homogenisation by cylindrical RVEs with twisted-periodic boundary conditions for hybrid yarn reinforced elastomers. - International Journal of Solids and Structures 139-140 (2018). - S. 283-301

Stroganov, V. ; Pant, J. ; Stoychev, G. ; Janke, A. ; Jehnichen, D. ; Fery, A. ; Handa, H. ; Ionov, L. :
4D biofabrication: 3D cell Patterning using shape-changing films. - Advanced Functional Materials 28 (2018). - Article number: 1706248



Suckow, M. ; Mordvinkin, A. ; Roy, M. ; Singha, N. K. ; Heinrich, G. ; Voit, B. ; Saalwächter, K. ; Böhme, F. :
Tuning the properties and self-healing behavior of ionically modified poly(isobutylene-co-isoprene) rubber. - Macromolecules 51 (2018). - S. 468-479



Sun, C. ; Zhang, J. ; Gao, S.-L. ; Zhang, N. ; Zhang, Y. J. ; Zhuang, J. ; Liu, M. ; Zhang, X. H. ; Ren, W. ; Wu, H. ; Ye, Z. G. :
Achieving higher strength and sensitivity toward UV light in multifunctional composites by controlling the thickness of nanolayer on the surface of glass fiber. - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 23399-23405

Sun, N. ; Su, K. X. ; Zhou, Z. ; Yu, Y. ; Tian, X. ; Wang, D.M. ; Zhao, X. G. ; Zhou, H. W. ; Chen, C. H. :
AIE-active polyamide containing diphenylamine-TPE moiety with superior electrofluorochromic performance. - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 16105-16112

Sun, N. ; Tian, X. ; Hong, L. ; Su, K. X. ; Zhou, Z. ; Jin, S. ; Wang, D.M. ; Zhao, X. G. ; Zhou, H. W. ; Chen, C. H. :
Highly stable and fast blue color/fluorescence dual-switching polymer realized through the introduction of ether linkage between tetraphenylethylene and triphenylamine units. - Electrochimica Acta 284 (2018). - S. 655-661

Surendran, A. ; Pionteck, J. ; Vogel, R. ; Kalarikkal, N. ; Geethamma, V.G. ; Thomas, S. :
Effect of organically modified clay on the morphology, rheology and viscoelasticity of epoxy-thermoplastic nanocomposites. - Polymer Testing 70 (2018). - S. 18-29

Szklarz, G. ; Adrjanowicz, K. ; Tarnacka, M. ; Pionteck, J. ; Paluch, M. :

Confinement-induced changes in the glassy dynamics and crystallization behavior of supercooled fenofibrate. - Journal of Physical Chemistry / C 122 (2018). - S. 1384-1395

Taheri, M. ; Morshedien, J. ; Khonakdar, H. A. ; Noordermeer, J. W. M. :

Effect of chlorinated polyethylene on dynamic mechanical and thermal properties of SAN / EPDM blends in dependence of mixing conditions. - Journal of Elastomers and Plastics 50 (2018). - S. 204-221

Tahir, M. ; Heinrich, G. ; Mahmood, N. ; Boldt, R. ; Wießner, S. ; Stöckelhuber, K.W. :
Blending *in situ* polyurethane-urea with different kinds of rubber: Performance and compatibility aspects. - Materials 11 (2018)11. - Article number: 2175

Tan, T.H. ; Malik-Garbi, M. ; Abu-Shah, E. ; Li, J. ; Sharma, A. ; MacKintosh, F. C. ; Keren, K. ; Schmidt, C. F. ; Fakhri, N. :
Self-organized stress patterns drive state transitions in actin cortices. - Science Advances 4 (2018). - Article number: eaar2847

Teeffelen, S. van ; Renner, L. :
Recent advances in understanding how rod-like bacteria stably maintain their cell shapes [version 1; referees: 3 approved]. - F1000Research 241 (2018)10.12688/f1000research.12663.1. - 12 Seiten

Thomas, A. K. ; Wieduwild, R. ; Zimmermann, R. ; Lin, W. ; Friedrichs, J. ; Bickle, M. ; Fahmy, K. ; Werner, C. ; Zhang, Y. :
Layer-by-layer assembly of heparin and peptide-polyethylene glycol conjugates to form hybrid nanothin films of biomatrices. - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 14264-14270

Tkachov, R. ; Stepien, L. ; Grafe, R. ; Guskova, O. ; Kiri, A. ; Simon, F. ; Reith, H. ; Giebel, L. ; Nielsch, K. ; Schierning, G. ; Kasinathan, D. ; Leyens, C. :
Polyethenetetrathiolate or polytetrahydroxalate? Improved synthesis, a comparative analysis of a prominent thermoelectric polymer and implications to the charge transport mechanism. - Polymer Chemistry 9 (2018). - S. 4543-4555

Toshchevnikov, V. ; Petrova, T. ; Grenzer, M. :
Kinetics of ordering and deformation in photosensitive azobenzene LC networks. - Polymers 10 (2018). - Article number: 531

Tran, S.H. ; Wilson, C.G. ; Seib, F. P. :
A review of the emerging role of silk for the treatment of the eye. - Pharmaceutical Research 35 (2018) 12. - Article number: UNSP 248

Tripathi, B. P. ; Das, P. ; Simon, F. ; Stamm, M. :
Ultralow fouling membranes by surface modification with functional polydopamine. - European Polymer Journal 99 (2018). - S. 80-89

Trose, M. ; Reiß, M. ; Reiß, F. ; Anke, F. ; Spannenberg, A. ; Boye, S. ; Lederer, A. ; Arndt, P. ; Beweries, T. :
Dehydropolymerisation of methylamine borane using a dinuclear 1,3-allenediyl bridged zirconocene complex. - Dalton Transactions 47 (2018). - S. 12858-12862

Tzounis, L. ; Hegde, M. ; Liebscher, M. ; Dingemans, T. ; Pötschke, P. ; Paipetis, A. S. ; Zafeiropoulos, N.E. ; Stamm, M. :
All-aromatic SWCNT-polyetherimide nanocomposites for thermal energy harvesting applications. - Composites Science and Technology 156 (2018). - S. 158-165

Uhlig, K. ; Wegener, T. ; Hertle, Y. ; Bookhold, J. ; Jaeger, M. ; Hellweg, T. ; Fery, A. ; Duschl, C. :
Thermoresponsive microgel coatings as versatile functional compounds for novel cell manipulation tools. - Polymers 10 (2018). - Article number: 656

Urbanski, A. ; Hansch, M. ; Lopez, C.G. ; Schweins, R. ; Hertle, Y. ; Hellweg, T. ; Polzer, F. ; Huber, K. :

Polyacrylates in the presence of an extraordinary monovalent cation-Solution behavior and metal nanoparticle formation. -
Journal of Chemical Physics 149 (2018). -
Article number: 163318

Vaezi, J. ; Nekoomansh, M. ; Khonakdar, H. A. ; Jafari, S.H. ; Komber, H. ; Mojarrad, A. :

On the correlation of rheology and morphology of bimodal polypropylene reactor blends synthesized by homogeneous binary metallocene / metallocene catalysts. -
Polymer-Plastics Technology and Engineering 57 (2018). -
S. 791-803

Vaikuntam, S. R. ; Bhagavatheswaran, E. S. ; Stöckelhuber, K.W. ; Wießner, S. ; Heinrich, G. :

Entwicklung von Hochleistungs-Elastomercomposites aus S-SBR und aus via Alkoxidroute hergestelltem Silica. Teil 1 und Teil 2. -
GAK : Gummi Fasern Kunststoffe 71 (2018). -
S. 106-112 und S. 170-177

Vaikuntam, S. R. ; Bhagavatheswaran, E. S. ; Stöckelhuber, K.W. ; Wießner, S. ; Heinrich, G. ; Das, A. :

Development of high performance rubber composites from alkoxide-based silica and S-SBR. - Part 1 and Part 2. -
RFP-Rubber Fibres Plastics International 13 (2018). -
3, S. 210-215 + 264-270

Vaikuntam, S. R. ; Stöckelhuber, K.W. ; Bhagavatheswaran, E. S. ; Wießner, S. ; Scheler, U. ; aalwächter, K. ; Formanek, P. ; Heinrich, G. ; Das, A. :
Entrapped styrene butadiene polymer chains by sol-gel-derived silica nanoparticles with hierarchical raspberry structures. -
Journal of Physical Chemistry B 122 (2018). -
S. 2010-2022

Valentin, J. I. ; Basterra-Beroiz, B. ; Rommel, R. ; Kayser, F. ; Westermann, S. ; Heinrich, G. :
Insights into the rubber network structure by a combination of experimental techniques. -
RFP-Rubber Fibres Plastics International 13 (2018). -
S. 106-117

Vilbrandt, N. ; Uhlmann, P. :
Die vielfältige Welt der nano-strukturierten Materialien. -
GIT Labor-Fachzeitschrift 62 (2018). - 19-21

Vogel, R. ; Gedan-Smolka, M. ; Häußler, L. ; Brünig, H. :
Evaluation of the crystallization of polypropylene at melt spinning conditions using the green chemical orotic acid as nucleating agent. -
Advance Research in Textile Engineering 3 (2018)1. -
Article number: 1023

Vogler, S. ; Prokoph, S. ; Freudenberg, U. ; Binner, M. ; Tsurkan, M. ; Werner, C. ; Kempermann, G. :
Defined geldrop cultures maintain neural precursor cells. -
Scientific Reports 8 (2018). - Article number: 8433

Voit, B. :
Brigitte Voit bringt Forschung und Unternehmen zusammen. -
Trending Topics (2018). - S. 19

Voit, B. ; Banerjee, S. ; Pötzsch, R. ; Wei, Q. :
Highly aromatic polymer architectures designed for optoelectronic application. -
IJTSMER 23 (2018). - S. 1-4

Vuijk, H. ; Sharma, A. ; Mondal, D. ; Sommer, J.-U. ; Merlitz, H. :
Pseudochemotaxis in inhomogeneous active Brownian systems. -
Physical Review E 97 (2018). - Article number: 042612

Werner, C. :
Matrix-mediated modulation of neuron identity. -
Nature Biomedical Engineering 2 (2018). - S. 473-474

Werner, M. ; Auth, T. ; Beales, P. A. ; Fleury, J. B. ; Höök, F. ; Kress, H. ; Müller, M. ; Petrov, E. P. ; Sarkisov, L. ; Sommer, J.-U. ; Baulin, V. A. :
Nanomaterial interactions with biomembranes: Bridging the gap between soft matter models and biological context. -
Biointerphases 13 (2018). - Article number: 028501

Wiesner, B. ; Kohn, B. ; Mende, M. ; Scheler, U. :
Polymer chain mobility under shear - a rheo-NMR investigation. -
Polymers 10 (2018)11. - Article number: 1231

Wittmann, R. ; Brader, J. M. ; Sharma, A. ; Marini, U. ; Marconi, B. :
Effective equilibrium states in mixtures of active particles driven by colored noise. -
Physical Review E 97 (2018). - Article number: 012601

Wongpinyochit, T. ; Johnston, B. F. ; Seib, F. P. :
Degradation behavior of silk nanoparticles-enzyme responsiveness. -
ACS Biomaterials Science & Engineering 4 (2018). -
S. 942-951

Wu, H.C. ; Rondeau-Gagne, S. ; Chiu, Y.C. ; Lissel, F. ; To, J.W.F. ; Tsao, Y. ; Oh, J.Y. ; Tang, B. ; Chen, W.C. ; Tok, J.B.-H. ; Bao, Z. :
Enhanced charge transport and stability conferred by iron(III)-coordination in a conjugated polymer thin-film transistors. -
Advanced Electronic Materials 4 (2018). -
Article number: 1800239

Xu, P. ; Zhu, X. ; Cong, P. ; Du, X.M. ; Zhang, R. :
Modification of alkyl group terminated hyper-branched polyester on paving epoxy asphalt. -
Construction and Building Materials 165 (2018). -
S. 295-302



Wang, S. ; Sun, H. ; Erdmann, T. ; Wang, G. ; Fazzi, D. ; Lappan, U. ; Chen, Z. ; Berggren, M. ; Crispin, X. ; Kiriya, A. ; Voit, B. ; Marks, T. J. ; Fabiano, S. ; Facchetti, A. :
A chemically doped naphthalene-diimide-bithiazole polymer for n-type organic thermoelectrics. -
Advanced Materials 30 (2018). -
Article number: 1801898

Wang, X. ; Baraban, L. ; Nguyen, A. ; Ge, J. ; Misko, V. R. ; Tempere, J. ; Nori, F. ; Formanek, P. ; Huang, T. ; Cuniberti, G. ; Fassbender, J. ; Makarov, D. :
High-motility visible light-driven plasmonic Ag/AgCl Janus micromotors. -
Small 14 (2018). - Article number: 1803613



Wang, X. ; Li, Y. ; Pionteck, J. ; Zhou, Z. ; Weng, W. ; Luo, X. ; Qin, Z. ; Voit, B. ; Zhu, M. :
Flexible poly(styrene-butadiene-styrene) / carbon nanotube fiber based vapor sensors with high sensitivity, wide detection range, and fast response. -
Sensors and Actuators B: Chemical 256 (2018). - S. 896-904

Wang, X. ; Meng, S. ; Tebyetekerwa, M. ; Li, Y. ; Pionteck, J. ; Sun, B. ; Qin, Z. ; Zhu, M. :
Highly sensitive and stretchable piezoresistive strain sensor based on conductive poly(styrene-butadiene-styrene) / few layer graphene composite fiber. -
Composites Part A 105 (2018). - S. 291-299

Weber, D. ; Torger, B. ; Richter, K. ; Neßling, M. ; Momburg, F. ; Woltmann, B. ; Müller, M. ; Schwartz-Albiez, R. :
Interaction of poly(l-lysine) / polysaccharide complex nanoparticles with human vascular endothelial cells. -
Nanomaterials 8 (2018). - Article number: 358

Yadegari, A. ; Morshedian, J. ;
Khonakdar, H. A. ; Wagenknecht, U. :

Cavitation in irradiated and oriented high-density polyethylene cast films with stacked lamellar morphology. - Polymer-Plastics Technology and Engineering 57 (2018). - S. 485-491

Yancheva, D. ; Tapanov, S. ; Velcheva, E. ;
Stamboliyska, B. ; Glavcheva, Z. ; Stoyanov, S. ;
Haralampiev, N. ; Fischer, D. ; Lederer, A. :
Characterization of Zahari Zograph's nave wall paintings in the church "The nativity of the virgin" of Rila Monastery (Bulgaria) by vibrational spectroscopy and SEM-EDX analysis. - Science and Technology of Archaeological Research 4 (2018). - 14 Seiten

Yang, B. ; Wang, R. ; Ma, H.-L. ; Li, X. ;
Brünig, H. ; Don, Z.F. ; Qi, Y. ; Zhang, X. :
Structure mediation and properties of poly(l-lactide)/poly(d-lactide) blend fibers. - Polymers 10 (2018). - Article number: 1353

Yang, L. ; Wang, M. ; Slattum, P. M. ;
Bunes, B. R. ; Wang, Y. ; Wang, C. ; Zang, L. :
Donor-acceptor supramolecular organic nanofibers as visible-light photoelectrocatalysts for hydrogen production. - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 19764-19772

Yang, Y. ; Li, X. ; Qiu, H. ; Li, P. ; Qi, P. ; Maitz, M.F. ;
You, T. ; Yang, Z. ; Tian, W. ; Huang, N. :
Polydopamine modified TiO2 nanotube arrays for long-term controlled elution of bivalirudin and improved hemocompatibility. - ACS Applied Materials & Interfaces 10 (2018). - S. 7649-7660

Yong, H. ; Rauch, S. ; Eichhorn, K.-J. ;
Uhlmann, P. ; Fery, A. ; Sommer, J.-U. :
Cononsolvency transition of polymer brushes: A combined experimental and theoretical study. - Materials 11 (2018). - Article number: 991

Zanini, M. ; Lesov, I. ; Marini, E. ; Hsu, C.-P. ;
Marschelke, C. ; Synytska, A. ; Anachkov, S. E. ; Isa, L. :
Detachment of rough colloids from liquid-liquid interfaces. - Langmuir 34 (2018). - S. 4861-4873

Zhandarov, S. ; Mäder, E. ; Gohs, U. :
Why should the "alternative" method of estimating local interfacial shear Strength in a pull-out test be preferred to other methods?. - Materials 11 (2018). - Article number: 2406

Zhandarov, S. ; Mäder, E. ; Scheffler, C. ;
Kalinka, G. ; Poitzsch, C. ; Fliescher, S. :
Investigation of interfacial strength parameters in polymer matrix composites: Compatibility and reproducibility. - Adv Ind and Eng Polym Res 1 (2018). - S. 82-92



Zhang, H. ; Zhao, T. ; Newland, B. ;
Liu, W. ; Wang, W. ; Wang, W. :
Catechol functionalized hyperbranched polymers as biomedical materials. - Progress in Polymer Science 78 (2018). - S. 47-55

Zhang, J. ; Bokov, A. A. ; Gao, S.-L. ;
Zhang, N. ; Ren, W. ; Ye, Z. G. :
Strong anisotropy and ultralow percolation threshold in multiscale composites modified by carbon nanotubes coated hollow glass fiber. - Advanced Functional Materials 20 (2018). - Article number: 1800077

Zhang, J. ; Bokov, A. A. ; Gao, S.-L. ;
Zhang, N. ; Zhuang, J. ; Ren, W. ; Ye, Z. G. :
Effect of hierarchical structure on electrical properties and percolation behavior of multiscale composites modified by carbon nanotube coating. - Composites Science and Technology 164 (2018). - S. 160-167

Zhang, T. ; Liao, Z.Q. ; Sandonas, L.M. ; Dianat, A. ;
Liu, X. ; Xiao, P. ; Amin, I. ; Gutierrez, R. ; Chen, T. ;
Zschech, E. ; Cuniberti, G. ; Jordan, R. :
Polymerization driven monomer passage through monolayer chemical vapour deposition graphene. - Nature Communications 9 (2018). - Article number: 4051

Zhao, X. ; Grätz, O. ; Pionteck, J. :
Effect of dopant and oxidant on the electrochemical properties of polyaniline/graphite nanoplate composites. - Polymer International 67 (2018). - S. 1429-1437

Zhao, X. ; Huang, Y. ; Kong, M. ; Yang, Q. ; Li, G. :
Assessment of compatibilization efficiency of SEBS in the PP / PS blend. - Journal of Applied Polymer Science 135 (2018). - Article number: 46244

Zheng, Y. ; Wang, D. ; Cui, J. ; Mezger, M. ;
Auernhammer, G. ; Koynov, K. ; Butt, H.-J. ; Ikeda, T. :
Redox-responsive and thermoresponsive supramolecular nanosheet gels with high young's moduli. - Macromolecular Rapid Communications 39 (2018)15. - Article number: 1800282 [5 Seiten]

Ziegler, L. ; Simon, F. ; Boldt, R. ;
Reuter, U. ; Janke, A. ; Zimmerer, C. :
Novel concept to endow poly(methyl methacrylate) surfaces with reactive surface groups. - Chemistry Select 3 (2018)39. - S. 10943-10950



Zimmerer, C. ; Ziegler, L. ;
Heinrich, G. ; Steiner, G. :
Time resolved characterization of the solid-state reaction between polycarbonate and primary amine. - European Polymer Journal 98 (2018). - S. 313-320

Zimmermann, R. ; Werner, C. ; Sterling, J. :
Exploring structure-property relationships of GAGS to tailor ECM-mimicking hydrogels. - Polymers 10 (2018)12. - Article number: 1376

Zóltowska-Aksamitowska, S. ;
Shaala, L. A. ; Tsurkan, M. ; et al., :
First report on chitin in a non-verongiïd marine demosponge: The mycale euplectellioides case. - Marine Drugs 16 (2018). - Article number: 68

Zóltowska-Aksamitowska, S. ;
Tsurkan, M. ; Lim, S. C. ; et al., :
The demosponge Pseudoceratina purpurea as a new source of fibrous chitin. - International Journal of Biological Macromolecules 112 (2018). - S. 1021-1028 ■

Abgeschlossene Habilitationen und Promotionen

Habilitation

PD Dr. Alla Synytska

Hairy Janus particles: From development and self-assembly towards different facets of applications

Technische Universität Dresden

Promotionen

Samer Al Rahal

Melt spinning and characterization of matrix blend fibers based on polypropylene and ethyleneoctene copolymers modified by electron induced reactive processing

Technische Universität Dresden

Passant Atallah

Cell-instructive binary hydrogels made of polymers with tailored sulfation patterns

Technische Universität Dresden

Beatriz Basterra Beroiz

Correlation of elastomer structures and stress strain amplification mechanisms in reinforced rubber nanocomposites

Technische Universität Dresden

José Roberto Bautista Quijano

Mechanical, electrical and sensing properties of melt-spun polymer fibers filled with carbon nanoparticles

Technische Universität Dresden

Baobao Chang

Structural evolution of isotactic-polypropylene under mechanical load: A study by synchrotron X-ray scattering

Technische Universität Dresden

Samata Chaudhury

Engineering nanotechnological applications of biomolecular motors and microtubules

Technische Universität Dresden

Johannes Fingernagel

Kontrollierte Polyassoziation von Glycopolymer- Protein-Konjugaten zur biomedizinischen Nutzung

Technische Universität Dresden

Hannes Gumz

Synthese funktionalisierter Polymersome mit einstellbarer pH-Responsivität und Charakterisierung ihrer Membraneigenschaften

Technische Universität Dresden

Marcus Heinze

Präparation und Untersuchung remineralisationsfördernder Polymernetzwerke

Technische Universität Dresden

Andrea Käßler

Entwicklung von spektroskopischen Methoden für die Analytik von Mikroplastik-Partikeln aus der Ostsee

Technische Universität Dresden

Lars Kühnel

Bisensitive Hydrogele für die Anwendung in einem Hydrogel-basierten Sensor

Technische Universität Dresden

Xiajiao Li

Preparation of polysulfone-silica nano-particle ultrafiltration membranes with high permeation and antifouling properties

Technische Universität Dresden

Jaime Alejandro Puentes Parodi

Adhesion of polyurethane-steel hybrids and influence of annealing on its durability and lifetime

Technische Universität Dresden

Maria Riedel

Herstellung von funktionellen und nanostrukturierbaren Blockcopolymeren und deren Verhalten in dünnen Filmen

Technische Universität Dresden

Alice Rosenthal

Functional polymer brushes to generate bioactive surfaces

Technische Universität Dresden

Vaikuntam Sankar Raman

In situ generation of nano-particles in elastomer materials

Technische Universität Dresden

Aruni Shaj Kumar

Yolk-shell nanostructures prepared via block copolymer self-assembly for catalytic applications

Technische Universität Dresden

David Simon

Immobilisierung von enzymatischen Reaktionskaskaden in strukturierten Hydrogelen für die Integration in mikrofluidische Kanäle

Technische Universität Dresden

Guido Sommer

Mikromechanische Untersuchungen zur Faser-Matrix-Haftung in Faser-Kunststoff-Verbunden: Einfluss auf Härtungsdauer, Feuchtigkeit und Prüfparametern

Technische Universität Dresden

Sebastian Stein

Ausbildung von supramolekularen Netzwerken über Wasserstoffbrückenverbindungen in ionisch modifiziertem Brombutylkautschuk zur Herstellung selbstheilender Elastomere

Technische Universität Dresden

Chanfei Su

Modelling of interactions between lipid bilayers and nanoparticles of various degrees of hydrophobicity

Technische Universität Dresden

Frank Windrich

Charakterisierung der thermischen Reaktionen von Dünnschicht-Polymeren bei der Anwendung für das Microelectronic Packaging

Technische Universität Dresden ■

Preise und Auszeichnungen

Prof. Dr. Brigitte Voit [1]

Hermann-Staudinger-Preis
der Gesellschaft Deutscher Chemiker

Dr. Franziska Lissel [2]

Liebig-Stipendium
des Verbandes der Chemischen Industrie

Dr.-Ing. Ines Kühnert [3]

Ehrennadel des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI)

Dr. Simona Schwarz, Christine Steinbach,

Dr. Regine Boldt, Dr. Dana Schwarz

und Janek Weißpflog [4]

Innovationspreis
des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e. V.
für die Entwicklung von Biopolymeren zur
effektiven und umweltfreundlichen Entfernung
von Eisen- und Sulfationen aus Gewässern

Dr. Petra Pötschke [5]

Nanochair Visiting Professor an der
Mahatma Gandhi University Kottayam, Indien

Dr. Muhammad Tahir [6]

Wilfried-Ensinger-Preis des Wissenschaftlichen
Arbeitskreises der Universitäts-Professoren der
Kunststofftechnik (WAK) für die Doktorarbeit
zum Thema "Development of novel blends based
on rubber and *in situ* synthesized polyurethane-urea"

Dr. Kai Uhlig [7]

Förderpreis 2018
für die beste Promotion
auf dem Gebiet der Textiltechnik,
Förderverein CETEX
Chemnitzer Textilmaschinenentwicklung

Dr. Tim Erdmann [8]

Dresden Excellence Award und Doktorandenpreis
des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e. V.
für die Dissertation
"High charge carrier mobility polymers
for organic transistors"

Lisa Schäfer [9]

Professor-Franz-Brandstetter-Preis
für die Masterarbeit
"Characterization of malonyl-CoA
synthetase (MatB) and immobilization on
microgels for its use in micro(bio)reactors"

Dr. Ivan Raguzin [10]

Posterpreis auf der 16th Conference of
the International Association of Colloid
and Interface Scientists (ICCS) für das Poster
"Synthesis and structural characterisation
of barium titanate nanocubes"
Autoren: I. Raguzin, L. S. Fruhner, L. Wang, X. Sun,
O. Petravic, V. Nischwitz, W. Pyckhout-Hintzen,
M. Kruteva, Alla Synytska



Dr. Dieter Fischer [11]

Posterpreis auf dem 15. Confocal
Raman Imaging Symposium für das Poster
"Analytical approach for the identification
and quantification of microplastic particles
in aquatic samples by a combination of particle
analysis with FTIR and Raman microscopy"
Autoren: D. Fischer, A. Käßler, F. Fischer, J. Brandt,
J. Mücke, K.-J. Eichhorn, S. Oberbeckmann, M. Labrenz

Melissa Sikosana [12]

3. Platz für ihre Präsentation
"Breaking the wall of bacteria related deaths"
auf dem Falling Walls Lab
Marie Skłodowska-Curie Actions Event

Saravana Prakash Shanmugasundaram [13]

DRESDEN-concept-Deutschlandstipendium

Pia Ulichberger [14]

- Auszubildenden-Preis 2018 der Leibniz-Gemeinschaft
- Professor-Joehnk-Auszubildendenförderpreis 2018
- Auszeichnung als jahrgangsbeste Absolventin
in der Ausbildung Chemielaborant/-in bei der
Industrie- und Handelskammer Dresden (IHK)

Ehrung des IPF als ausgezeichnete Ausbildungsbetrieb ■



Wissenschaftleraustausch

IPF-Fellows

Prof. Dr. Leonid Ionov

Universität Bayreuth,
Fakultät für Ingenieurwissenschaften,
Deutschland

Prof. Dr. Hossein Ali Khonakdar

Iran Polymer & Petrochemical Institute,
Iran

Prof. Dr. Barbara Klajnert-Maculewicz

University of Lodz,
Department of General Biophysics,
Polen

Dr. Igor Kulić

CNRS, Institut Charles Sadron,
Strasbourg, Frankreich

Prof. Dr. Tilo Pompe

Universität Leipzig, Institut für Biochemie,
Deutschland

Prof. Dr. Matthias Schubert

University of Nebraska-Lincoln,
Nebraska Center for Materials and Nanoscience,
USA

Prof. Dr. Philipp Seib

Strathclyde University,
Institute of Pharmacy and Biomedical Sciences,
Glasgow, Großbritannien

Prof. Dr. De-Yi Wang

Madrid Institute for Advanced Studies of Materials,
Spanien

Gastwissenschaftler am IPF (Auswahl)

Alexander-von-Humboldt- Stiftung-Stipendiaten

Dr. José Humberto Santos Almeida Junior

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, Brasilien
Development of a 3D free fiber placement process
based on a rapid consolidation of the thermoset matrix
for manufacture of complex composite structures
1. April 2017 bis 31. März 2019

Dr. Soosang Chae

Korea Research Institution of Chemical Technology, Korea
Nacre-inspired stretchable fibre electrodes
1. Mai 2018 bis 30. April 2020

Dr. Charlene Ng

Commonwealth Scientific and Industrial
Research Organisation, Canberra, Australien
Enhanced hot carries extraction
by collective plasmonic resonances
30. Oktober 2017 bis 29. Februar 2020

Prof. Joseph Tracy

North Carolina State University, USA
Optically and magnetically responsive three-
dimensional printed nanocomposite hydrogels
17. Mai bis 16. August 2018

Dr. Chunhong Ye

Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA
Dynamic tunable plasmonic activities from
autonomic reconfigurable 3D micro-origami
1. Februar 2016 bis 31. August 2018

Dr. Ye Yu

Jilin University, State Key Laboratory
of Supramolecular and Materials, Changchun, China
Enhancing upconversion luminescence via strongly cou-
pled plasmonic nanostructures with broken symmetry
1. Oktober 2016 bis 30. September 2018

Dr. Jianwei Zhang

National University of Defense Technology, China
Mechanically strong and electrically conductive
graphene / polymer nanocomposites through
in situ reduction of graphene oxide upon
microwave irradiation
10. Februar 2018 bis 31. Juli 2019

IZM-ASSID-Stipendiat

Frank Windrich

Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit
und Mikrintegration (IZM-ASSID) /
Technische Universität Dresden, Deutschland
Charakterisierung von fotostrukturierbaren
Niedertemperatur-Dünnschicht-Polymer-
dielektrika für die Mikroelektronik
1. September 2013 bis 31. März 2018

DFG-Stipendiat

Dr. Bhanu Nandan

Indian Institute of Technology Delhi, Indien
Electrospun nanofibers with embedded
yolk-shell particles for catalytic applications
1. Juni bis 30. Juni 2018

Liebig-Stipendiatin

Dr. Franziska Lissel

Stiftung des Verbandes der Chemischen
Industrie e. V., Deutschland
Organometallic donor-acceptor polymers
for (opto)electronic applications
1. April 2018 bis 31. März 2021

Helmholtz-Stipendiat

Oumaima Aiboudi

International Helmholtz Research School
for Nanoelectronic Networks
Azulene-based nanocars
7. Mai 2018 bis 6. Mai 2019

DAAD-Stipendiaten

Yann-Jiun Chenn

National Taiwan University of Science and Technology, China
Bonding behavior of blends from biomaterials
in weld lines and two shot injection molded parts
28. April 2018 bis 30. April 2019

Giulia Fredi

University of Trento,
Department of Industrial Engineering, Italien
Improvement of the filler-matrix adhesion
in multifunctional structural polymer composites
for thermal energy storage and release
17. September 2018 bis 16. März 2019

Minoj Gnanaseelan

Technische Universität Dresden /
Indian Institute of Technology Kharagpur, Indien
Thermoelectric materials based
on polymer-based nanocomposites
1. Oktober 2015 bis 31. März 2019

Dr. Volodymyr Kovalchuk

National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine
Study the coupling and mutual influence of hydro-
dynamics and surface properties of interfacial layers
and experiments to visualize the surface flows
3. September bis 30. November 2018

Dr. Denis Markelov

St. Petersburg State University, Russland
Computer modeling of azobenzene
groups in polymer structures
1. September bis 31. Oktober 2018

Aishwarya Vijayan Menon

Centro for Nanoscience and Engineering /
Indian Institute of Science, Indien
Stabilising morphologies in immiscible PC / SAN
blend nanocomposites through suitable
chemical modifications
1. Juni bis 31. Juli 2018

Sajid Naseem

University of Engineering and
Technology Lahore, Pakistan
The interrelation of different flame protecting
mechanisms for polymer materials depending on the
composition of the flame retardant nano additives
1. Oktober 2016 bis 30. September 2020

Dr. Subhan Salaeh

Faculty of Science and Technology /
Prince of Songkla University, Thailand
Preparation and characterization of carbon
nanotube-filled poly(vinylidene fluoride) /
epoxidized natural rubber blends
1. Oktober 2017 bis 16. April 2018

Chinese Government-Stipendiaten

Baobao Chang

Tayloring the morphology of semi-crystalline
polymers by nucleation and processing
1. September 2014 bis 31. August 2018

Yian Chen

Novel functional materials based
on cellulose and graphene
7. Oktober 2016 bis 31. März 2020

Yixuan Du

Shanghai University, China
Design of Janus structures for high-performance organic
optoelectronic devices with plasmonic particles
14. November 2018 bis 30. September 2022

Yilong Li

Nanocarbon filled polymer composites
for vapor sensing applications
4. November 2015 bis 3. November 2019

Xiaoqiao Li

Water purification by using new polymer hybrid
membranes with functional polymers and nanoparticles
1. Oktober 2014 bis 31. August 2018

Prof. Conghua Lu

Tianjin University, China
Stabilizing the surface wrinkling
patterns by post-processing
1. August bis 31. August 2018

Jirawat Narongthong

Mahidol University, Thailand
Ionic liquid assisted dispersion of CNTs in SBR-Rubber
16. August 2017 bis 30. Januar 2018

Xinlei Tang

Multicomponent composites
containing carbon nanoparticles
1. Oktober 2016 bis 30. September 2020

Juanjuan Wang

Tianjin University, China
Patterning surfaces on soft matter films via printing-
based techniques combined with surface wrinkling
1. bis 30. November 2018

Peng Wang

Non-covalent interactions for the fabrication
of complex polyplexes for imaging study
11. Oktober 2017 bis 31. März 2021

Ruosong Wang

Surface plasmon enhanced upconversion
based on Ln-doped nanoparticles
2. Oktober 2018 bis 30. September 2021

Xueyi Wang

Multicompartmentalized capsules for mimicking cell
functions towards the establishment of differently
responsive compartments in hollow capsules
21. Oktober 2016 bis 31. März 2020

Xu Xiaoying

Donghua University, China
Artificial cell mimics based on polymersomes
and multicompartment for capturing pathogens
1. November 2018 bis 30. April 2022

Kenan Zhang

Novel solution-processable semiconducting
polymers for vertical transistors
1. September 2017 bis 31. August 2021

Lu Zhang

IMDEA Materials Institute Madrid, Spain
Arbeiten zur Entwicklung
flammgehemmter Funktionscomposite
1. Juni bis 31. August 2018

Pengcheng Zhao

High performance heat resistant
flame retardant rubber nanocomposites
1. Mai 2014 bis 31. März 2018

Xueyan Zhao

Supercapacitor electrodes
based on hybrid carbon fillers
12. Oktober 2015 bis 28. Februar 2019

Gaststudenten

DAAD-Stipendiaten

Swarup Krishna Bhattacharyya

Indian Institute of Technology, Indien
Bioinspired material design at self
organized oligopeptide membranes
1. September 2017 bis 31. März 2018

Purnesh Chattopadhyay

Indian Institute of Technology, Indien
Self-organization of oligopeptides inside confined
3D microstructures and at microstructured interfaces
18. September 2017 bis 31. März 2018

Mayank Kumar

Indian Institute of Technology, Indien
Evaluation of smart rubber analyzer for characterization
of actuation behavior of dielectric elastomeric materials
1. Oktober bis 31. März 2018

Jeetendra Gour

Indian Institute of Technology, Indien
Plasmonic nano-particle grating by directed
self-assembly for hot electron injection
1. September 2018 bis 31. März 2019

Suman Kumar Ghosh

Indian Institute of Technology, Indien
Characterization of dissipation and damage
in unfilled and filled rubber as well as
thermoplastic elastomers by thermography
1. Oktober 2017 bis 31. August 2018

Jeevanandham Neethirajan

Indian Institute of Technology, Indien
Investigation of thermal history on phase
morphology and mechanical performance
mechano-adaptive rubber composites
1. Oktober bis 31. März 2018

Tuhin Subhra Pal

Technische Universität Dresden /
Indian Institute of Technology Kharagpur, Indien
Analysis of the crosslinkability of polyurethanes
by electron beam irradiation
1. Oktober 2018 bis 31. März 2019

ERASMUS-Stipendiaten

Eline Kirsten Geervliet

University of Twente, Niederlande
Protein uptake by polymersomes
for potential liver disease treatment
27. August bis 21. Dezember 2018

Juhasz Levente

ELTE University, Ungarn
Extension of knowledge on the
properties and preparation of nano-
carbon filled thermoelectric materials
1. Februar bis 29. Juni 2018

Guido Ritsema van Eck

Universiteit Twente, Niederlande
MD simulation of cononsolvated
polymer brush shear
24. September bis 31. Oktober 2018

Mathilde Simon

University of Lyon, Frankreich
New precursor polymers for
the formation of carbon fibers
5. März bis 31. August 2018

Arbeitsaufenthalte von IPF-Mitarbeitern

Dimitri Eigel

Cardiff University,
School of Pharmacy and
Pharmaceutical Science, Großbritannien
Microscale cryogels as devices for focal
therapeutic delivery (DFG / Roland Ernst Stiftung)
1. Oktober 2018 bis 31. März 2019

Shamila Firdaus

University of Lodz,
Department of General Biophysics, Polen
Cytotoxic studies of pseudo-dendrimers
15. Oktober bis 17. November 2018

Dr. Holger Merlitz

Xiamen University,
Department of Physics, Xiamen, China
Polymer brush decorated nanopores
and their properties as switchable gates
1. bis 30. November 2018

Jens Werner Neubauer

Monash University Melbourne, Australien
AFM study on interactions
of photo-responsive surfactants
18. Dezember 2017 bis 2. März 2018

Dr. Petra Pötschke

Indian Institute of Science,
Department of Materials Engineering,
Bangalore, Karnataka, Indien
Elektromagnetische Abschirmung
mit Polymerblendkompositen
(Projektbezogener Personenaustausch
mit Indien – DAAD / DST)
23. Januar bis 16. Februar 2018

Dr. Dirk Romeis

Lomonosov Moscow State University,
Faculty of Physics, Chair of Polymer
and Crystal Physics, Moskau, Russland
im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms 1713:
Strong coupling of thermo-chemical and
thermo-mechanical states in applied material
17. September bis 9. November 2018

Dr. Lucas Schirmer

Duke University, Durham, USA
Immunomodulatory injectable microporous
hydrogel scaffolds for the promotion
of dermal healing in chronic wounds
1. Januar bis 10. November 2018

Jana Sievers

Cornell University, Ithaca, NY, USA
In vitro models for breast cancer metastases
based on mineralized hydrogels
5. Februar bis 31. Juli 2018

Johanna Zessin

Hebrew University of Jerusalem,
Safra Campus, Givat Ram, Jerusalem, Israel
Forschungsaufenthalt in der Arbeitsgruppe
von Prof. Danny Porath (cfaed INSPIRE Grant)
15. Februar bis 18. März 2018 ■

Wissenschaftliche Veranstaltungen

Aachen-Dresden-Denkendorf

Deutsches Fachkolloquium Textil

22. bis 23. März 2018, Dresden

27. Seminar „Kunststoffrecycling in Sachsen“

8. Mai 2018, Dresden

16th Dresden Polymer Discussion [1]

Concepts of Polymer Physics:
From Soft Matter to Biological Systems
13. bis 16. Mai 2018, Meißen

Agilent Polymer Seminar

30. Mai 2018, Dresden

Gemeinsame Sitzung der AGs

„Faser-Matrix-Haftung“ und „Matrices“ des Carbon Composite e. V.

12. Juni 2018, Dresden

26. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (NDVaK): Beschichtung, Modifizierung und Charakterisierung von Polymeroberflächen [2]

Schwerpunkt: Oberflächenveredlung
von additiv gefertigten Kunststoffteilen
17. und 18. Oktober 2018, Dresden

13th IPF Colloquium:

Smart Polymer Systems [3]

22. November 2018, Dresden

Aachen-Dresden-Denkendorf

International Textile Conference [4]

29. und 30. November 2018, Aachen ■



Wissenschaftliche Kolloquien (öffentlich)

Ass. Prof. Alexander Alexeev

Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA
Biomimetic magnetic cilia: design and applications
6. September 2018

Prof. Dr. Patrick D. Anderson

Eindhoven University of Technology,
Eindhoven, Niederlande
Improving the quality of SLS 3D printed polymer parts
16. November 2018

Prof. Christopher Barner-Kowollik

Queensland University of Technology, Soft Matter
Materials Laboratory, Brisbane, Australien;
Karlsruhe Institute of Technology, Macromolecular
Architectures Research Team, Karlsruhe
Controlling macromolecular material
synthesis with different colours of light
15. Juni 2018

Prof. Dr. Dmitry Bedrov

University of Utah, Department of Materials Science
and Engineering, Salt Lake City, USA
Structural and dynamic correlations in liquid
crystalline and photo-responsive materials:
Insight from atomistic molecular simulations
3. Juli 2018

Prof. Dr. Mario Beiner

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur
von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle (Saale)
Quantification of different contributions to
dissipation and reinforcement in rubber composites
30. Juli 2018

Jun.-Prof. Annabelle Bertin

Freie Universität Berlin,
Institute of Chemistry and Biochemistry, Berlin
Controlled self-assembly of Janus
dendrimers via microfluidics
8. März 2018

Dr. Johanna Blass

INM – Leibniz-Institut für
Neue Materialien gGmbH, Saarbrücken
How molecular kinetics determine adhesion and friction
3. August 2018

Dr. Hans-Georg Braun

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.,
Institut Biofunktionelle Polymermaterialien, Dresden
No polymers please! Self organized
non polymeric peptide structure
19. April 2018

Raffaele Ciardiello

Politecnico di Torino, Department of Mechanical
and Aerospace Engineering, Torino, Italien
Functionalization of adhesives and composite
matrix by micro and nanoparticle addition
for induction and microwave applications
26. November 2018

Dr. Kalim Deshmukh

B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of
Science and Technology, Vandalur, Indien
Graphene oxide filled polymer composites as high dielec-
tric constant materials for energy storage applications
9. August 2018

Dr. Martin Ehrbar

University Hospital Zürich, Schweiz
Biomimetic biomaterials for
the engineering of stem cell niches
26. Oktober 2018

Prof. Dr. Miroslawa El Fray

West Pomeranian University of Technology,
Polymer Institute, Biomaterials and
Microbiological Technologie, Szczecin, Polen
Synthesis and biological properties of enzymatically
catalyzed poly (butylene succinate) (PBS) copolymers
13. Dezember 2018

Dr. Johann Erath

SKZ-KFE gGmbH, Würzburg
Additive Fertigung –
vom Anschauungsobjekt zum (Klein-)Serienbauteil
12. Juni 2018

Ass. Prof. Benjamin A Evans

Elon University, Physics and Engineering, Elon, USA
Structured magnetic nanoparticle composites for
enhanced magnetic manipulation of soft polymers
28. Mai 2018

Dr. Volkan Filiz

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für
Material- und Küstenforschung GmbH, Geesthacht
Polymeric membranes – materials and processes
in gas- and liquid-phase separations
24. Oktober 2018

Prof. Dr. Walter W. Focke

University of Pretoria, Pretoria, Südafrika
Polymer processing applications in malaria vector control
14. Dezember 2018

Stefanie Freitag

Carl Zeiss Microscopy GmbH, München
Korrelative Mikroskopie in den Materialwissenschaften
12. Juni 2018

Dr.-Ing. Markus Gallei

Technische Universität Darmstadt, Ernst-Berl-Institute
for Technical and Macromolecular Chemistry, Darmstadt
Porous stimuli-responsive polymer architectures
as optical sensing materials and smart membranes
7. Februar 2018

Prof. Changyou Gao

Zhejiang University, Hangzhou, China
Gradient biomaterials for mediating
cell migration and tissue regeneration
7. Juni 2018

Dr. Gesine Gunkel-Grabole

University of Basel, Department of Chemistry,
Basel, Schweiz
Surface-immobilized polymeric nanoreactors
25. Juni 2018

Prof. Kevin Healy

University of California, Berkeley,
Department of Bioengineering,
Materials Science and Engineering, Berkeley, USA
Human organs chips for drug development,
disease modeling, and precision medicine
3. Juli 2018

Prof. Dr. Reinhard Hentschke

Bergische Universität Wuppertal,
Theoretische Chemische Physik, Wuppertal
Dynamic moduli of elastomer nano-composites
via molecular and analytical modelling
6. Juni 2018

Prof. Dr. mont. Clemens Holzer

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für
Kunststoffverarbeitung, Leoben, Österreich
Additive Fertigung mit hochgefüllten Kunststoffen
25. Oktober 2018

Dr. Banu Iyisan

Max-Planck-Institut für Polymerforschung,
Department of Physical Chemistry of Polymers, Mainz
Upconversion nanocapsules for biomedical applications
7. März 2018

Dr.-Ing. Vu Ngoc Khiêm

RWTH Aachen University,
Department of Continuum Mechanics, Aachen
Mechanics of polymeric materials
from advanced experimental techniques
12. Dezember 2018

Prof. Rama Khokha

University of Toronto, Kanada
TIMPless systems inform tissue and stem cell homeostasis
26. März 2018

Oxana Klementieva

Lund University, Department of
Experimental Medical Science, Lund, Schweden
New light on Alzheimer's disease: Single-cell nano-
spectroscopic imaging of aggregated amyloid- β directly
in neurons. label-free spectroscopic imaging of neurons
from transgenic mouse models of Alzheimer's Disease.
24. August 2018

Prof. Dr. Hans R. Kricheldorf

Universität Hamburg, Institut für Technische &
Makromolekulare Chemie, Hamburg
Polykondensation – Geschichte und neuere Ergebnisse
5. Februar 2018

Dr. Amol A. Kulkarni

CSIR-National Chemical Laboratory, Chemical
Engineering & Process Development, Pune, Indien
Delaying the clogging of straight capillaries
25. Oktober 2018

Dr. Clemens Liedel

Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächen-
forschung, Department Colloid Chemistry, Potsdam-Golm
Battery materials based on biopolymers and ionic
liquids: Towards more sustainable energy storage
23. Oktober 2018

Prof. Dr. Reinhard Lorenz

Fachhochschule Münster, University of Applied Science,
Fachbereich Chemieingenieurwesen, Steinfurt
Intrinsisch antimikrobielle Polymere
23. Januar 2018

Dr. Oliwia Makarewicz

Institut für Infektionsmedizin und Krankenhaushygiene, Jena
Strategies to overcome the burden of microbial biofilms
14. März 2018

Prof. Zhengwei Mao

Zhejiang University, Hangzhou, China
Supramolecular polymer-based nanomedicine
for multimodal cancer therapy
7. Juni 2018

Ass. Prof. Olin Thompson Mefford IV

Clemson University, Department of Materials
Science and Engineering, Olin Hall, USA
Integrated approach for the fabrication
of multifunctional metal and metal oxide
nanoparticles: Particles, polymers, and potential
28. Mai 2018

Prof. Dr. Dr. Lorenz Meinel

Universität Würzburg, Institut für Pharmazie, Würzburg
Bioresponsive diagnostics and therapeutics
29. Juni 2018

Ass. Prof. Robert J. Messinger

The City College of New York, New York, USA
Molecular-level understanding of rechargeable battery
materials via multi-dimensional NMR spectroscopy.
6. September 2018

Jan Meyer

Bergische Universität Wuppertal,
FB Mathematik und Naturwissenschaften, Wuppertal
Molecular simulation of (energy) dissipation in
silica-filled tire rubbers under cyclic deformations
28. Februar 2018

Jun.-Prof. Dr. Markus Mezger

Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz
Structure and dynamics of soft matter near interfaces –
in situ X-ray scattering studies
4. April 2018

Dr. Vania Moreira

Strathclyde Institute of Pharmacy and
Biomedical Sciences, Glasgow, UK
Bio-based hybrid antimicrobial surfaces
4. Oktober 2018

Dr. Suzanne Morsch

Corrosion and Protection Centre, School of Materials,
The University of Manchester, Manchester, UK
AFM-IR insights into epoxy resin nanostructure
31. Mai 2018

Dr. André Nadler

Max Planck Institute of
Molecular Cell Biology and Genetics, Dresden
From organelle-specific photorelease to
quantitative lipid biochemistry in living cells
25. Oktober 2018

Prof. Dr. Charoen Nakason

Prince of Songkla University, Surat Thani, Thailand
Effect of carbon nanotubes decorated with
silver nanoparticels as hybrid filler on properties
of natural rubber nanocomposites
25. Oktober 2018

Prof. George R. Newkome

Florida Atlantic University, Center for Molecular
Biology and Biotechnology, Jupiter, USA
Approaches to precise one-step
macromolecular assemblies
7. September 2018

Prof. Dr. Harald Pasch

University of Stellenbosch, Department of Chemistry
and Polymer Science, Stellenbosch, Südafrika
Playing LEGO in advanced polyolefin analysis
14. Juni 2018

Dr. Ansgar Petersen

Berlin-Brandenburg Center for
Regenerative Therapies, Berlin
Using biomaterial architecture to heal
bone via endochondral ossification
10. Dezember 2018

Prof. Greg G. Qiao

The University of Melbourne, Parkville, Australia
CAP for surface, RAFT in blood, and star vs superbugs
14. September 2018

Prof. Dr. Michael Raghunath

Zurich University of Applied Sciences, Wädenswil, Schweiz
More is more: Amplification of extracellular matrix via macro-
molecular crowding in 2D, 3D, cell culture and in bioprinting
26. Juni 2018

Ruslan Rust

University of Zurich and Department of
Health Sciences ETH Zurich, Schweiz
Nogo-A inhibits vascular repair after ischemia
15. Januar 2018

Prof. Antonio Salgado

University of Minho, Life and Health Sciences
Research Institute, School of Medicine, Braga, Portugal
Impact of stem cells secretome and peptide grafted hydro-
gels in central nervous system regenerative medicine
6. November 2018

Dr. Denise Salzig

Technische Hochschule Mittelhessen, Gießen
Strategies to manufacture and co-cultivate
stem cells on a bioreactor-scale
7. Dezember 2018

Prof. Marco Sangermano

Polytechnic University of Turin, Torino, Italien
Photopolymerization as a powerful
tool for materials synthesis
27. August 2018

Dr. Lucas Schirmer

Duke University, Durham, USA
Macroporous annealed hydrogels in dermal healing
23. Mai 2018

Prof. Dr. Markus A. Schmidt

Leibniz-Institut für
Photonische Technologien e. V., Jena
Optofluidic microstructured fibers –
a novel base for new nonlinear photonics
and single nano-objects detection
11. Oktober 2018

Prof. Dr. Murat Sen

Hacettepe University, Department of Chemistry,
Beytepe Ankara, Türkei
Big effects from small changes
in elastomeric materials
15. Oktober 2018

Prof. Dr. Heinz W. Siesler

University of Duisburg-Essen,
Department of Physical Chemistry, Essen
Rheo-optical vibrational spectroscopy of polymers:
A potential tool for polymer physical investigations
3. Dezember 2018

Prof. Bogdan C. Simionescu

“Petru Poni” Institute of
Macromolecular Chemistry, Iasi, Rumänien
Costin Nenitzescu-Rudolf Criegee-Vorlesung der GDCh
Engineered polymers for drug and gene delivery
19. Oktober 2018

Prof. Nikhil Kumar Singha

Indian Institute of Technology,
Rubber Technology Centre, Kharagpur, India
Functional polymers via controlled radical
polymerization and ‘Click’ Chemistry
4. Juni 2018

Dr. Bonnie Sloane

Wayne State University,
Department of Oncology, Detroit, USA
Pathomimetic cancer avatars reveal
divergent roles of microenvironment
in invasive phenotype of breast cancer
17. September 2018

Prof. Dr. Michael Sommer

Technische Universität Chemnitz, Chemnitz
Tailoring polyaromatic structures for
energy harvesting and sensing applications
16. Januar 2018

Dr. Frank Sonntag

Fraunhofer-Institut für
Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Micro physiological systems – a versatile tool
for disease modeling, toxicological screening
and personalized medicine
9. Januar 2018

Prof. Dr. Volnei Tita

University of São Paulo, Department of
Aeronautical Engineering, São Carlos, Brasilien
Scale based damage evolution and failure
models for prognosis of composite structures
25. Januar 2018

Dr. Juan Lopéz Valentín

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros,
Madrid, Spanien
Time-domain NMR experiments for molecular
characterization of rubber compounds
8. Februar 2018

Prof. Dr. Norbert Vennemann

Hochschule Osnabrück
Dielectrical and electro-mechanical behavior
of NBR at high electrical field strength
25. Oktober 2018

Dr. Joachim Venzmer

Evonik Nutrition & Care GmbH, Essen
Organomodified silicones: Multitalents
to control processes at interfaces
14. November 2018

Prof. Kim R. Williams

Colorado School of Mines,
Department of Chemistry, Golden, USA
Beyond molecular weight analysis: The developing
story of thermal field-flow fractionation
7. Juni 2018

Dr. Stephan Winnerl

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden
Pump-probe spectroscopy in the infrared
18. Dezember 2018

Jan Zitzmann

Technische Hochschule Mittelhessen, Giessen
Suitability and perspectives of stable Drosophila
melanogaster S2 cell lines for the production of
antimicrobial proteins and peptides
7. Dezember 2018 ■

Messen, Präsentationen und Ausstellungen

Messeauftritte

Composites Europe, Stuttgart [1]

Teilnahme am Gemeinschaftsstand
„Forschung für die Zukunft“
mitteldeutscher Universitäten
und Forschungseinrichtungen,
6. bis 8. November 2018



Veranstaltungen für die allgemeine Öffentlichkeit

16. Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften [2]

15. Juni 2018

Juniordoktor-Programm [3]

des Netzwerks „Dresden – Stadt der Wissenschaft“

- Experimentalvorlesung *Vom Molekül zum Kunststoff*
(Klassen 3–5), 31. Januar 2018
- *Kunststoffe in Form gebracht*
(Klassen 3–5), 19. Februar 2018
- *Kunststoffe in Form gebracht*
(Klassen 6–8), 19. Februar 2018
- *Gibt es Wundermittel für die Abwasseraufbereitung?*
(Klassen 6–8), 23. Februar 2018
- *Vom Molekül zum Kunststoff*
(Klasse 3–5), 15. Juni 2018
- *Leichtbau an der Grenze des Machbaren*
(Klasse 6–8 und Klasse 9–12), 15. Juni 2018

Girls' Day

Forschen an den Werkstoffen der Zukunft,
26. April 2018

SCHAU REIN!

Woche der offenen Unternehmen Sachsen

Informationsveranstaltung zum
Ausbildungsberuf Chemielaborant,
13. März 2018



**Besichtigungen im Rahmen
von Sommeruniversitäten**

- Summer School Chemo- und Biosensorik des
Leibniz-Instituts für Photonische Technologien Jena,
19. Juni 2018
- MINT-Sommeruniversität der
Technischen Universität Dresden,
8. August 2018

Besuche von Schülergruppen am IPF

Neun Gruppen mit insgesamt 160 Teilnehmern

Sonstige Veranstaltungen

Jahresempfang des IPF

12. April 2018, Dresden

Mitgestaltung der Ausstellung

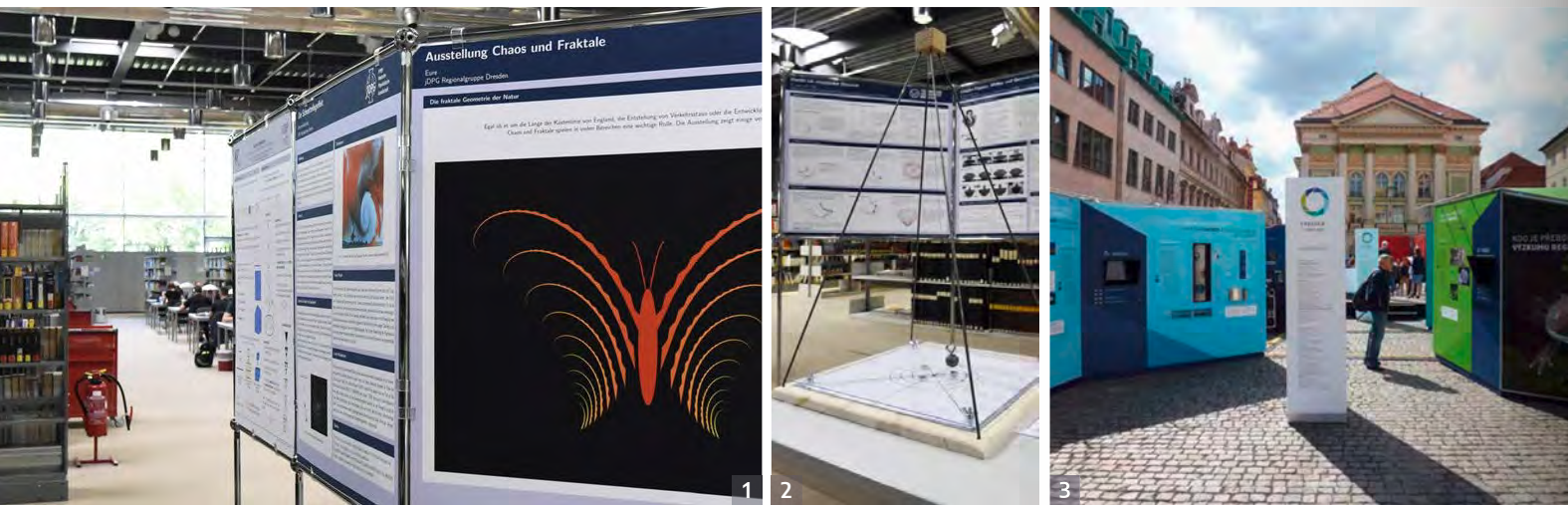
„Chaos und Fraktale“ [1, 2]

der Regionalgruppe Dresden der jungen Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek, Mai bis Dezember 2018

Präsentation der Wissenschaftsausstellung

von DRESDEN concept (open air) [3]

- Standort Prag (Ovocný trh):
Tschechische Republik,
10. April bis 4. Mai 2018
- Standort Dresden (im Campus der Technischen Universität Dresden am Rektorat)
seit Sommer 2018



Kunstaussstellungen

Colour and Light

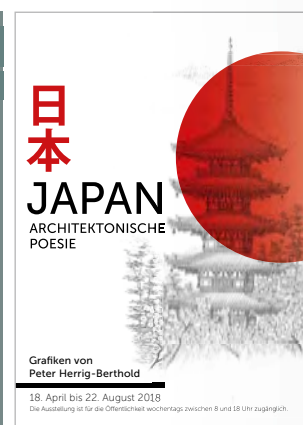
Photokunst von Anette Jäger
23. Januar bis 13. April 2018

Japan – Architektonische Poesie

Grafiken von Peter Herrig-Berthold
18. April bis 22. August 2018

Über Land

Malerei von Petra Schade
28. August 2018 bis 25. Januar 2019 ■



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 (bis 31.08.2018)

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Sven Wießner – Juniorprofessur
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

Tampere University of Technology, Finnland

Dr. Amit Das – Adjunct Faculty

University of Nebraska-Lincoln, USA

Department of Chemistry

Dr. Petra Uhlmann – Adjunct Professor

Stellenbosch University, Südafrika

Department of Chemistry and Polymer Science

PD Dr. Alben Lederer – Außerordentliche Professur

Technische Universität Wroclaw, Polen

Fakultät Chemie

Dr. Adam Kiersnowski – Assistant Professor

Weitere Lehraufträge von IPF-Mitarbeitern

Technische Universität Dresden

Bereich Mathematik und Naturwissenschaften

PD Dr. Doris Pospiech – Privatdozentur
im Gebiet Makromolekulare Chemie,
PD Dr. Martin Müller – Privatdozentur
im Gebiet Makromolekulare Chemie,
PD Dr. Alben Lederer – Privatdozentur
im Gebiet Physikalische Chemie,

Dr. Julian Thiele – TUD Young Investigator
in der Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie,
Dr. Tobias A. F. König – TUD Young Investigator
in der Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie,
Dr. Alla Synytska – Habilitation,
Dr. Franziska Lissel – TUD Young Investigator
in der Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie.

Technische Universität Dresden**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.-Ing. Sven Wießner – 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 Wießner

Bereich Bau und Umwelt

Dr. Christina Scheffler – TUD Young Investigator
in der Fakultät Bauingenieurwesen

**Zentrale Wissenschaftliche Einheit
‘Center for Molecular and
Cellular Bioengineering (CMCB)’**

Prof. Dr. Carsten Werner
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
Prof. Dr. Jens-Uwe Sommer
Dr. Tobias A. F. König

**International Helmholtz Graduate School NanoNet,
Course Polymers in Microelectronics and
Optoelectronic Applications**

Prof. D. Brigitte Voit

**Brandenburgische Technische Universität
Cottbus-Senftenberg**

Fakultät Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme
Dr.-Ing. Ines Kühnert – Lehrauftrag für
Vorlesung Verarbeitungsbedingte Materialstrukturen

**Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Fakultät Design**

Dr. Axel Spickenheuer – Lehrauftrag

Boston University, USA

**Department of Chemistry,
College of Arts and Sciences, Study abroad**
Dr. Cordelia Zimmerer – Lehrauftrag Organic Chemistry

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

Berufungen

von (ehemaligen) IPF-Mitarbeitern an andere Einrichtungen

**Hochschule für Technik, Wirtschaft
und Kultur Leipzig**

Dr. Hanna Brodowsky – Professur für Oberflächen

Shanghai Tech University, China

School of Physical Science and Technology

Dr. Chunhong Ye

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. 2018 befanden sich zehn Auszubildende am IPF in der Ausbildung zum Chemielaboranten. Bei der Ausbildung von Berufsakademiestudenten zum B.Sc. Biotechnologie kooperiert das Institut mit der Berufsakademie Sachsen in Riesa. 2018 war das IPF für elf Berufsakademiestudenten Praxispartner bzw. Ausbildungsunternehmen. ■

Impressum

Herausgeber	Der Vorstand des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e. V. Prof. Dr. Brigitte Voit, Wissenschaftliche Direktorin Achim von Dungern, Kaufmännischer Direktor																																				
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, Anne Kubis																																				
Layout und Satz	Judith Nelke																																				
Bildnachweis	<table><tr><td>Titel</td><td>Sven Döring;</td></tr><tr><td>Seite 4</td><td>(li.) Jürgen Lösel, (re.) Jörg Simanowski;</td></tr><tr><td>Seite 5</td><td>(li.) Sven Döring, (re.) Jürgen Lösel;</td></tr><tr><td>Seite 6</td><td>Judith Nelke;</td></tr><tr><td>Seite 7</td><td>Sven Döring;</td></tr><tr><td>Seite 12</td><td>(v. li. n. re.) Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig, Kai Uhlig;</td></tr><tr><td>Seite 13</td><td>(v. li. n. re.) Jörg Simanowski, Jürgen Jeibmann, Jürgen Jeibmann;</td></tr><tr><td>Seite 14</td><td>Jürgen Lösel;</td></tr><tr><td>Seite 15</td><td>(v. li. n. re.) Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig, Jörg Simanowski;</td></tr><tr><td>Seite 30</td><td>Jörg Simanowski;</td></tr><tr><td>Seite 31</td><td>(v. li. n. re.) Jörg Simanowski, Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig;</td></tr><tr><td>Seite 52</td><td>(v. li. n. re.) Sven Döring, Sven Döring, privat;</td></tr><tr><td>Seite 68</td><td>(v. li. n. re.) Kai Uhlig, Jürgen Lösel;</td></tr><tr><td>Seite 122</td><td>[6] privat, [7] Emanuel Richter, [8] LHD / André Wirsig, [9] Sina Sprowitz, [10] IACIS;</td></tr><tr><td>Seite 123</td><td>[1] KIT / Allgemeine Services – Crossmedia, [2] privat, [3] WsBV / Schubert, [4] Sina Sprowitz, [5] K. S. Sisanth, [11] PWITec, [12] laser4fun.eu, [13] DRESDEN-concept, [14] Peter Himsel;</td></tr><tr><td>Seite 129</td><td>[1] Holger Merlitz, [2] Sina Sprowitz, [3] Philipp Höchsmann, [4] DWI / Jasmin Hartanto;</td></tr><tr><td>Seite 135</td><td>[1] Axel Spickenheuer, [2] Sina Sprowitz, [3] Matthias Erfurth;</td></tr><tr><td>Seite 136</td><td>[1] SLUB Dresden / Cynthia Meißner, [2] SLUB Dresden / Cynthia Meißner, [3] Nikolai Press.</td></tr></table>	Titel	Sven Döring;	Seite 4	(li.) Jürgen Lösel, (re.) Jörg Simanowski;	Seite 5	(li.) Sven Döring, (re.) Jürgen Lösel;	Seite 6	Judith Nelke;	Seite 7	Sven Döring;	Seite 12	(v. li. n. re.) Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig, Kai Uhlig;	Seite 13	(v. li. n. re.) Jörg Simanowski, Jürgen Jeibmann, Jürgen Jeibmann;	Seite 14	Jürgen Lösel;	Seite 15	(v. li. n. re.) Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig, Jörg Simanowski;	Seite 30	Jörg Simanowski;	Seite 31	(v. li. n. re.) Jörg Simanowski, Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig;	Seite 52	(v. li. n. re.) Sven Döring, Sven Döring, privat;	Seite 68	(v. li. n. re.) Kai Uhlig, Jürgen Lösel;	Seite 122	[6] privat, [7] Emanuel Richter, [8] LHD / André Wirsig, [9] Sina Sprowitz, [10] IACIS;	Seite 123	[1] KIT / Allgemeine Services – Crossmedia, [2] privat, [3] WsBV / Schubert, [4] Sina Sprowitz, [5] K. S. Sisanth, [11] PWITec, [12] laser4fun.eu, [13] DRESDEN-concept, [14] Peter Himsel;	Seite 129	[1] Holger Merlitz, [2] Sina Sprowitz, [3] Philipp Höchsmann, [4] DWI / Jasmin Hartanto;	Seite 135	[1] Axel Spickenheuer, [2] Sina Sprowitz, [3] Matthias Erfurth;	Seite 136	[1] SLUB Dresden / Cynthia Meißner, [2] SLUB Dresden / Cynthia Meißner, [3] Nikolai Press.
Titel	Sven Döring;																																				
Seite 4	(li.) Jürgen Lösel, (re.) Jörg Simanowski;																																				
Seite 5	(li.) Sven Döring, (re.) Jürgen Lösel;																																				
Seite 6	Judith Nelke;																																				
Seite 7	Sven Döring;																																				
Seite 12	(v. li. n. re.) Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig, Kai Uhlig;																																				
Seite 13	(v. li. n. re.) Jörg Simanowski, Jürgen Jeibmann, Jürgen Jeibmann;																																				
Seite 14	Jürgen Lösel;																																				
Seite 15	(v. li. n. re.) Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig, Jörg Simanowski;																																				
Seite 30	Jörg Simanowski;																																				
Seite 31	(v. li. n. re.) Jörg Simanowski, Jürgen Jeibmann, Kai Uhlig;																																				
Seite 52	(v. li. n. re.) Sven Döring, Sven Döring, privat;																																				
Seite 68	(v. li. n. re.) Kai Uhlig, Jürgen Lösel;																																				
Seite 122	[6] privat, [7] Emanuel Richter, [8] LHD / André Wirsig, [9] Sina Sprowitz, [10] IACIS;																																				
Seite 123	[1] KIT / Allgemeine Services – Crossmedia, [2] privat, [3] WsBV / Schubert, [4] Sina Sprowitz, [5] K. S. Sisanth, [11] PWITec, [12] laser4fun.eu, [13] DRESDEN-concept, [14] Peter Himsel;																																				
Seite 129	[1] Holger Merlitz, [2] Sina Sprowitz, [3] Philipp Höchsmann, [4] DWI / Jasmin Hartanto;																																				
Seite 135	[1] Axel Spickenheuer, [2] Sina Sprowitz, [3] Matthias Erfurth;																																				
Seite 136	[1] SLUB Dresden / Cynthia Meißner, [2] SLUB Dresden / Cynthia Meißner, [3] Nikolai Press.																																				
Druck	addprint © AG, Dresden																																				
Redaktionsschluss	28. Februar 2019																																				

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige Verwendung sind nur nach vorheriger
Absprache mit dem Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. gestattet.