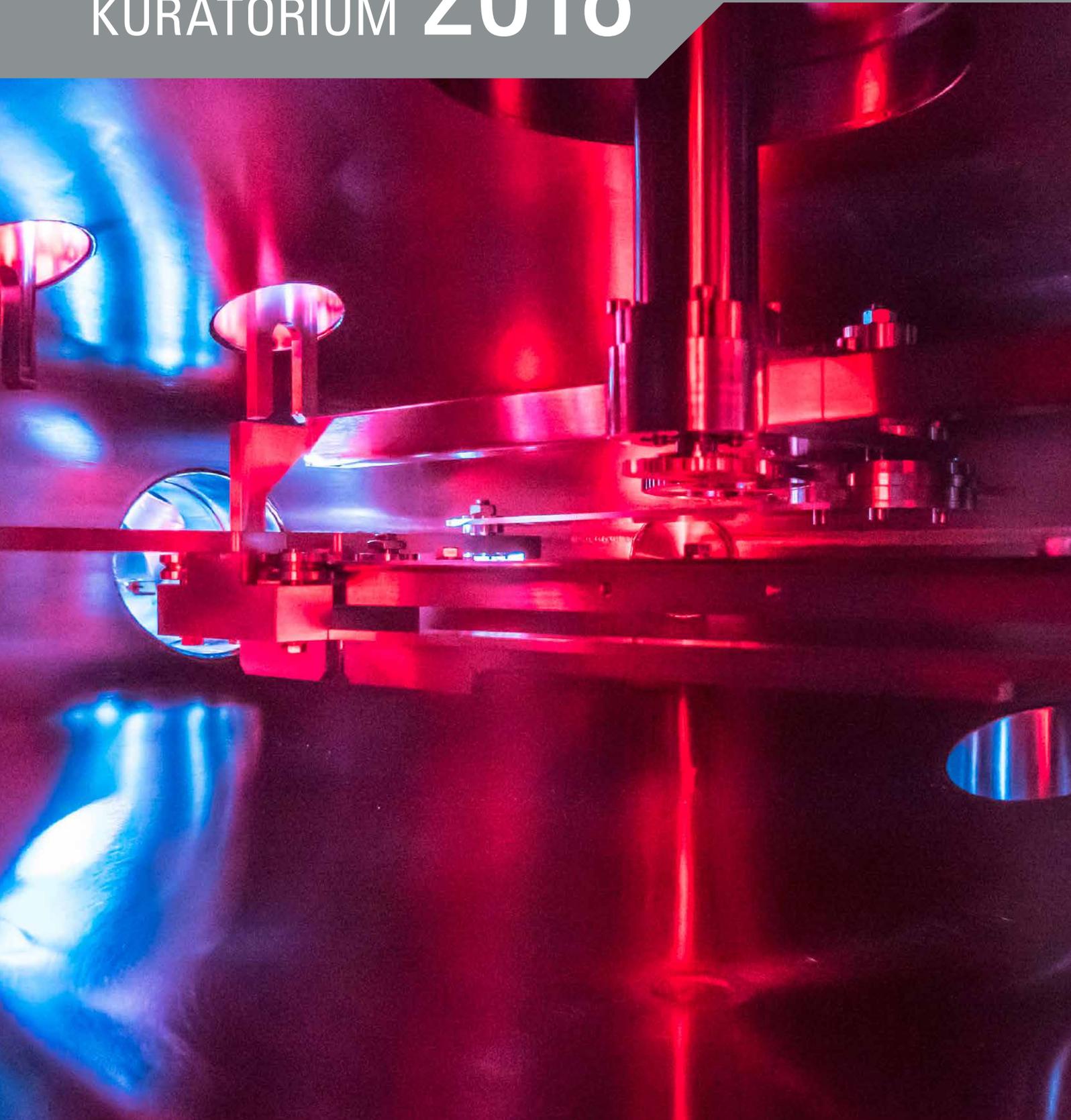




MAX-PLANCK-INSTITUT  
FÜR POLYMERFORSCHUNG

# BERICHT AN DAS KURATORIUM 2018



Titel: Siegerbild beim Fotowettbewerb zum Max-Planck-Tag 2018. Das Foto zeigt einen Blick in die künstlerisch beleuchtete Vakuumkammer des Röntgen-Photoelektronen-Spektrometers. Mit diesem kann die chemische Zusammensetzung von Oberflächen bestimmt werden. Bild: Marc Clement



MAX-PLANCK-INSTITUT  
FÜR POLYMERFORSCHUNG

## BERICHT AN DAS KURATORIUM

---

2018



## VORWORT



Sehr geehrte Mitglieder des Kuratoriums,

2018 war sowohl von wissenschaftlicher als auch von infrastruktureller Seite her ein sehr ereignisreiches Jahr für das Max-Planck-Institut für Polymerforschung. Im Januar 2018 konnte Prof. Dr. Bert Meijer von der Universität Eindhoven als weiteres Externes Wissenschaftliches Mitglied gewonnen werden. Er widmet sich der Erforschung und Entwicklung supramolekularer Polymere als neuer Werkstoffgruppe und ergänzt damit die verschiedenen Forschungsgebiete am Institut in idealer Weise.

Aber auch auf Seiten der Gruppenleiter\_innen entwickelt sich das Institut erfolgreich weiter. Wie schon in den vergangenen Jahren wurden 2018 einige Gruppenleiter\_innen wie auch Postdoktorand\_innen an internationalen Universitäten zu Professor\_innen berufen. Gleichzeitig wurden vakante Gruppenleiterpositionen wieder gefüllt – die neuen Gruppenleiter\_innen sind nun dabei, ihre Gruppen aufzubauen.

Das Jahr 2018 war neben wissenschaftlichen Fortschritten und personellen Veränderungen geprägt von Umbau- und Renovierungsarbeiten im Institut. Bedingt durch die Berufung von Prof. Dr. Tanja Weil als Direktorin wurden Labore umgebaut und die technische Infrastruktur sowie der Brandschutz in diesem Zuge erneuert. Zur Kompensation des Platzmangels durch die in Renovierung befindlichen Räume wurde hinter dem Gebäude ein Containerkomplex errichtet. Diese Sanierungsarbeiten erforderten aufgrund von Lärmbelästigung und gesperrten Bereichen innerhalb des Instituts auch viel Geduld von den Mitarbeiter\_innen, und wir freuen uns auf den Abschluss der Bauarbeiten im Herbst 2019.

Im Februar 2018 feierte die 1948 gegründete Max-Planck-Gesellschaft ihr 70jähriges Bestehen. Anlässlich dieses Ereignisses wurde, initiiert durch die Generalverwaltung in München, im Oktober 2018 der deutschlandweite „Max-Planck-Tag“ gefeiert. Gemeinsam mit unserem Nachbarinstitut, dem Max-Planck-Institut für Chemie, veranstalteten wir für interessierte Hobbyfotografen eine Fototour unter dem Motto: „Forschung im Fokus“ durch die beiden Institute. Die Gewinner wurden im Beisein des Wissenschaftsministers des Landes Rheinland-Pfalz, Prof. Dr. Konrad Wolf, gekürt. Eines der Siegerbilder ziert die Titelseite unseres diesjährigen Kuratoriumsberichtes.

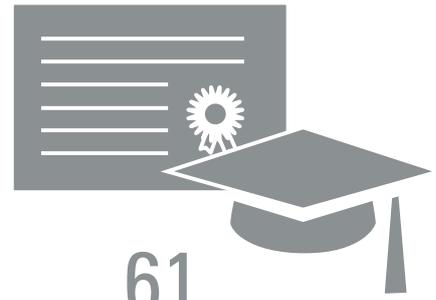
Für das Jahr 2019 freuen wir uns auf den Abschluss der Bauarbeiten, neue Labore und damit neue experimentelle Möglichkeiten sowie weitere exzellente wissenschaftliche Ergebnisse und Ereignisse.

Mit den besten Grüßen

Kurt Kremer  
Geschäftsführender Direktor

# DAS MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR POLYMERFORSCHUNG IN ZAHLEN





61

AKADEMISCHE  
ABSCHLÜSSE



412

PUBLIKATIONEN



36 MIO. EURO  
GESAMTBUDGET



574

PERSONEN



EINGANG  
→



# DAS INSTITUT

Geschichte des Instituts .....	2
Organigramm .....	6
Gremien des Instituts .....	8
Chancengleichheit .....	9
Außendarstellung des Instituts .....	10
Zentrale Wissenschaftliche Einrichtungen am MPI-P.....	12

# GESCHICHTE DES INSTITUTS

Gegründet im Jahr 1984 blickt das Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz inzwischen auf eine über 30-jährige Geschichte zurück. Insgesamt elf Direktorinnen und Direktoren legten und legen bisher die wissenschaftliche Ausrichtung des Instituts fest. Seine Geschichte war geprägt von stetigem Fortschritt: Auf der wissenschaftlichen Seite wurden neue Forschungsbereiche erschlossen, auf der personellen Seite steigt die Personalzahl seit Gründung, und insgesamt wurde es um drei Bauabschnitte erweitert.



Prof. E. W. Fischer († 2011)



Prof. G. Wegner

Die kunststoffverarbeitende Industrie befand sich in den 1980er Jahren in einem bis dahin nicht gekannten Aufschwung. Hierdurch stieg der Bedarf der Industrie an Fachkräften mit Expertise im Bereich der Polymerwissenschaften. Über ein Drittel aller frisch promovierten Chemiker\_innen fanden daher ihre erste Anstellung in einem Betrieb, der einen engeren Bezug zu Herstellung, Modifikation oder Verarbeitung von Kunststoffen hatte. Jedoch hatten nur ca. 10 % aller Hochschulabgänger\_innen eine für diesen Themenbereich relevante Ausbildung erfahren.

Die wissenschaftliche Gemeinschaft konstatierte das Fehlen einer kritischen Masse an Personen, die Deutschland in diesem aufstrebenden Forschungs- und Industriegebiet international konkurrenzfähig machen sowie im wissenschaftlichen Bereich eine Exzellenz in der Forschung aufbauen konnte. Dies wurde nochmals verstärkt durch die Umstrukturierung des Fritz-Haber Instituts in Berlin und der damit verbundenen Einstellung der Forschung im Bereich der Polymerwissenschaften. 1979 führte diese Situation dazu, dass der Wissenschaftsrat eine „Kommission zur Lage der Polymerforschung in der Bundesrepublik Deutschland“ einberief. Diese und viele folgende

Sitzungen führten in ihrem Verlauf schlussendlich am 19.11.1982 zu einem Beschluss des Senats der Max-Planck-Gesellschaft, das „Max-Planck-Institut für Polymerforschung“ zu gründen.

Die Stadt Mainz konnte sich als Standort für das neu zu gründende Institut gegen die Städte Hamburg, Braunschweig, Bayreuth und Darmstadt durchsetzen, da hier die Möglichkeit bestand, ein eigenes Institutsgebäude in der Nachbarschaft des Campus der Johannes Gutenberg-Universität zu errichten. Des Weiteren existierten bereits starke Forschungsaktivitäten an der Universität in den Gebieten der Polymerchemie sowie -physik. Die Nähe zu großen industriellen Forschungszentren und die damit verbundenen Möglichkeiten der Kooperation unterstützten die Standortwahl nochmals.

Die Mission des neuen Instituts sollte sein, Forschung durchzuführen, um fundamentale Einsichten in die Eigenschaften von Polymermaterialien zu erhalten sowie deren Eignung zur Entwicklung von fortschrittlichen neuen Technologien zu überprüfen. Als Gründungsdirektoren wurden **Prof. Erhard W. Fischer** sowie **Prof. Gerhard Wegner** berufen, die ihrerseits bereits große Beiträge



*Neubau des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung 1985*

zur Gründung des Instituts geleistet hatten. Sie leiteten die ersten Arbeitskreise zu den Themen Chemie bzw. Physik der Polymermaterialien. Im Jahr 1984 nahm schließlich das neue Institut die Forschung auf, damals noch in Übergangslaboratorien, die von der Universität Mainz bereitgestellt wurden. Gleichzeitig wurde **Prof. Hans W. Spiess** als weiterer Direktor berufen, um das Gebiet der Polymerspektroskopie aufzubauen.

Bereits 1985 begann man mit der Planung und Errichtung der ersten beiden Bauabschnitte des Institutsgebäudes am Rande des Geländes der Johannes-Gutenberg-Universität. Am 10. März 1986 konnte dann das Institut feierlich eröffnet werden.

Ende 1989 wurde **Prof. Klaus Müllen** als Direktor berufen, im Jahr 1993 **Prof. Wolfgang Knoll**. Mit der Berufung von **Prof. Kurt Kremer** auf dem Gebiet „Theorie der Polymere“ im Jahr 1995 komplettierte man die bei Institutsgründung geplante Anzahl von insgesamt sechs Arbeitskreisen.

Durch die neuen Berufungen und die stetig anwachsende Mitarbeiterzahl wurde der Platz in dem 1986 eröffneten Institutsgebäude schnell zu klein. Es folgte der dritte



*Prof. H. W. Spiess*



*Prof. K. Müllen*



*Prof. W. Knoll*



*Prof. K. Kremer*



Prof. H.-J. Butt



Prof. K. Landfester



Prof. M. Bonn



Prof. P. Blom



Prof. T. Weil

Bauabschnitt, der auch das Hörsaalgebäude mit dem nach Hermann Staudinger benannten Hörsaal beinhaltet. 1998 konnten die neuen Räume fertiggestellt und bezogen werden.

2002 trat **Prof. Hans-Jürgen Butt** mit seinem Arbeitskreis, der sich der „Physik der Grenzflächen“ widmet, die Nachfolge von Prof. Erhard W. Fischer an, der 1997 emeritiert wurde. Im gleichen Jahr starteten die Planungen für einen weiteren Erweiterungsbau, der das weiter wachsende Institut mit neuen Auswerteräumen versorgte sowie ein größeres Labor für ein Kernspinresonanz-Spektroskop bereitstellte. Dieser Bau konnte 2006 fertiggestellt und eröffnet werden.

Im Jahr 2008 emeritierte Gründungsdirektor Prof. Gerhard Wegner. Nach Umbauarbeiten für den neuen Arbeitskreis „Physikalische Chemie der Polymere“ folgte ihm **Prof. Katharina Landfester**. Prof. Wolfgang Knoll verließ im April 2008 das MPI-P und nahm eine Position am Austrian Institute of Technology als Geschäftsführender Direktor an. Diese so freigewordene Direktorenposition wurde 2011 durch **Prof. Mischa Bonn** mit dem Themengebiet „Molekulare Spektroskopie“ neu besetzt. Nach der

Emeritierung von Prof. Hans-Wolfgang Spiess im Jahr 2012 wurde **Prof. Paul Blom** berufen, der sich heute mit seinem Arbeitskreis dem Themengebiet „Molekulare Elektronik“ widmet. Die Berufung schloss den Bau eines Reinraumes mit ein, der im Februar 2015 fertig gestellt werden konnte.

Als letzte Neuberufung kam im Februar 2016 **Prof. Tanja Weil** ans Max-Planck-Institut für Polymerforschung. Sie folgte Prof. Klaus Müllen nach seiner Emeritierung und forscht mit ihrem Arbeitskreis heute auf dem Gebiet der „Synthese von Makromolekülen“.

Die heutigen sechs Arbeitskreise von Prof. Paul Blom, Prof. Mischa Bonn, Prof. Hans-Jürgen Butt, Prof. Kurt Kremer, Prof. Katharina Landfester und Prof. Tanja Weil forschen in gemeinsamen und interdisziplinären Projekten. Ausgehend von den Kernthemen der Arbeitskreise wurden sechs Themenfelder identifiziert, in denen sich die enge Zusammenarbeit der Gruppen besonders deutlich zeigt. Im Einzelnen sind dies:



#### DEFECT ENGINEERING

Die Herausforderung besteht einerseits in der Herstellung von defektfreien, vordefinierten Materialien durch hohe Präzision und Reproduzierbarkeit. Andererseits können Defekte gezielt genutzt werden, um Materialeigenschaften zu steuern und zu optimieren.

#### MULTISCALE CHALLENGES

Viele Eigenschaften synthetischer und biologischer Materialien werden durch Interaktionen und Prozesse über mehrere Längen- und Zeitskalen gesteuert. Am MPI-P stellen wir uns diesen Herausforderungen sowohl mit experimentellen als auch theoretischen Ansätzen.

#### PROTEINS AT INTERFACES

Nanopartikel sind gezielt darauf ausgerichtet, Wirkstoffe genau an den Punkt im Körper zu transportieren, an dem sie gebraucht werden. Um diese gezielte Lieferung zu steuern, untersuchen wir am MPI-P, wie Proteinhüllen um diese Nanopartikel geformt sind und wie sich diese nutzen lassen.

#### NON-EQUILIBRIUM STRUCTURE FORMATION

Die Entstehung komplexer, makromolekularer Strukturen und deren Funktionalitäten beruhen immer auf Nicht-Gleichgewichts-Prozessen. Diese hängen von der Historie des Systems ab und führen (meist) nicht ins thermodynamische

Gleichgewicht. Neue experimentelle Techniken und theoretische Ansätze werden am MPI-P entwickelt, um diese Nicht-Gleichgewichtsprozesse zu charakterisieren, zu verändern und zu verstehen.

#### NANOMATERIALS IN MEDICINE

In der Medizin wird die Forschung auf dem Gebiet der Nanomaterialien oft als Nanomedizin bezeichnet und dient der Entwicklung neuer Materialien und Technologien für eine möglichst sensitive Diagnostik und effizientere Therapien verschiedener Krankheiten. Am MPI-P werden neue Nanomaterialien mit hoher Präzision und funktionaler Komplexität unter Berücksichtigung ihrer biologischen Aktivität entwickelt und hergestellt.

#### WATER AT INTERFACES

Wasser ist eine einzigartige Flüssigkeit mit starken, hochdynamischen, intermolekularen Wechselwirkungen und zudem das wichtigste Lösungsmittel. Am MPI-P wird Wasser auf molekularer, mesoskopischer und makroskopischer Ebene untersucht. Auf molekularer Ebene liegt unser Interesse insbesondere auf Wasser an Grenzflächen, um der Frage nachzugehen, wie Wassermoleküle mit und an Oberflächen oder Grenzflächen reagieren und wechselwirken.

# ORGANIGRAMM

STAND 04/2019

## Molekulare Elektronik



Prof. Dr. P. Blom

## Molekulare Spektroskopie



Prof. Dr. M. Bonn

## Physik der Grenzflächen



Prof. Dr. H.-J. Butt

## Theorie der Polymere



Prof. Dr. K. Kremer  
Geschäftsführender Direktor

## GRUPPENLEITER

**Dr. P. Gkoupidenis**  
Organische Bioelektronik

**Dr. R. Graf**  
Festkörper-NMR-Spektroskopie

**Dr. T. Marszalek**  
Organische Feldeffekttransistoren

**Dr. J. Michels**  
Synthese und Physik d. Polymere

**Dr. C. Ramanan**  
Ultraschnelle Optik

**Dr. G.-J. Wetzelaer**  
Physik der organischen Halbleiterbauelemente

**Prof. Dr. M. Baumgarten**  
Dendrimere

**Dr. G. Gonella**  
Nano-Grenzflächen

**Dr. M. Grechko**  
Kollektive Vibrationen in Molekülen

**Dr. H. Kim**  
Phononenspektroskopie

**Dr. K. Meister**  
Umweltrelevante Grenzflächen

**Dr. Y. Nagata**  
Theoretische Spektroskopie

**Prof. Dr. S. Parekh**  
Molekulare Mikroskopie

**Dr. H. Wang**  
Nano-optoelektronische Materialien

**Dr. R. Berger**  
Molekulare Kräfte

**Dr. M. Kappl**  
Mikrokontakte

**Dr. K. Koynov**  
Fluoreszenz-Korrelations-Spektroskopie

**Jun.-Prof. Dr. M. Mezger**  
Oberflächensensitive Röntgenbeugung

**Prof. Dr. D. Vollmer**  
Superhydrophobizität

**Jun.-Prof. Dr. S. Weber**  
Hochauflösende AFM-Mikroskopie

**Prof. Dr. S. Wu**  
Oberflächenchemie

**Dr. D. Andrienko**  
Struktureigenschaftsbeziehung

**Dr. R. Cortes-Huerto**  
Statistische Mechanik

**Dr. K. Daoulas**  
Multiskalenmodellierung

**Prof. Dr. B. Dünweg**  
Dynamische Simulationen

**Dr. T. Stühn**  
Softwareentwicklung und IT

**Dr. O. Valsson**  
Computational Chemistry

**Prof. Dr. T. Vilgis**  
Lebensmittelphysik

## GRUPPENLEITER MIT UNABHÄNGIGEM FORSCHUNGSGRUPPENLEITERSTATUS

**Dr. K. Asadi**  
Humboldt-Forschungsgruppe  
Organische Multiferroika

**Prof. Dr. E. Backus**  
ERC- & Minerva-Forschungsgruppe  
Wasser an Grenzflächen

**Dr. K. F. Domke**  
Emmy-Noether- & 3plus-Forschungsgruppe  
Raman an festen/flüssigen Grenzflächen

**Dr. J. Hunger**  
ERC-Forschungsgruppe  
Dynamik von Flüssigkeiten

**Prof. Dr. G. Fytas**  
ERC-Forschungsgruppe  
Phononik weicher Materie

**Dr. T. Bereau**  
Emmy-Noether-Forschungsgruppe  
Biomolekulare Simulationen

## INFRASTRUKTUR – NICHTWISSENSCHAFTLICHE SERVICEGRUPPEN

**A. Becker**  
Elektroniklabor

**Dr. C. Schneider**  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

**A. Gerstenberg**  
Mechanische Werkstatt

**Dr. T. Stühn**  
EDV

**F. Westermann**  
Bibliothek

## INFRASTRUKTUR – WISSENSCHAFTLICHE SERVICEGRUPPEN

**Dr. R. Graf**  
NMR an Feststoffen

**Prof. Dr. M. Bonn**  
Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie

**Prof. Dr. E. Backus**  
Ultraschnelle optische Spektroskopie

**Dr. R. Berger**  
Rasterkraftmikroskopie

**Dr. M. Kappl**  
Focused Ion Beam

**Dr. K. Koynov**  
Mechanische / dielektrische Eigenschaften

**Dr. M. Mezger**  
Röntgenmethoden

Physikalische Chemie  
der Polymere



Prof. Dr. K. Landfester

Synthese von  
Makromolekülen



Prof. Dr. T. Weil

Geschäftsführender  
Direktor

Emeritierte Direktoren  
& auswärtige wiss.  
Mitglieder

Dr. I. Lieberwirth  
Kristallisation  
Prof. Dr. V. Mailänder  
Partikel & Zellen  
Dr. S. Morsbach  
Polymeranalytik  
Dr. A. Riedinger  
2D-Photonik  
Dr. H. Thérien-Aubin  
Dynamik an Nanokolloiden  
Priv.-Doz. Dr. F. Wurm  
Polyphosphate  
Dr. K. Zhang  
Photokatalyse

Dr. M. Klapper  
Polymersynthese Kohlenstoff-Nano-  
materialien  
Dr. S. L. Kuan  
Bioinspirierte Architekturen  
Dr. D. Y. Ng  
Supramolekulare Chemie  
Dr. J. Räder  
Massenspektrometrie  
Dr. C. Synatschke  
Hybridmaterialien  
Dr. M. Wagner  
Hochauflösende  
NMR-Spektroskopie  
Dr. K. Wunderlich  
Polymermaterialien



F. Hornig  
Verwaltungsleiterin  
Verwaltung | International Welcome  
Service



Dr. M. Klapper  
Wissenschaftlich-Technischer  
Koordinator  
Wissenschaftliche Koordination |  
Baukoordination | Arbeitssicherheit

EMERITI & EHEMALIGE

Prof. Dr. E. W. Fischer (†)  
Physik der Polymere  
Prof. Dr. G. Wegner  
Festkörperchemie  
Prof. Dr. H.-W. Spiess  
Polymerspektroskopie  
Prof. Dr. W. Knoll  
Materialwissenschaften  
Prof. Dr. K. Müllen  
Synthetische Chemie

Dr. S. Wegner  
MaxSynBio- &  
ERC-Forschungsgruppe  
Licht-kontrollierte Systeme

Dr. L. Nuhn  
Emmy-Noether-Forschungsgruppe &  
Liebig-Stipendium  
Makromolekulare Therapeutika

Prof. Dr. K. Müllen  
Emeritus-Forschungsgruppe  
Graphene  
Gruppenleiter: Dr. Akimitsu Narita

AUSWÄRTIGE MITGLIEDER

Prof. Dr. K Binder  
Mainz  
Prof. Dr. G. Fytas  
Heraklion, Kreta  
Prof. Dr. B. Meijer  
Eindhoven, Niederlande

R. Schmuck  
Glasbläserei

Z. Tovari  
EU-Büro

Dr. I. Lieberwirth  
Elektronenmikroskopie  
Dr. S. Morsbach  
Polymeranalytik

Dr. J. Räder  
Massenspektrometrie  
Dr. M. Wagner  
Hochauflösende NMR-  
Spektroskopie

# GREMIEN DES INSTITUTS

## KURATORIUM

### Mitglieder

---

**Dr. Wolfgang Baiker**

Boehringer Ingelheim GmbH, Ingelheim  
Vorsitzender des Kuratoriums

**Prof. Dr. Michael Dröschner**

ChemSite Initiative, Dorsten

**Michael Ebling**

Oberbürgermeister der Stadt Mainz

**Dr. Martin Giersbeck**

Robert Bosch GmbH, Renningen

**Ursula Groden-Kranich**

Bundstagsabgeordnete für den Wahlkreis Mainz/Mainz-Bingen

**Klaus Hagemann**

ehem. Mitglied des Deutschen Bundestags, Worms

**Dr. Gerald Hauf**

Polymer-Chemie GmbH, Bad Sobernheim

**Prof. Dr. Gerald Haug**

MPI für Chemie, Mainz

**Prof. Dr. Georg Krausch**

Präsident der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Dr. Harald Lauke**

BASF SE, Ludwigshafen

**Inga Schäfer**

Generalsekretärin der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz

**Martin Schneider**

Südwestrundfunk, Baden-Baden

**Dr. Martin Vollmer**

Clariant International, Pratteln (CH)

**Prof. Dr. Kurt Wagemann**

DECHEMA, Frankfurt a. M.

**Prof. Dr. Konrad Wolf**

Staatsminister für Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz, Mainz

### Max-Planck-Gesellschaft

---

**Rüdiger Willems**

Generalsekretär der Max-Planck-Gesellschaft

### Institutsbetreuung

---

**Simone Bischoff**

Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft

## FACHBEIRAT (2018)

### Mitglieder

---

**Prof. Dr. Ashutosh Chilkoti**

Duke University, USA

**Prof. Dr. Daan Frenkel**

University of Cambridge, Großbritannien

**Prof. Dr. Stephen Garoff**

Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA

**Prof. Dr. Steve Granick**

University of Illinois, Urbana, USA

**Prof. Dr. Eugenia Kumacheva**

University of Toronto, Kanada

**Prof. Dr. George Malliaras**

École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne, Frankreich

**Prof. Dr. Krzysztof Matyjaszewski**

Carnegie Mellon University Pittsburgh, USA

**Prof. Dr. Martin Möller**

DWI – Leibniz Institut für Interaktive Materialien, Aachen, Deutschland

**Prof. Dr. Eiichi Nakamura**

University of Tokio, Japan

**Prof. Dr. Monica Olvera de la Cruz**

Northwestern University, Evanston, USA

**Prof. Dr. Walter Richtering**

RWTH Aachen, Deutschland

**Prof. Dr. Helma Wennemers**

ETH Zürich, Schweiz

**Prof. Dr. Karen Wooley**

Texas A&M University, USA

# CHANCENGLEICHHEIT

Die Schaffung von Chancengleichheit für Frauen ist ein zentrales Anliegen der Max-Planck-Gesellschaft sowie unseres Max-Planck-Instituts für Polymerforschung. Um Chancengleichheit auf allen Ebenen – von Direktorinnen und Direktoren bis zu Masterstudentinnen und Masterstudenten – zu realisieren, ist unsere Gleichstellungsbeauftragte Dr. Beate Schiewe sowohl institutsintern wie auch in ihrer Funktion als Sektionsgleichstellungsbeauftragte der Chemisch-Physikalisch-Technischen (CPT) Sektion der Max-Planck-Gesellschaft aktiv und sichtbar.

Um Gleichstellung schon früh zu realisieren und auf lange Sicht ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis im wissenschaftlichen Bereich zu realisieren, beteiligt sich das MPI-P jährlich am sogenannten „Girls’ Day“, an dem Schülerinnen explizit zu einem Tag am MPI-P eingeladen werden. Der Girls’ Day wird sowohl vom Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend als auch vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Laut Aussage der Veranstalter erhalten ein Drittel aller teilnehmenden Unternehmen danach Bewerbungen der Teilnehmerinnen.

Institutsintern werden ebenfalls an Studentinnen, Doktorandinnen und Postdoktorandinnen gerichtete Veranstaltungen durchgeführt, wie beispielsweise ein Sicherheitstraining, Karriereberatung und Mentoring.

Auch auf der Direktoratsebene hat das MPI-P eine Vorreiterrolle: Als erstes Institut der CPT-Sektion wurden zwei Arbeitskreise von Direktorinnen geleitet: Der Arbeitskreis „Physikalische Chemie der Polymere“ von Prof. Katharina Landfester sowie der Arbeitskreis „Synthese von Makromolekülen“ von Prof. Tanja Weil. Zur Zeit gibt es

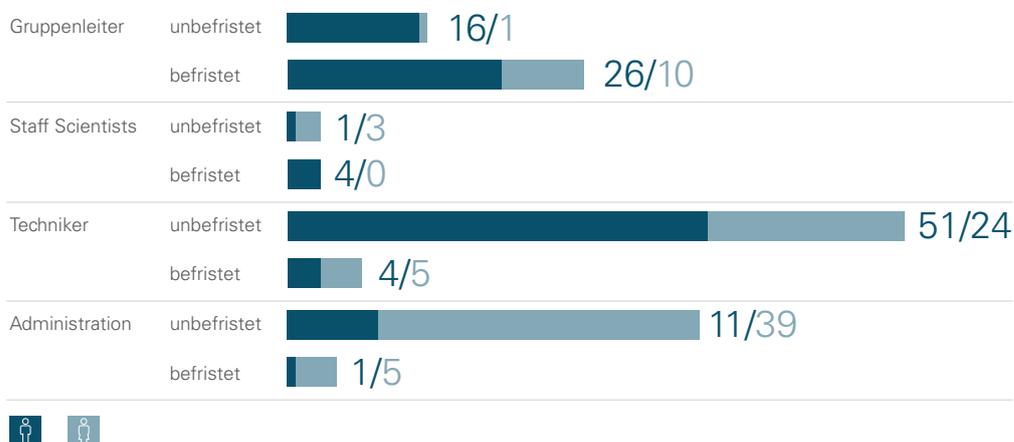
nur ein weiteres Institut (MPI für Intelligente Systeme in Stuttgart/Tübingen) in der Sektion, welches zwei Direktorinnen berufen hat.

Schon 2013 gründete Prof. Katharina Landfester mit Kolleginnen und Kollegen aus der CPT-Sektion das Elisabeth-Schiemann-Kolleg – ein Mentoring-Netzwerk, um hervorragende Wissenschaftlerinnen zu unterstützen, eine Professur, eine Max-Planck-Direktion oder eine gleichwertige Position zu erhalten. Zwei MPI-P-Gruppenleiterinnen sind momentan Mitglieder des Kollegs.

Das MPI-P zieht Wissenschaftlerinnen erfolgreich durch eine Vielzahl von Aktivitäten an und versucht ständig, ihre Anzahl zu erhöhen. Ein Beispiel am MPI-P ist die MPG-Minervagruppe von Prof. Ellen Backus.

Am MPI-P sind etwa 36 % der Doktoranden weiblich und insgesamt beschäftigt das Institut rund 35 % Wissenschaftlerinnen (u. a. Doktorandinnen, leitende Wissenschaftlerinnen, W2 und W3-Professorinnen (entspricht den Direktorinnen)). Bezogen auf festangestellte Mitarbeiter\_innen sind derzeit 21 Wissenschaftler\_innen (ohne Direktor\_innen) permanent angestellt. Von diesen festen Stellen sind 19 % mit Frauen besetzt.

2017 erstellte das Institut einen Gleichstellungsplan für die nächsten 5 Jahre. In diesem Plan wurde der aktuelle Stand dargestellt und Maßnahmen wie Dual Career Service, Kinderbetreuung, flexible Arbeitszeiten, Karriere-seminare und Mentoringprogramme für Wissenschaftlerinnen festgehalten, um den Anteil an Frauen in allen Karriereebenen zu halten und zu steigern.



Unbefristete bzw. befristete Stellen von Frauen und Männern am Institut im Vergleich (Stichtag: 31.12.2018)

# AUSSENDARSTELLUNG DES INSTITUTS

Das Institut legt als öffentlich gefördertes Forschungsinstitut Wert darauf, seine Forschung öffentlichkeitswirksam zu präsentieren. Hiermit soll zum einen ein Beitrag zum positiven gesellschaftlichen Image der Grundlagenforschung geleistet werden, zum anderen sollen aber auch Nachwuchswissenschaftler\_innen auf das Institut aufmerksam gemacht werden, um diese als Mitarbeiter\_innen zu gewinnen. Daher zielen die Aktivitäten bzgl. der Außendarstellung des Instituts darauf ab, Medien wie auch die allgemeine Öffentlichkeit direkt zu erreichen.

Regelmäßig werden daher vom Institut Pressemitteilungen zu Forschungsergebnissen, zu Personalien oder zur Einwerbung neuer Forschungsprojekte veröffentlicht, wodurch das Institut und seine Wissenschaftler\_innen in den Medien vertreten sind. Zu diesen zählen sowohl lokale oder überregionale Tageszeitungen wie auch Online-Nachrichten-Portale, Radiosender und Fernsehsender. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 29 Pressemitteilungen zu unterschiedlichen Themen herausgegeben.

Neben regionalen, rheinland-pfälzischen Tageszeitungen wie z. B. der „Allgemeinen Zeitung Mainz“ oder der „Rheinpfalz“ wurden unsere Pressemitteilungen unter anderem auch in überregionalen Zeitungen wie der „Frankfurter Allgemeinen Zeitung“ oder der „Süddeutschen“ aufgegriffen und redaktionell überarbeitet veröffentlicht. In ihren Online-Portalen haben beispielsweise „Springer Professional“ und

*Stand des MPI-P zum Wissenschaftsmarkt 2018 in der Mainzer Innenstadt*

„Pro-Physik“ die Forschung des Instituts aufgegriffen. Im Radio war das Institut z. B. beim „Bayrischen Rundfunk“ oder bei „Deutschlandradio“ vertreten, aber auch lokal bei „Antenne Mainz“.

Verschiedene Beiträge über Forschungsaktivitäten wurden auch im Fernsehen ausgestrahlt, so z. B. Beiträge in der Nachrichtensendung „SWR aktuell“. Für ihre Online-Ausgabe produzierte die „Frankfurter Allgemeine Zeitung“ gemeinsam mit Prof. Thomas Vilgis mehrere Folgen zum Thema „Molekularküche“.

Das Institut präsentiert seine Forschung außer in den Medien auch bei verschiedenen populärwissenschaftlichen Veranstaltungen. Das MPI-P ist, genau wie das benachbarte MPI-C, Mitglied der Mainzer Wissenschaftsallianz, die sich um die Darstellung der Wissenschaftsregion Mainz kümmert.

Bei dem Format „Science Schoppe“, bei dem ein(e) Wissenschaftler\_in in einem Weinlokal in geselliger Runde seine / ihre Forschung präsentiert, hat 2018 Prof. Thomas Vilgis einen Vortrag zum Thema „Warum ist Fett gesund? – Was Ernährungswissenschaftler nicht kommunizieren“ gehalten.

Als eine der größten Mainzer Veranstaltungen im Bereich der Wissenschaftskommunikation ist der Mainzer Wissenschaftsmarkt zu sehen, der alljährlich im September auf dem Gutenbergplatz im Zentrum der Mainzer Innenstadt stattfindet. Auch hier ist das MPI-P jedes Jahr vertreten.

Der zyklisch durch einen anderen Arbeitskreis präsentierte Stand des MPI-P wurde 2018 durch den Arbeitskreis von Prof. Kremer organisiert. Hier standen moderne Simulationsmethoden am Beispiel

des sogenannten „Traveling Salesman Problems“ sowie das Thema „Food Physics“ im Vordergrund und boten dem Publikum Einblicke in die Forschungsthematiken des Instituts.

Ebenfalls im September – zur Feier des 70jährigen Bestehens der Max-Planck-Gesellschaft – wurden deutschlandweit verschiedene Veranstaltungen durch die einzelnen Institute der Gesellschaft angeboten. Das MPI-C und das MPI-P haben zu diesem Anlass in Kooperation einen Fotowettbewerb veranstaltet, bei dem Hobbyfotograf\_innen zu einem Rundgang durch die beiden Institute

eingeladen wurden. Eine Jury, bestehend aus Prof. Konrad Wolf (Wissenschaftsminister Rheinland Pfalz), Michael Ebling (Oberbürgermeister der Stadt Mainz), Carsten Costard (Fotograf), Prof. Ulrich Pöschl (geschäftsführender Direktor MPI-C) und Prof. Kurt Kremer (geschäftsführender Direktor MPI-P), wählte aus den durch die 18 Fotograf\_innen eingereichten 108 Bildern die schönsten aus, die dann in einer Ausstellung der Öffentlichkeit präsentiert wurden. Diese Ausstellung wird 2019 unter anderem im Ministerium für Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur zu sehen sein.

Zusätzlich zu der Organisation von sowie der Beteiligung an Veranstaltungen und der Herausgabe von Pressemitteilungen öffnet das Institut seine Türen regelmäßig für Schulpraktikant\_innen, die hier ihr Pflichtpraktikum absolvieren. Diese können über zwei Wochen an verschiedenen Stationen mehr über die Forschung des Instituts erfahren.

Des Weiteren bietet das Institut auf Anfrage für Schulklassen Führungen an. Auch 2018 wurden wieder mehrere Klassen durch das Institut geführt.

# ZENTRALE WISSENSCHAFTLICHE EINRICHTUNGEN AM MPI-P

Das Institut verfügt über eine Reihe von zentralen Einrichtungen, wie z. B. Analytik der Polymere, NMR-Spektroskopie, EDV, Röntgenstrukturanalyse, Rasterkraftmikroskopie, Elektronenmikroskopie und mechanische Spektroskopie. Diese als „Servicegruppen“ bezeichneten Einrichtungen sind zwar jeweils einem Direktor zugeordnet, können aber von allen Mitarbeitern in Anspruch genommen werden.

## EDV DR. TORSTEN STUEHN



Die EDV-Abteilung ist verantwortlich für die IT-Infrastruktur des Instituts. Sie kümmert sich um den Betrieb, die Pflege und den Ausbau des Netzwerks sowie der hierüber bereitgestellten IT-Dienste samt der erforderlichen Server-Hardware, inklusive der HPC Systeme der Theoriegruppe. Darüber hinaus versorgt und berät sie die Mitarbeiter\_innen in IT-Belangen und bietet Hilfe bei Problemen.

## ELEKTRONENMIKROSKOPIE DR. INGO LIEBERWIRTH



Die zentrale Einrichtung Elektronenmikroskopie betreibt am MPI-P zwei Rasterelektronenmikroskope und drei Transmissionselektronenmikroskope. Das Tätigkeitsfeld umfasst neben dem Betrieb der Mikroskope die Probenpräparation, die Ausbildung junger Wissenschaftler\_innen an den Geräten, Servicemaßnahmen für verschiedenste Projekte und die Entwicklung neuer Mess- und Präparationsmethoden.

## FOCUSED ION BEAM DR. MICHAEL KAPPL



Die fokussierte Ionenstrahl-Ätzanlage erlaubt die Mikro- bzw. Nanostrukturierung von Oberflächen mit einer Genauigkeit von bis zu 10 Nanometern. Ferner können Dünnschnitte für die Transmissionselektronenmikroskope oder Querschnitte von dünnen Schichten oder Partikeln präpariert werden.

## HOCHAUFLÖSENDE NMR-SPEKTROSKOPIE DR. MANFRED WAGNER



Die NMR-Gruppe analysiert neue organische und anorganische Substanzen, die in Lösung oder als Gel vorliegen. Die NMR-Spektroskopie kann dreidimensionale Strukturen berechnen und sorgt so für ein tieferes Verständnis von Zusammensetzung und molekularem Aufbau unterschiedlichster chemischer Verbindungen wie z. B. Monomeren, Polymeren und funktionalen Materialien.

## MASSENSPEKTROMETRIE DR. HANS-JOACHIM RÄDER



In der Massenspektrometrie werden im Prinzip Moleküle „gewogen“. Das „Wiegen“ erfolgt mit sehr hoher Genauigkeit und funktioniert mit kleinsten Probenmengen. Die Servicegruppe Massenspektrometrie untersucht Proben aus der Synthesechemie und liefert Informationen zur Identifikation neuer Verbindungen, Struktur und Reinheit von sowohl kleinen organischen Molekülen als auch großen Polymerelementen.

## MECHANISCHE / DIELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN DR. KALOIAN KOYNOV



Das Labor bietet zahlreiche Möglichkeiten, um die mechanischen und dielektrischen Eigenschaften von Polymerschmelzen und -lösungen sowie Hydrogelen zu charakterisieren. Materialeigenschaften wie Viskosität, Elastizität und dielektrische Konstanten können durch eine Vielzahl von hochmodernen Analysegeräten gemessen werden.

## NMR AN FESTSTOFFEN DR. ROBERT GRAF



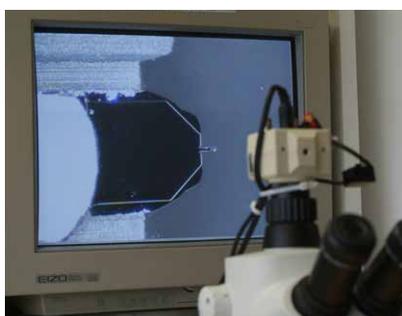
Mit dem Verfahren der Kernmagnetischen Resonanzspektroskopie werden Feststoffe auf ihre chemische Struktur und lokale Wechselbeziehungen hin untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse schaffen ein tieferes Verständnis molekularer Prozesse von thermischen sowie elektronischen Eigenschaften und bilden daher die Grundlage zum Verständnis von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen.

## POLYMERANALYTIK DR. SVENJA MORSBACH



Die wichtigsten Tätigkeitsbereiche der Polymeranalytikgruppe umfassen Servicemessungen für Arbeitsgruppen des Instituts, die Weiterentwicklung von analytischen Methoden und Geräten sowie verschiedene Forschungsprojekte. Eine Vielfalt an Methoden wird zur Charakterisierung von Polymeren und funktionellen Materialien angewendet, u. a. chromatographische Methoden, Lichtstreuung, Thermoanalytik und Viskosimetrie.

## RASTERKRAFTMIKROSKOPIE DR. RÜDIGER BERGER



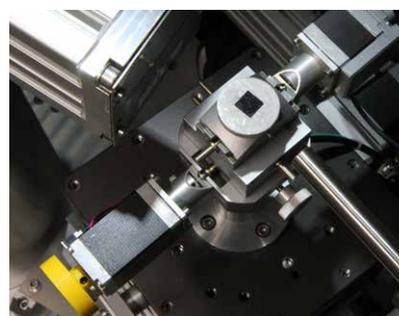
Mit dieser Methode können sowohl Topografie als auch Reibung, Adhäsion, Elastizität, elektrische und magnetische Felder, elektrische Potentiale sowie Ströme von Materialien auf Nanometer-Skala untersucht werden. Die Rasterkraftmikroskopie wird vor allem in Luft und in Flüssigkeiten angewendet. Wissenschaftler\_innen können Messungen als Service beauftragen oder nach Anleitung Messungen auch selbstständig durchführen.

## REINRAUM HANS-JÜRGEN GUTTMANN



Der neue Reinraum wurde im Juli 2016 vollständig funktionsfähig an das Institut übergeben. Er ist eine Grundvoraussetzung für die Mikrostrukturierung sowie für die Probenpräparation unter besonders reinen Bedingungen – mit weniger als 29 Partikeln pro Kubikmeter, die größer als 5 µm sind. Zur Strukturierung von Polymeren sowie Metallen stehen photolithographische Verfahren und eine reaktive Ionen-Ätzanlage zur Verfügung.

## RÖNTGENMETHODEN DR. MARKUS MEZGER



Die röntgenographischen Streuungsmethoden am Institut erlauben die strukturelle Charakterisierung von harten und weichen Materialien sowie Feststoffen und Flüssigkeiten. Typische Längenskalen reichen von wenigen Ångström (0,1 nm) für kristalline, anorganische Materialien bis zu ca. 100 nm bei supramolekularen Strukturen. Temperaturabhängige Messungen erlauben es z. B., Phasenübergänge oder Relaxationsprozesse im thermodynamischen Gleichgewicht zu studieren.





# FORSCHUNG

OLED: Ultradünnschicht erhöht die Effizienz .....	18
Vorsicht, Glatteis! .....	20
Was passiert in einer Solarzelle, wenn das Licht ausgeht? .....	22
Das Geheimnis der Sojabohne .....	24
Nano-3D-Drucken für medizinische Anwendungen .....	26
Mit trojanischem Pferd gegen Krankheiten bei Weinreben .....	28
Publikationsstatistik .....	31
Ausgewählte Publikationen .....	32

# OLED: ULTRADÜNNESCHICHT ERHÖHT DIE EFFIZIENZ



## ÜBER GERT-JAN WETZELAER

Gert-Jan Wetzelaer erhielt 2009 einen Master of Science in Angewandter Physik an der Universität Groningen. Im Jahr 2014 promovierte er an der Universität Groningen mit höchster Auszeichnung. Seine Doktorarbeit konzentrierte sich auf den Ladungstransport und die Rekombination in organischen lichtemittierenden Dioden und Solarzellen unter der Leitung von Prof. Paul W. M. Blom. Anschließend arbeitete er als Postdoc an der Erforschung von Biophotovoltaikzellen mit photosynthetischen Proteinen unter der Leitung von Prof. Andreas Herrmann. Im Jahr 2015 erhielt er eine Position als Gruppenleiter am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Physik von organischen Leuchtdioden und Solarzellen sowie Perowskitsolarzellen. Er hat mehr als 60 Artikel in wissenschaftlichen Fachzeitschriften mitverfasst.

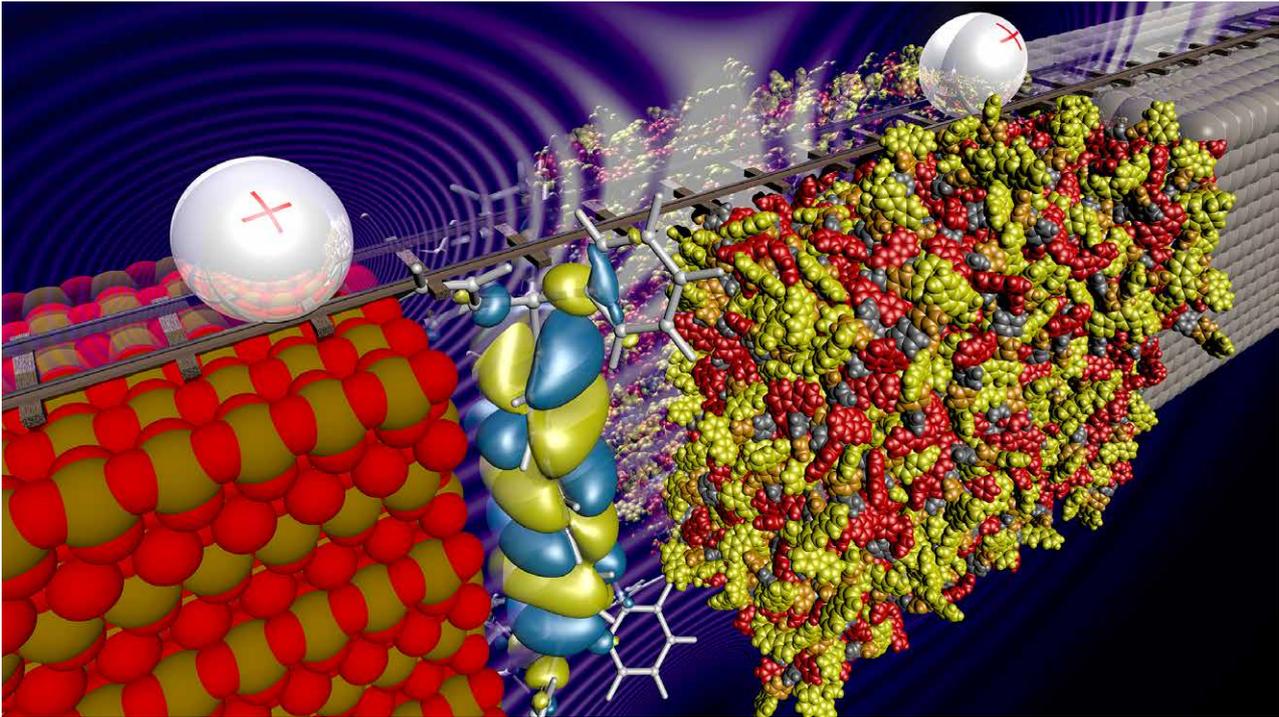
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Gert-Jan Wetzelaer haben eine neue Methode entdeckt, um die Kontakte in OLEDs zu verbessern. Dieser neue Ansatz führt zu einer höheren Energieeffizienz und kann praktisch in jedem organischen Halbleiterelement genutzt werden.

ARBEITSKREIS PROF. PAUL BLOM

Organische Leuchtdioden (OLEDs) werden als Lichtquellen in hochwertigen Smartphone-Displays und großflächigen High-End-Produkten wie OLED-Fernsehern eingesetzt. Das aktive Bauelement in einer OLED ist eine lichtemittierende Schicht aus einem organischen Halbleiter, der elektrische Energie in sichtbares Licht umwandelt. In einer OLED befindet sich die organische Halbleiterschicht zwischen zwei Elektroden; wird eine Spannung an diese beiden Elektroden angelegt, so fließt ein Strom durch die OLED, der in sichtbares Licht umgewandelt wird.

Allerdings ist es für viele organische Halbleiter schwierig, den Strom von der positiven Elektrode in die OLED einzuspeisen, insbesondere bei blau oder ultraviolett emittierenden Materialien. Dies führt zu niedrigen Effizienzen in OLEDs.

Dr. Gert-Jan Wetzelaer hat kürzlich eine Möglichkeit gefunden, um die Strominjektion an der positiven Elektrode in OLEDs zu verbessern. Wetzelaer und sein Team haben die positive Elektrode mit einer ultradünnen Schicht eines anderen organischen Halbleiters überzogen, der gewissermaßen als Abstandsschicht zwischen der Elektrode und dem lichtemittierenden organischen Halbleiter dient. Wetzelaer sagte: „Das Ergebnis war unerwartet. Diese nanometerdünne Schicht erleichtert den Ladungstransfer zwischen der Elektrode und dem organischen Halbleiter. Obwohl es zunächst unlogisch erscheint, wird der elektrische Kontakt tatsächlich verbessert, indem auf einen physikalischen Kontakt zwischen Elektrode und Halbleiter verzichtet wird.“



Visualisierung eines Stroms durch eine OLED, der über eine dünne molekulare Schicht (Mitte) von einer Elektrode (links) zu einem organischen Halbleiter (rechts) fließt.

#### VERBESSERTE KONTAKTE IN HALBLEITERN

Die Verbesserung des elektrischen Kontakts mit einer ultradünnen Zwischenschicht erhöht erheblich die Effizienz von ultraviolett strahlenden OLEDs. Die Wissenschaftler haben diese Verbesserung von Elektroden für eine Vielzahl von organischen Halbleitern und für verschiedene Abstandsschichten nachgewiesen. Prof. Paul Blom ist überzeugt: „Diese einfache Methode, in der OLED-Elektroden mit einer ultradünnen Schicht überzogen werden, um die Stromspeisung zu verbessern, ist ein voller Erfolg für die technische Anwendung in der High-End-Elektronik.“

Dr. Gert-Jan Wetzelaer und sein Forschungsteam sind sehr zuversichtlich, dass dieser neue Ansatz zur Herstellung verbesserter Kontakte in praktisch jedem organischen Halbleiter-Bauelement verwendet werden kann, was deren Leistungsfähigkeit jetzt steigern könnte.

#### ORIGINALVERÖFFENTLICHUNG

N. B. Kotadiya, H. Lu, A. Mondal, Y. Ie, D. Andrienko, P. W. M. Blom, G.-J. A. H. Wetzelaer: **Universal strategy for Ohmic hole injection into organic semiconductors with high ionization energies**, Nature Materials (<https://dx.doi.org/10.1038/s41563-018-0022-8>)

# VORSICHT, GLATTEIS!



## ÜBER YUKI NAGATA

Yuki Nagata studierte chemische Systemtechnik an der University of Tokyo in Japan und erhielt seinen Masterabschluss im Jahr 2004. Anschließend schloss er sich der Gruppe von Prof. Y. Tanimura an der Kyoto University für ein Doktorandenprojekt an. Er beschäftigte sich mit der theoretischen Formulierung der multidimensionalen Spektroskopie mittels molekularer Dynamiksimulationen und promovierte 2007. Von 2007 bis 2009 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der BASF SE, wo er die Morphologie von amorphen OLED-Materialien untersuchte. Von 2009 bis 2011 forschte er als Postdoktorand an der University of California mit Prof. Shaul Mukamel und untersuchte die schwingungstechnischen Summenfrequenzspektren von Wasser an der Wasser-Lipid-Grenzfläche. Seit August 2011 ist er am MPI-P im Arbeitskreis von Prof. Mischa Bonn tätig. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf der Struktur und Dynamik von Wasser an den Grenzflächen Lipid/Luft/Feststoff unter Verwendung theoretischer/computationaler Ansätze.

Gleiten auf Eis oder Schnee ist viel einfacher als das Gleiten auf den meisten anderen Oberflächen, dies ist allgemein bekannt. Aber warum ist die Eisoberfläche rutschig? Diese Frage beschäftigt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler seit mehr als einem Jahrhundert und ist weiterhin Gegenstand aktueller Forschung. Forscherinnen und Forscher des AMOLF sowie der Universität von Amsterdam haben nun gemeinsam mit unserem Institut gezeigt, dass die Eisglätte davon abhängt, wie leicht die obersten Wassermoleküle über die Eisoberfläche rollen können.

ARBEITSKREIS PROF. MISCHA BONN

Wintersportarten wie Skifahren, Eisschnelllauf, Eiskunstlauf und Eisstockschießen erfordern die rutschigen Oberflächen von Eis und Schnee. Während die Tatsache, dass die Eisoberfläche rutschig ist, allgemein bekannt ist, ist sie bei weitem noch nicht vollständig verstanden. Im Jahr 1886 bot John Joly, ein irischer Physiker, die erste wissenschaftliche Erklärung für die geringe Reibung auf Eis; wenn ein Objekt – z. B. ein Schlittschuh – die Eisfläche berührt, ist der lokale Druck durch die Kufen so hoch, dass das Eis schmilzt, wodurch eine flüssige Wasserschicht erzeugt wird, die das Gleiten ermöglicht. Der aktuelle Stand der Forschung ist jedoch, dass diese oberste Eisschicht nicht durch Druck, sondern durch Reibungswärme, die während des Gleitens erzeugt wird, geschmolzen wird.

Ein durch die beiden Brüder Prof. Daniel Bonn von der Universität Amsterdam und Prof. Mischa Bonn vom MPI-P geleitetes Forscherteam hat nun gezeigt, dass Reibung auf Eis komplexer ist als bisher angenommen. Durch makroskopische Reibungsexperimente bei Temperaturen zwischen 0 °C und -100 °C konnten die Forscher zeigen, dass sich die Eisoberfläche bei typischen Wintersporttemperaturen von einer extrem rutschigen Oberfläche zu einer Oberfläche mit hoher Reibung bei -100 °C verwandelt.

Um den Ursprung dieser temperaturabhängigen Gleitfähigkeit zu untersuchen, führten die Forscher spektroskopische Messungen des Zustands von Wassermolekülen an der Oberfläche durch und verglichen diese mit theoretischen Berechnungen (Moleküldynamik-Simulationen). Diese Kombination von Experiment und Theorie



*Ein Schlittschuh gleitet über eine Eisoberfläche, die aus schnell taumelnden mobilen Wassermolekülen besteht, die nur lose an das darunter liegende Eis gebunden sind.*

zeigt, dass zwei Arten von Wassermolekülen an der Eisoberfläche existieren: Wassermoleküle, die an das darunter liegende Eis gebunden sind (gebunden durch drei Wasserstoffbrückenbindungen) und mobile Wassermoleküle, die nur durch zwei Wasserstoffbrückenbindungen angebunden sind. Diese mobilen Wassermoleküle rollen wie kleine Kugeln über die Eisoberfläche. Hierbei werden sie von thermischen Schwingungen angetrieben.

Wenn die Temperatur steigt, werden die beiden Arten von Oberflächenmolekülen ineinander umgewandelt: Die Anzahl der mobilen Wassermoleküle erhöht sich mit zunehmender Temperatur, während die fixierten sich verringern. Bemerkenswerterweise stimmt diese Beweglichkeit mit der Temperaturabhängigkeit der gemessenen Reibungskraft perfekt überein: Je größer die Beweglichkeit der Wassermoleküle an der Oberfläche, desto geringer die Reibung und umgekehrt. Die Forscher kommen daher zu dem Schluss, dass die hohe Mobilität der Oberflächenwassermoleküle für die Glätte von Eis verantwortlich ist, und nicht eine dünne Schicht flüssigen Wassers auf dem Eis.

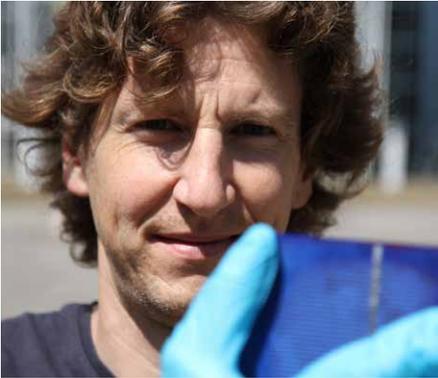
Obwohl die Oberflächenmobilität bis zu einer Temperatur von 0 °C weiter ansteigt, ist 0 °C nicht die ideale Temperatur für das Gleiten auf Eis. Die Experimente zeigen, dass die Reibung bei -7 °C tatsächlich am geringsten ist.

Genau die gleiche Temperatur wird bei der Präparation von Eisschnelllaufbahnen verwendet. Die Forscher konnten zeigen, dass bei Temperaturen zwischen -7 °C und 0 °C das Gleiten schwieriger wird, da das Eis weicher ist und das Gleitobjekt somit tiefer in das Eis eindringt. Die Ergebnisse sind im „Journal of Physical Chemistry Letters“ veröffentlicht.

#### ORIGINALVERÖFFENTLICHUNG

B. Weber, Y. Nagata, S. Ketzetzi, F. Tang, W. J. Smit, H. J. Bakker, E. H. G. Backus, M. Bonn, D. Bonn: **Molecular Insight into the Slipperiness of Ice**, Journal of Physical Chemistry Letters  
(<https://dx.doi.org/10.1021/acs.jpcclett.8b01188>)

# WAS PASSIERT IN EINER SOLARZELLE, WENN DAS LICHT AUSGEHT?



## ÜBER STEFAN WEBER

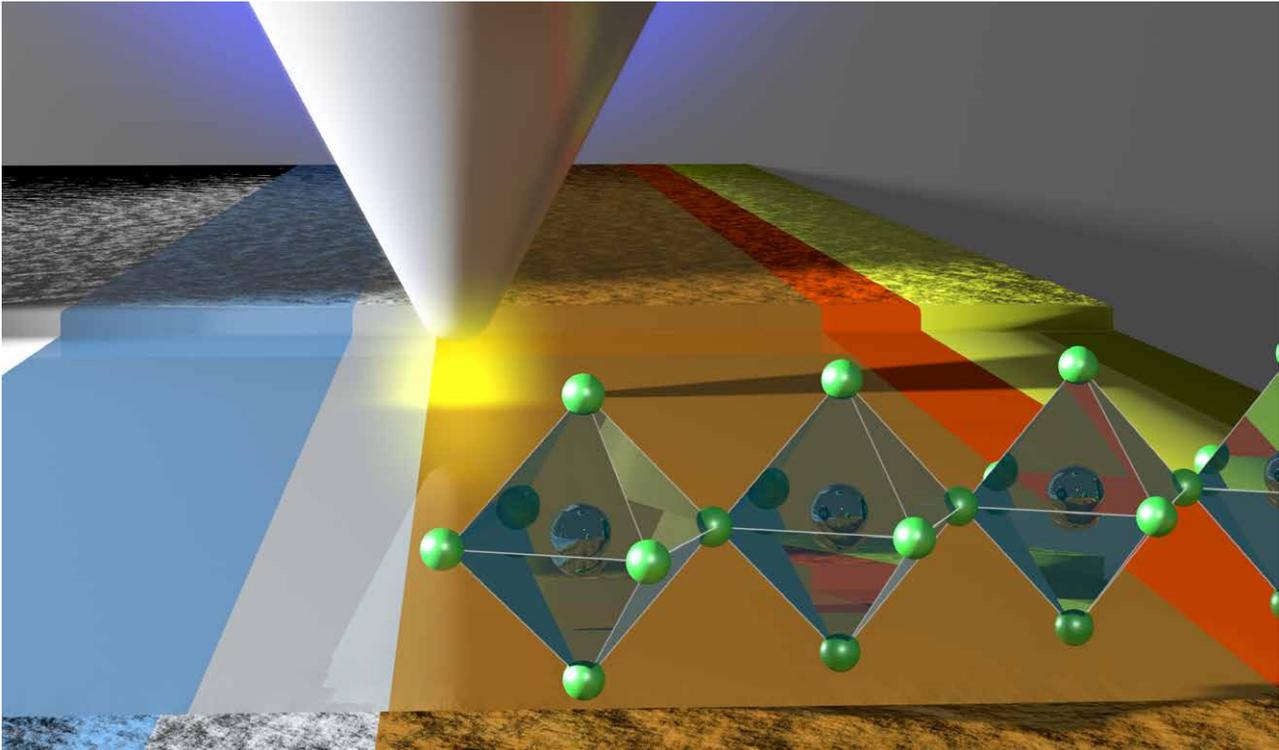
Stefan Weber studierte Physik an der Universität Konstanz. Für seine Doktorarbeit kam er 2007 ans Max-Planck-Institut für Polymerforschung, wo er in einem Deutsch-Koreanischen Graduiertenkolleg mit Kraftmikroskopie organische elektronische Materialien erforschte. Anschließend ging er ans University College Dublin, wo er sich mit hochauflösender Kraftmikroskopie an flüssig-festen Grenzflächen beschäftigte. Seit 2012 ist er Gruppenleiter am MPI und seit 2014 Juniorprofessor im Fachbereich Physik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Seit seiner Doktorarbeit beschäftigt er sich mit der Anwendung und Weiterentwicklung von Rasterelektronenmikroskopie. Damit möchte er grundlegende Mechanismen in Nanostrukturen verstehen, die z. B. in Solarzellenmaterialien vorkommen.

Was in einer Solarzelle passiert, wenn das Licht ausgeht, hängt stark vom verwendeten Material ab. In herkömmlichen Siliziumsolarzellen, wie man sie typischerweise auf Hausdächern oder in Taschenrechnern findet, ist die Antwort sehr einfach: der Strom, den die Zelle produziert, geht sofort auf Null zurück. Ganz anders ist dies in sogenannten Perowskitsolarzellen: Hier liefert die Zelle noch für einen kurzen Moment weiter Strom. Umgekehrt dauert es aber auch einen Moment, bis sie nach dem Einschalten des Lichts den vollen Strom liefert. Dieser ungewollte Effekt wird Hysterese genannt. Was genau hinter der Hysterese steckt, war bislang nur sehr unzureichend verstanden. Forscherinnen und Forscher um Stefan Weber konnten nun die in einer Perowskit-Solarzelle ablaufenden Prozesse mit hoher Präzision vermessen.

ARBEITSKREIS PROF. HANS-JÜRGEN BUTT

Perowskitsolarzellen elektrisieren derzeit die Solarzellenforscher: Dieses neue, billige und einfach zu verarbeitende Material hat nahezu ideale physikalische Eigenschaften für die Umwandlung von Licht in elektrischen Strom: Da es pechschwarz ist, reicht eine hauchdünne Schicht von weniger als einem tausendstel Millimeter aus, um das gesamte einfallende Sonnenlicht zu absorbieren. Gleichzeitig ist es ein sehr guter elektrischer Leiter, der die erzeugten elektrischen Ladungen schnell und effizient an die Kontakte und daran angeschlossene Geräte abgeben kann. So können Perowskitsolarzellen heute mit einer Effizienz von 22,7 % bei der Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie bereits die besten multikristallinen Siliziumsolarzellen übertreffen (22,3 %). Um die Effizienz weiter steigern zu können und um Perowskitsolarzellen fit für die Kommerzialisierung zu machen, ist es jedoch für die Forscher\_innen sehr wichtig, alle Prozesse zu verstehen, die in der Solarzelle beim Betrieb auftreten.

Gemeinsam mit Forscher\_innen der École polytechnique fédérale de Lausanne ist es der Gruppe um Stefan Weber und Rüdiger Berger gelungen, die Prozesse nach dem Ausschalten des Lichts



*Künstlerische Darstellung der Schicht-Struktur in einer Perovskitsolarzelle. Mit einer Spitze über der Oberfläche können die Spannungsverhältnisse in der Zelle gemessen werden. Vorne dargestellt ist die atomare Struktur des Perovskit-Materials.*

zu entschlüsseln. Dazu haben die Forscher Solarzellen gezielt in der Mitte durchgebrochen und auf einer kleinen, wenige millionstel Meter breiten Fläche glattpoliert. In einem Rasterkraftmikroskop haben sie dann eine dünne Metallspitze über der Querschnittsfläche der Solarzelle positioniert. Diese Metallspitze ist an ihrem Ende nur etwa 10 Nanometer breit – mehr als zehntausendmal dünner als ein menschliches Haar. Mit dieser als Kelvinsondenmikroskopie bekannten Methode konnten die Forscher die elektrische Spannung auf der polierten Querschnittsfläche unmittelbar unter der Spitze ausmessen. Mit einer eigens entwickelten Variante dieser Messtechnik konnten die Mainzer nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich hochauflösend den Spannungsverlauf in den einzelnen Schichten der Solarzelle vermessen.

Der Spannungsverlauf in der Solarzelle ist deshalb so interessant, weil er maßgeblich die Trennung der durch das Licht erzeugten elektrischen Ladungen beeinflusst: Aufgrund der elektrostatischen Kräfte wandern positive Ladungen zum Minuspol und negative Ladungen zum Pluspol der Spannung. Auf der beleuchteten Querschnittsfläche der Solarzelle entdeckten die Mainzer Wissenschaftler eine Ansammlung von Ladungen am Rand der Perovskitschicht, die auch nach dem Ab-

schalten des Lichts noch für einen kurzen Augenblick stabil war. „Diese Ladungen an den Grenzflächen des Perovskits spielen die Hauptrolle für die Hysterese, da sie auch nach dem Ausschalten des Lichts für etwa eine halbe Sekunde ein elektrisches Feld in der Zelle aufrecht erhalten“, sagt Stefan Weber. „Umgekehrt bedeutet das, dass Hysterese durch gezielte Modifikationen an diesen Grenzflächen beeinflusst oder ganz unterdrückt werden kann.“ Dies ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Anwendung von Perovskitsolarzellen. Ihre Ergebnisse haben die Forscher kürzlich in dem renommierten Journal *Energy Environmental Science* veröffentlicht.

#### ORIGINALPUBLIKATION

S. A. L. Weber, I. M. Hermes, S.-H. Turren-Cruz, C. Gort, V. W. Bergmann, L. Gilson, A. Hagfeldt, M. Grätzel, W. Tress, R. Berger: **How the Formation of Interfacial Charge Causes Hysteresis in Perovskite Solar Cells**, *Energy Environmental Science* (<http://dx.doi.org/10.1039/C8EE01447G>)

# DAS GEHEIMNIS DER SOJABOHNNE



## ÜBER THOMAS VILGIS

Thomas Vilgis studierte Physik und Mathematik in Ulm. Für die darauf folgende Promotion wechselte er ans Cavendish-Laboratorium in Cambridge. Im Jahr 1990 habilitierte er sich an der Universität Mainz, wohn er auch 1996 als Professor berufen wurde. Seit 1985 ist er Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz.

Neben seiner Forschung ist Thomas Vilgis bekannt für seine zahlreichen Buchpublikationen auf dem Gebiet der physikalischen und chemischen Aspekte des Essens und gerngesehener Gast in Radio- und Fernsehbeiträgen. Sein „Journal Culinaire“, bei dem er als Herausgeber fungiert, wurde unlängst beim „World Cookbook Award“ als „Best of the World – 2. Platz“ ausgezeichnet.

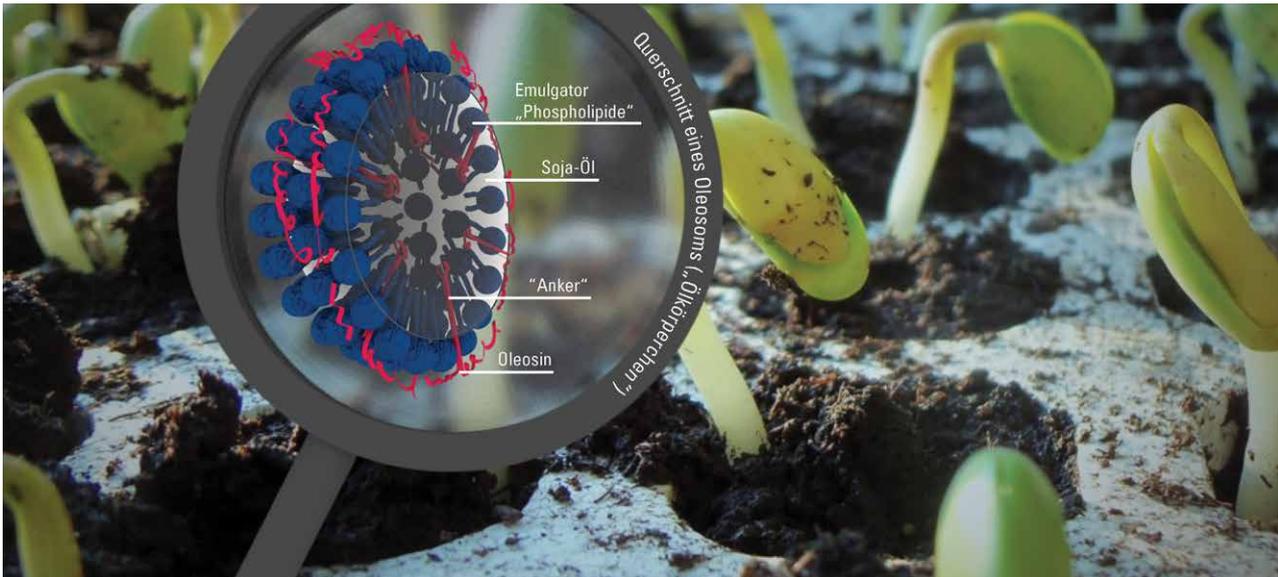
Forscherinnen und Forscher der Food-Science-Gruppe um Thomas Vilgis haben mit Hilfe von Neutronenstreuung kleine Ölkörper in Sojabohnen untersucht. Diese dienen der Bohne beim Keimen und Wachsen als Energielieferant, werden aber auch bei der Herstellung von Sojaölen verwendet. Mit ihren Untersuchungen haben die Wissenschaftler\_innen die Struktur und damit die mechanische Stabilität dieser Ölkörperchen näher untersucht. Eine mögliche Anwendung ihrer Forschungsergebnisse liegt in der Herstellung neuer und innovativer Lebensmittel auf natürlicher Basis.

ARBEITSKREIS PROF. KURT KREMER

Wasser und Öl vermischen sich nicht – dies ist eine Erfahrung des täglichen Lebens. Um Wasser mit Öl zu mischen, bedarf es sogenannter „Emulgatoren“. Ein solcher ist das ebenfalls in der Sojapflanze vorliegende Molekül „Lecithin“ (ein Phospholipid): Das langkettige Molekül besitzt einen wasserliebenden sowie einen wasserabweisenden (und damit fettliebenden) Teil. Das Molekül ordnet sich um Öltröpfchen herum an und schließt diese im Inneren einer Kugel ein. Der fettliebende Teil schaut hierbei nach innen zum Öl. Da das Molekül nach außen hin wasserliebend ist, können also kleine Ölkörperchen – bestehend aus der Emulgatorhülle sowie dem öligen Inneren – in Wasser gelöst werden. Diese Ölkörperchen nennen sich Oleosome.

Rein über das Vorhandensein des Emulgators Phospholecitin ist jedoch nicht erklärbar, warum Oleosome eine lange Zeit stabil in der Sojapflanze vorliegen können. „Schon kleine Temperaturschwankungen und Erschütterungen müssten Oleosome eigentlich zerstören – und die Pflanze würde sterben“, so Vilgis. Daher schafft die Natur durch spezielle Proteine, sogenannter Oleosine, einen Stabilitätsbonus. Diese Oleosine ragen mit ihrem langgestreckten und eng-haarnadelförmigen Mittelteil wie Anker tief in die Ölphase, während sich zwei wasserliebende Ärmchen schützend über die Phospholipide ausbreiten. Zudem sind diese wasserliebenden Ärmchen elektrisch geladen. Damit ergibt sich für die nur wenige hundert Nanometer großen Oleosome eine zwiebelartige Schichtstruktur, die aus den Enden der ins Wasser ragenden Proteinärmchen, den darunterliegenden Phospholipiden, den ins Öl ragenden Proteinankern und dem Ölkern selbst besteht.

Für die Wissenschaftler\_innen der Mainzer „soft matter food physics“-Gruppe standen diese in der Natur vorkommenden Nanopartikel schon seit längerem im Fokus der Forschung, aber die genaue



Ölkörperchen bei Sojabonen. Im Inneren einer nanometergroßen Kugel befindet sich Öl, umrandet von Phospholipiden (blau). Das Protein Oleosin (pink) bildet eine zusätzliche Schutzschicht, welche für die hohe mechanische Stabilität des Oleosoms sorgt, indem es mit seinem Anker tief in das Öl eindringt.

Struktur der Oleosome war bisher unbekannt. Aufklärung brachte erst eine genaue Analyse über Kleinwinkelneutronenstreuung. Dazu wurden an den Forschungsreaktoren in Grenoble und Oxford Neutronen auf die Nanopartikel geschossen und aus deren Ablenkung Rückschlüsse über die Struktur der Partikel geschlossen.

Möglich wird dies durch Kontrastvariationsverfahren mit Mischungen von unterschiedlichen Konzentrationen aus „schwerem Wasser“ (dessen Wasserstoffatome durch Deuterium ersetzt wurden) und „normalem Wasser“. Die Neutronen werden von Deuterium und Wasserstoff vollkommen unterschiedlich abgelenkt, was mit der sogenannten Streulänge beschrieben wird. Diese hat sogar für Deuterium und Wasserstoff ein unterschiedliches Vorzeichen. Somit lassen sich, ähnlich wie bei der Wahl entsprechender Brechungsindizes in der Optik, verschiedene Schichten des Oleosoms selektiv für die Neutronen aus- und einblenden. Aus den Mustern der gestreuten Neutronen lassen sich damit Struktur und Größe der Ölkörperchen bestimmen.

Die Forscherinnen und Forscher konnten den Durchmesser der Oleosome auf 278 Nanometer bestimmen. Die äußere Schicht, der ins Wasser ragenden Proteinärmchen zeigt sich mit 9 Nanometern dabei dicker als bisher angenommen. Grund dafür sind die darauf vorhandenen positiv elektrischen Ladungen: Wegen deren Abstoßung bleibt nur der Ausweg in die wässrige Umgebung der Zelle und damit weg vom Oleosom. Auch die Temperaturstabilität der Ölkörperchen bis zu 90 °C konnte über die Neutronenstrommessungen direkt verifiziert werden.

Aus der genauen Kenntnis der Struktur der Nanopartikel aus der Sojabohne ergeben sich eine ganze Reihe gezielter Anwendungen: Mit derartigen natürlichen Nanopartikeln lassen sich gezielt wasser- und fettlösliche Nährstoffe platzieren und transportieren. Während öllösliche Nährstoffe (z. B. Vitamine) in das Innere der Partikel geschleust werden können, lassen sich wasserlösliche Stoffe an deren Oberfläche anhaften. Möglich wird dies durch die elektrisch geladenen Oleosine, deren Ladung sich über den pH-Wert steuern lässt. Die Oleosome sind in saurer Umgebung positiv, in basischer Umgebung negativ geladen. Damit lassen sich die Nanopartikel auch auf eine vielfältige Weise mit Biopolymeren jeweils gegensätzlicher Ladung „verkapseln“. Dies wurde in der Vergangenheit z. B. bereits mit Pektin – einem bekannten Zucker und Geliermittel – durchgeführt. Auch hier konnte die Schichtdicke des Pektins mit Neutronenstreuung gemessen werden. Damit sind neue Formen von pflanzlichen Lebensmitteln auf Oleosombasis denkbar. Des Weiteren beschränken sich die Erkenntnisse nicht auf Sojabohnen, sie lassen sich auf die Oleosome anderer Ölsaaten (Haselnüsse, Leinsamen, ...) erweitern. Neue Ansätze, z. B. für die geriatrische Ernährung lassen sich damit ebenfalls realisieren.

#### ORIGINALPUBLIKATION

B. I. Zielbauer, A. J. Jackson, S. Maurer, G. Waschatko, M. Ghebremedhin, S. E. Rogers, R. K. Heenan, L. Porcar, T. A. Vilgis: **Soybean oleosomes studied by small angle neutron scattering (SANS)**, *Journal of Colloid and Interface Science* (<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.05.080>)

# NANO-3D-DRUCKEN FÜR MEDIZINISCHE ANWENDUNGEN



## ÜBER DAVID NG

David Ng wurde in Singapur geboren. Er studierte Chemie an der National University of Singapore. Anschließend schloss er 2014 unter der Leitung von Prof. Tanja Weil, gefördert von der Universität Ulm und dem MPI-P, seinen Dr. rer. nat. mit summa cum laude ab. Nach einem kurzen Aufenthalt an der Universität Ulm als Nachwuchsgruppenleiter wechselte er 2016 zum MPI-P als Gruppenleiter im Arbeitskreis „Synthese von Makromolekülen“. Im Jahr 2019 wird er in der Ausgabe von ChemBioTalents (Wiley VCH) als eine der aufstrebenden „Schlüsselpersonen, die die Zukunft der Forschung an der Schnittstelle von Chemie und Biologie prägen werden“, vorgestellt.

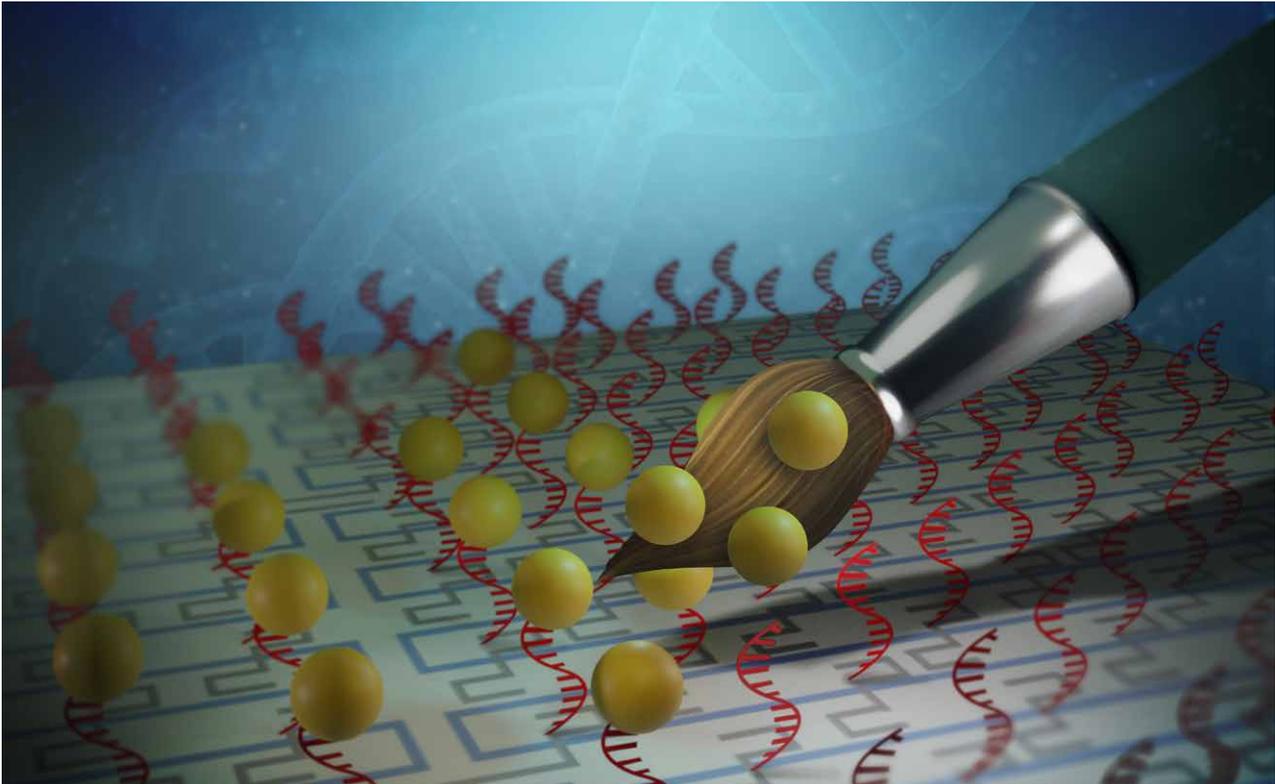
Personalisierte Wirkstoffabgabe oder nanometergroße robotische Systeme könnten ein Schlüsselkonzept für zukünftige medizinische Anwendungen darstellen. In diesem Zusammenhang haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um David Ng (Arbeitskreis Prof. Tanja Weil) kürzlich eine Technologie entwickelt, um die Formen von Polymeren und polymeren Nanopartikeln mit Hilfe von DNA-Molekülen zu steuern. Sowohl in 2D als auch in 3D können präzise Muster von Strukturen aus biokompatiblen Polymermaterialien basierend auf einer aus DNA bestehenden Vorlage entworfen und konstruiert werden.

## ARBEITSKREIS PROF. TANJA WEIL

Im Bereich von einem Millionstel Millimeter, dem Größenbereich eines Virus, werden synthetische Nanomaterialien als nächster Meilenstein in der Medizintechnik erwartet. Partikel dieser Größe sind in der Lage, sich gut im menschlichen Körper zu verbreiten und gleichzeitig der Ausfilterung durch die Niere zu entgehen. Sei es die „magische Medikamentenkapsel“ oder den Bau von „Nanomaschinen“ besteht die primäre Einschränkung in der Fähigkeit, Materialien innerhalb dieses Größenregimes zu manipulieren und zu formen. Ohne spezifische Techniken zur Anpassung und Kontrolle der Formen ist ein Vorantreiben der Forschung in diesem Gebiet schwierig.

Mit DNA quasi als Gussform und Dopamin/Polyethylenglykol als Material haben die Wissenschaftler\_innen eine Technologie entwickelt, um verschiedene polymere Formen mit einer Auflösung herzustellen, die in der Nanotechnologie bisher als äußerst schwierig erachtet wurde. Während das ungiftige Polyethylenglykol bereits in der Kosmetik oder in medizinischen Anwendungen weit verbreitet ist, ist Dopamin ein Neurotransmitter, der natürlich im menschlichen Körper vorkommt. Mit diesen biokompatiblen Komponenten ist ein Prototyp zum Bedrucken von 2D- und 3D-Nanopartikeln mit unterschiedlichen Mustern möglich geworden.

Die Wissenschaftler\_innen leiteten die Technik von DNA Origami ab, einem Verfahren, das DNA-Stränge in unterschiedliche Formen verwickelt. Sie stellten rechteckige DNA-Blätter mit einer Größe



Wissenschaftler um David Ng haben ein Verfahren entwickelt, um verschiedene Ankerpunkte auf einem DNA-Molekül zu adressieren, auf dem selektiv Polymere befestigt werden können.

von 100 Nanometer auf 70 Nanometer her und fügten molekulare Anker hinzu, die als adressierbare Ankerpunkte für das Wachstum von Polymeren dienen. Da diese Anker in jedem beliebigen Muster auf dem DNA-Blatt positioniert werden können, kann die Form des Polymerwachstums basierend auf der Anordnung festgelegt werden. Als Beweis der Funktionsfähigkeit dieses Konzeptes wurden Polymerstrukturen wie Linien und Kreuze aus den DNA/Ankerpositionen am Origami geformt und im letzten Schritt wieder von dem DNA-Material abgelöst.

Auf der Grundlage dieser Technologie gingen die Wissenschaftler\_innen noch einen Schritt weiter, indem sie das DNA-Rechteck zu einem Zylinder rollten und so die Positionierung der Anker im dreidimensionalen Raum ermöglichten. Mit diesem Zylindermodell strukturierten sie die Innenkontur mit Polydopamin und dekorierten die Außenfläche in einem schrittweisen Prozess mit Polyethylenglykol. Auf diese Weise zeigen sie, dass die inneren und äußeren Eigenschaften des Zylinders unabhängig voneinander festgelegt werden können, was zur Fähigkeit führt, dreidimensionale Präzisionskomponenten z. B. für Nanomaschinen herzustellen.

In Zukunft wollen die Wissenschaftler\_innen gemeinsam mit Experten aus der Medizintechnik Medikamente in

diese synthetischen Nanoformen füllen, wobei jeder von ihnen im menschlichen Körper abhängig von der Form anders transportiert wird. Ziel ist es, den Einfluss von Form und Position biologisch aktiver Moleküle zu verstehen und anzuwenden, um eine neue Generation der Nanomedizin zu schaffen.

#### ORIGINALPUBLIKATIONEN

Y. Tokura, S. Harvey, C. Chen, Y. Wu, D. Y. W. Ng, T. Weil: **Fabrication of Defined Polydopamine Nanostructures by DNA Origami-Templated Polymerization**, *Angewandte Chemie* (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.201711560>)

Y. Tokura, S. Harvey, X. M. Xu, C. Chen, S. Morsbach, K. Wunderlich, G. Fytas, Y. Wu, D. Y. W. Ng, T. Weil: **Polymer tube nanoreactors via DNA-origami templated synthesis**, *Chemical Communications* (<https://doi.org/10.1039/c7cc09620h>)

# MIT TROJANISCHEM PFERD GEGEN KRANKHEITEN BEI WEINREBEN



## ÜBER FREDERIK WURM

Frederik Wurm wurde in Wiesbaden geboren und studierte Chemie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und der Universität Toronto. Nach seiner Doktorarbeit im Jahr 2009 und eines Postdoktorats als Feodor-Lynen Fellow an der École Polytechnique Fédérale in Lausanne wurde er im November 2011 Gruppenleiter am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz im Arbeitskreis von Prof. Katharina Landfester. Seine Forschung umfasst die Herstellung bioabbaubarer Polymere und Nanoträger. Er wurde kürzlich mit dem Dozentenpreis des Fonds der deutschen Chemischen Industrie ausgezeichnet.

Die Pilzkrankheit „Esca“ befällt Weinreben und führt zu einem Absterben der Pflanzen. Ein Befall kann auch Jahre vor den ersten äußeren Anzeichen stattfinden, was eine frühzeitige Behandlung nahezu unmöglich macht. Jährlich entsteht so weltweit ein Schaden von über einer Milliarde Euro. In unserer Forschung haben wir eine auf Nanotechnologie basierende Behandlungsmethode entwickelt, die den Pilz im Inneren der Weinrebe bekämpfen kann.

## ARBEITSKREIS PROF. KATHARINA LANDFESTER

Sommer in den Weinbergen: Die Blätter von Reben sind braun verfärbt, hängen verwelkt herunter. Dieses Bild zeigt sich immer mehr auch in heimischen Weinbergen – über ein Prozent aller Weinstöcke werden jährlich von der Krankheit Esca neu infiziert. Die Tendenz ist steigend.

Über Esca wird schon in Schriften aus dem Altertum berichtet: Eine Krankheit, die Rebstöcke von innen zersetzt. Der Name Esca stammt aus dem Lateinischen und bedeutet „Zunder“ – ein Hinweis auf die schwammige Konsistenz des Holzes, nachdem der Pilz zugeschlagen hat. Zunächst hat sich die Krankheit nur in den wärmeren, südlichen Weinbauregionen ausgebreitet, ist aber zunehmend auch in unseren Breitengraden zu finden.

## ZERSETZUNG VON INNEN HERAUS

Neuere Untersuchungen zeigen, dass es sich bei Esca nicht um einen bestimmten Pilz handelt, sondern um eine Mischung verschiedener Pilzarten. Diese können vor allem über Verletzungen der Pflanzen, wie Schnittflächen, eindringen. Einmal in der Pflanze, breiten sie sich über Jahre unbemerkt aus. Hierbei haben sie es auf einen bestimmten Bestandteil des Holzes abgesehen: Dieses besteht aus Zellulose, welche unter anderem bei der Herstellung von Papier eingesetzt wird, und Lignin. Lignin – der Bestandteil, welcher für die Festigkeit des Holzes sorgt – ist für einen der bei der Esca-Krankheit beteiligten Pilze das Hauptnahrungsmittel: Er zerstört das Lignin, wodurch das Holz der Rebe



*Über ein Plastikgefäß wird die Nanoteilchen-Dispersion direkt in die Rebe injiziert.*

an Festigkeit verliert und eine schwammige Konsistenz erhält. Das Resultat: Der Weinstock stirbt ab. Pflanzenschutzmittel – sogenannte Fungizide – die gegen die Pilze wirksam sind, existieren zwar, können der schleichenden Ausbreitung der Krankheit aus dem Inneren der Pflanze heraus aber nicht entgegenwirken, da sie typischerweise in der Landwirtschaft nur von außen gespritzt werden. Der Regen wäscht die Fungizide dann rasch wieder weg.

#### **TROJANISCHE PFERDE IN DER NANOTECHNOLOGIE**

In unserer Forschung haben wir uns zum Ziel gesetzt, ein auf Nanotechnologie basierendes Mittel gegen die Krankheit zu entwickeln. Hierfür haben wir im Labor kleine Partikel hergestellt, die nur ca. 100 Nanometer groß sind und mit dem Fungizid befüllt werden. Der Trick hierbei: Die Partikel bestehen aus Lignin – dem gleichen Stoff, der in den Weinstöcken von der Krankheit zersetzt wird. Wir bekämpfen die Pilze also sozusagen mit einem trojanischen Pferd: Die Pilze zersetzen die Struktur unserer Nanoteilchen und setzen hierbei das Fungizid frei, welches dann die Pilze zerstört.

Für die Behandlung werden die Stämme der Weinreben angebohrt und über einen kleinen Behälter mit einer wässrigen Dispersion befüllt, die die Nanoteilchen enthält. So

werden diese Wirkstoffträger direkt in den Wasserkreislauf der Pflanze eingebracht. Befallene Reben können so behandelt werden und sich wieder von der Krankheit erholen. Die Behandlung kann auch als eine Art „schlafende Prävention“ gesehen werden: Da die Krankheit zunächst einige Jahre unerkannt in der Rebe vorhanden sein kann, ist es wichtig, auch gesunde und vermeintlich gesunde Reben präventiv zu behandeln – dies soll sie vor einem Befall schützen. Ist die Rebe in einem Frühstadium befallen, so wird das Fungizid freigesetzt, wenn die Pflanze dagegen völlig gesund ist, ruht das Fungizid in den Nanoteilchen in der Pflanze.

#### **ERSTE TESTS: ERFOLGSVERSPRECHEND!**

In einer ersten Testreihe in Kooperation mit dem Institut für Biotechnologie und Wirkstoffforschung (IBWF) in Kaiserslautern sowie dem Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz (DLR) in Neustadt an der Weinstraße wurde im Jahr 2014 ein erster Forschungsweinberg mit den Nanoteilchen behandelt: In mehrere Rebstöcke wurden die Nanoteilchen-Dispersion injiziert. Seitdem wurden in den darauffolgenden Jahren verschiedene Rebsorten, Reben verschiedenen Alters und Reben in unterschiedlichen Lagen behandelt. Insgesamt wurde die Nanopartikel-Dispersion bereits in mehr als 400 unterschiedliche Rebstöcke injiziert. Hiermit wollen wir

auch untersuchen, wie unsere Behandlung bei verschiedenen Stadien der Krankheit wirksam ist.

Die Reben wurden in den darauffolgenden Jahren systematisch überwacht: Sind sie von Pilzen befallen? Wie stark sind die verbliebenen Symptome?

Im Vergleich zur Referenzmessung – also den mit einem Placebo behandelten Weinreben – haben unsere Forschungsergebnisse gezeigt, dass viele Rebstöcke nach einer einmaligen Injektion wesentlich geringere Krankheitssymptome zeigten. Dabei kommt es aber sowohl auf das Alter der Reben wie auch auf das Stadium der Krankheit bei Beginn der Behandlung an. Da die Pilze den Stamm „auflösen“, muss früh gehandelt werden, je früher desto besser, denn totes Gewebe kann nicht wieder zum Leben erweckt werden. Die Studien sind nun im Langzeitmodus, d.h. die behandelten Pflanzen werden weiterhin beobachtet, um festzustellen, ob eine weitere Injektion nötig ist.

Unsere Behandlungsmethode hat bereits Erfolge gezeigt: Der im Jahr 2014 behandelte Weinberg war 2018 quasi ohne Symptome. Des Weiteren haben wir zuletzt Jungpflanzen behandelt – also Reben, die noch nicht von der Krankheit befallen sind. Diese 2018 gestartete Lang-

zeitstudie soll genauer darüber Aufschluss geben, wie effektiv unsere Behandlung auch präventiv einsetzbar ist.

#### **GESUNDHEITLICH UNBEDENKLICH!**

Das verwendete und auch zugelassene Pflanzenschutzmittel wird in der Landwirtschaft über Weinberge und andere Agrarflächen versprüht, somit ist die grundsätzliche Gefahr als gering einzustufen. Überdies ist die Menge des Fungizids in den Nanoteilchen um Größenordnungen geringer als eine konventionelle Sprühmethode, was die potenzielle Belastung der Früchte weiter verringert. Weiterhin haben unsere neuesten Untersuchungen der Trauben solcher behandelten Weinreben gezeigt, dass keine messbaren Rückstände des Mittels in den Trauben ankommen.

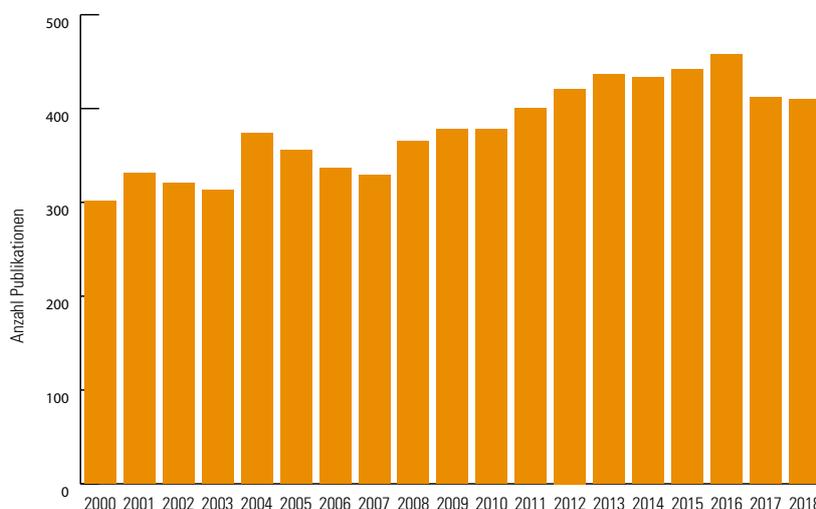
#### **PATENTANMELDUNG**

F. Wurm, K. Landfester, D. Yiamsawas, E. Thines, J. Fischer: **Lignin biomaterial as agricultural drug carrier (WO2017134308A1)**



# PUBLIKATIONSSTATISTIK

Die Ergebnisse der am MPI-P durchgeführten Grundlagenforschung werden größtenteils bei peer-reviewed Journals eingereicht. Im Jahr 2018 wurden über 400 Publikationen, teilweise in Kooperation mit anderen Universitäten und Forschungseinrichtungen, veröffentlicht. Damit befindet sich die Anzahl der Publikationen, verglichen mit den vorangegangenen Jahren, auf einem gleichbleibenden und hohen Stand.



Die internationale Ausrichtung und Kooperation des Instituts spiegelt sich beim Blick auf die an den Publikationen beteiligten Institutionen nochmals wieder. Aufgrund der räumlichen Nähe zur benachbarten Universität und des thematischen

Überlapps sind über 70 der wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Kooperation zwischen MPI-P und JGU entstanden. Mit insgesamt 27 gemeinsamen Veröffentlichungen

folgt direkt im Anschluss die Chinesische Wissenschaftsakademie, danach mit 22 bzw. 16 Publikationen die Technischen Universitäten Dresden bzw. Lodz.



Anzahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen mit ausgewählten nationalen und internationalen Partnern. Die Grafik zeigt die elf Forschungseinrichtungen, mit denen am häufigsten kooperiert wurde.

# AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

## ARBEITSKREIS PROF. PAUL BLOM

---

M. Ghittorelli, L. Lingstedt, P. Romele, N. I. Craciun, Z. M. Kovacs-Vajna, P. W. M. Blom and F. Torricelli: [High-sensitivity ion detection at low voltages with current-driven organic electrochemical transistors](#), NATURE COMMUNICATIONS 9, 1441 (2018)

---

Y. Ie, K. Morikawa, W. Zajaczkowski, W. Pisula, N. B. Kotadiya, G.-J. A. H. Wetzelaer, P. W. M. Blom and Y. Aso: [Enhanced Photovoltaic Performance of Amorphous Donor-Acceptor Copolymers Based on Fluorine-Substituted Benzodioxocyclohexene-Annulated Thiophene](#), ADVANCED ENERGY MATERIALS 8(13), 1702506 (2018)

---

N. B. Kotadiya, H. Lu, A. Mondal, Y. Ie, D. Andrienko, P. W. M. Blom and G.-J. A. H. Wetzelaer: [Universal strategy for Ohmic hole injection into organic semiconductors with high ionization energies](#), NATURE MATERIALS 17(4), 4 (2018)

---

N. B. Kotadiya, A. Mondal, S. Xiong, P. W. M. Blom, D. Andrienko and G.-J. A. H. Wetzelaer: [Rigorous Characterization and Predictive Modeling of Hole Transport in Amorphous Organic Semiconductors](#), ADVANCED ELECTRONIC MATERIALS 4(12), 1800366 (2018)

---

M. Li, D. K. Mangalore, J. Zhao, J. H. Carpenter, H. Yan, H. Ade, H. Yan, K. Muellen, P. W. M. Blom, W. Pisula, D. M. de Leeuw and K. Asadi: [Integrated circuits based on conjugated polymer monolayer](#), NATURE COMMUNICATIONS 9, 451 (2018)

---

Q. Niu, N. I. Craciun, G.-J. A. H. Wetzelaer and P. W. M. Blom: [Origin of Negative Capacitance in Bipolar Organic Diodes](#), PHYSICAL REVIEW LETTERS 120(11), 116602 (2018)

---

Q. Niu, R. Rohloff, G.-J. A. H. Wetzelaer, P. W. M. Blom and N. I. Craciun: [Hole trap formation in polymer light-emitting diodes under current stress](#), NATURE MATERIALS 17(6), 6 (2018)

---

A. G. Ricciardulli, S. Yang, G.-J. A. H. Wetzelaer, X. Feng and P. W. M. Blom: [Hybrid Silver Nanowire and Graphene-Based Solution-Processed Transparent Electrode for Organic Optoelectronics](#), ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS 28(14), 1706010 (2018)

---

A.-K. Schoenbein, J. Kind, C. M. Thiele and J. J. Michels: [Full Quantification of the Light-Mediated Gilch Polymerization](#), MACROMOLECULES 51(12), 12 (2018)

---

K. Zhang, T. Marszalek, P. Wucher, Z. Wang, L. Veith, H. Lu, H.-J. Raeder, P. M. Beaujuge, P. W. M. Blom and W. Pisula: [Crystallization Control of Organic Semiconductors during Meniscus-Guided Coating by Blending with Polymer Binder](#), ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS 28(50), 1805594 (2018)

---

S. A. Bretschneider, I. Ivanov, H. I. Wang, K. Miyata, X. Zhu and M. Bonn: [Quantifying Polaron Formation and Charge Carrier Cooling in Lead-Iodide Perovskites](#), *ADVANCED MATERIALS* **30**(29), 1707312 (2018)

R. Dong, P. Han, H. Arora, M. Ballabio, M. Karakus, Z. Zhang, C. Shekhar, P. Adler, P. St Petkov, A. Erbe, S. C. B. Mannsfeld, C. Felser, T. Heine, M. Bonn, X. Feng and E. Canovas: [High-mobility band-like charge transport in a semiconducting two-dimensional metal-organic framework](#), *NATURE MATERIALS* **17**(11), 11 (2018)

L. B. Dreier, Y. Nagata, H. Lutz, G. Gonella, J. Hunger, E. H. G. Backus and M. Bonn: [Saturation of charge-induced water alignment at model membrane surfaces](#), *SCIENCE ADVANCES* **4**(3), eaap7415 (2018)

M. Grechko, S. A. Bretschneider, L. Vietze, H. Kim and M. Bonn: [Vibrational Coupling between Organic and Inorganic Sublattices of Hybrid Perovskites](#), *ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION* **57**(41), 41 (2018)

H. A. Hafez, S. Kovalev, J.-C. Deinert, Z. Mics, B. Green, N. Awari, M. Chen, S. Germanskiy, U. Lehnert, J. Teichert, Z. Wang, K.-J. Tielrooij, Z. Liu, Z. Chen, A. Narita, K. Muellen, M. Bonn, M. Gensch and D. Turchinovich: [Extremely efficient terahertz high-harmonic generation in graphene by hot Dirac fermions](#), *NATURE* **561**(7724), 7724 (2018)

D. Mozhdehi, K. M. Luginbuhl, J. R. Simon, M. Dzuricky, R. Berger, H. S. Varol, F. C. Huang, K. L. Buehne, N. R. Mayne, I. Weitzhandler, M. Bonn, S. H. Parekh and A. Chilkoti: [Genetically encoded lipid-polypeptide hybrid biomaterials that exhibit temperature-triggered hierarchical self-assembly](#), *NATURE CHEMISTRY* **10**(5), 5 (2018)

F. Tang, T. Ohto, T. Hasegawa, W. J. Xie, L. Xu, M. Bonn and Y. Nagata: [Definition of Free O–H Groups of Water at the Air–Water Interface](#), *JOURNAL OF CHEMICAL THEORY AND COMPUTATION* **14**(1), 1 (2018)

K.-J. Tielrooij, N. C. H. Hesp, A. Principi, M. B. Lundberg, E. A. A. Pogna, L. Banszerus, Z. Mics, M. Masicotte, P. Schmidt, D. Davydovskaya, D. G. Purdie, I. Goykhman, G. Soavi, A. Lombardo, K. Watanabe, T. Taniguchi, M. Bonn, D. Turchinovich, C. Stampfer, A. C. Ferrari, G. Cerullo, M. Polini and F. H. L. Koppens: [Out-of-plane heat transfer in van der Waals stacks through electron-hyperbolic phonon coupling](#), *NATURE NANOTECHNOLOGY* **13**(1), 1 (2018)

A. Tomadin, S. M. Hornett, H. I. Wang, E. M. Alexeev, A. Candini, C. Coletti, D. Turchinovich, M. Klauui, M. Bonn, F. H. L. Koppens, E. Hendry, M. Polini and K.-J. Tielrooij: [The ultrafast dynamics and conductivity of photoexcited graphene at different Fermi energies](#), *SCIENCE ADVANCES* **4**(5), eaar5313 (2018)

B. Weber, Y. Nagata, S. Ketzetzi, F. Tang, W. J. Smit, H. J. Bakker, E. H. G. Backus, M. Bonn and D. Bonn: [Molecular Insight into the Slipperiness of Ice](#), *JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS* **9**(11), 11 (2018)

## ARBEITSKREIS PROF. HANS-JÜRGEN BUTT

---

N. Gao, F. Geyer, D. W. Pilat, S. Wooh, D. Vollmer, H.-J. Butt and R. Berger: [How drops start sliding over solid surfaces](#), NATURE PHYSICS 14(2), 2 (2018)

---

H. Teisala, F. Geyer, J. Haapanen, P. Juuti, J. M. Makela, D. Vollmer and H.-J. Butt: [Ultrafast Processing of Hierarchical Nanotexture for a Transparent Superamphiphobic Coating with Extremely Low Roll-Off Angle and High Impalement Pressure](#), ADVANCED MATERIALS 30(14), 1706529 (2018)

---

Y. Yao, H.-J. Butt, J. Zhou, M. Doi and G. Floudas: [Capillary Imbibition of Polymer Mixtures in Nanopores](#), MACROMOLECULES 51(8), 8 (2018)

---

H. Kim, Y. Cang, E. Kang, B. Graczykowski, M. Secchi, M. Montagna, R. D. Priestley, E. M. Furst and G. Fytas: [Direct observation of polymer surface mobility via nanoparticle vibrations](#), NATURE COMMUNICATIONS 9(4), 2918 (2018)

---

S. A. L. Weber, I. M. Hermes, S.-H. Turren-Cruz, C. Gort, V. W. Bergmann, L. Gilson, A. Hagfeldt, M. Graetzel, W. Tress and R. Berger: [How the formation of interfacial charge causes hysteresis in perovskite solar cells](#), ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE 11(9), 9 (2018)

---

C. Xie, W. Sun, H. Lu, A. Kretzschmann, J. Liu, M. Wagner, H.-J. Butt, X. Deng and S. Wu: [Reconfiguring surface functions using visible-light-controlled metal-ligand coordination](#), NATURE COMMUNICATIONS 9(12), 3842 (2018)

---

I. M. Hermes, Y. Hou, V. W. Bergmann, C. J. Brabec and S. A. L. Weber: [The Interplay of Contact Layers: How the Electron Transport Layer Influences Interfacial Recombination and Hole Extraction in Perovskite Solar Cells](#), JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS 9(21), 21 (2018)

---

I. Negwer, A. Best, M. Schinnerer, O. Schaefer, L. Capelo, M. Wagner, M. Schmidt, V. Mailaender, M. Helm, M. Barz, H.-J. Butt and K. Koynov: [Monitoring drug nanocarriers in human blood by near-infrared fluorescence correlation spectroscopy](#), NATURE COMMUNICATIONS 9, 5306 (2018)

---

H. Li, M. Bier, J. Mars, H. Weiss, A.-C. Dippel, O. Gutowski, V. Honkimaeki and M. Mezger: [Interfacial premelting of ice in nano composite materials](#), PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 21(7), 7 (2019)

---

F. Schellenberger, P. Papadopoulos, M. Kappl, S. A. L. Weber, D. Vollmer and H.-J. Butt: [Detaching Microparticles from a Liquid Surface](#), PHYSICAL REVIEW LETTERS 121(4), 048002 (2018)

---

## ARBEITSKREIS PROF. KURT KREMER

---

H.-P. Hsu and K. Kremer: [Primitive Path Analysis and Stress Distribution in Highly Strained Macromolecules](#), ACS MACRO LETTERS 7(1), 1 (2018)

---

J. Martin, E. C. Davidson, C. Greco, W. Xu, J. H. Bannock, A. Agirre, J. de Mello, R. A. Segalman, N. Stingelin and K. C. Daoulas: [Temperature-Dependence of Persistence Length Affects Phenomenological Descriptions of Aligning Interactions in Nematic Semiconducting Polymers](#), CHEMISTRY OF MATERIALS 30(3), 3 (2018)

---

N. B. Kotadiya, H. Lu, A. Mondal, Y. Ie, D. Andrienko, P. W. M. Blom and G.-J. A. H. Wetzelaer: [Universal strategy for Ohmic hole injection into organic semiconductors with high ionization energies](#), NATURE MATERIALS 17(4), 4 (2018)

---

M. Heidari, K. Kremer, R. Cortes-Huerta and R. Potesio: [Spatially Resolved Thermodynamic Integration: An Efficient Method To Compute Chemical Potentials of Dense Fluids](#), JOURNAL OF CHEMICAL THEORY AND COMPUTATION 14(7), 7 (2018)

---

B. I. Zielbauer, A. J. Jackson, S. Maurer, G. Waschatko, M. Ghebremedhin, S. E. Rogers, R. K. Heenan, L. Porcar and T. A. Vilgis: *Soybean oleosomes studied by small angle neutron scattering (SANS)*, JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE **529**(50), 1805594 (2018)

B. Joshi, S. Beccard and T. A. Vilgis: *Fractals in crystallizing food systems*, CURRENT OPINION IN FOOD SCIENCE **21**(SI), SI (2018)

M. Heidari, K. Kremer, R. Potestio and R. Cortes-Huerto: *Finite-size integral equations in the theory of liquids and the thermodynamic limit in computer simulations*, MOLECULAR PHYSICS **116**(21-22, SI), 21-22, SI (2018)

P. Heimel, A. Mondal, F. May, W. Kowalsky, C. Lennartz, D. Andrienko and R. Lovrincic: *Unicolored phosphor-sensitized fluorescence for efficient and stable blue OLEDs*, NATURE COMMUNICATIONS **9**(4), 4990 (2018)

C. Liu, K. Kremer and T. Bereau: *Polymorphism of Syndiotactic Polystyrene Crystals from Multiscale Simulations*, ADVANCED THEORY AND SIMULATIONS **1**(7), 1800024 (2018)

G. Zhang, A. Chazirakis, V. A. Harmandaris, T. Stuehn, K. C. Daoulas and K. Kremer: *Hierarchical modelling of polystyrene melts: from soft blobs to atomistic resolution*, SOFT MATTER **15**(2), 2 (2019)

## ARBEITSKREIS PROF. KATHARINA LANDFESTER

E. Rieger, J. Blankenburg, E. Grune, M. Wagner, K. Landfester and F. R. Wurm: *Controlling the Polymer Microstructure in Anionic Polymerization by Compartmentalization*, ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION **57**(9), 9 (2018)

J. Byun, W. Huang, D. Wang, R. Li and K. A. I. Zhang: *CO<sub>2</sub>-Triggered Switchable Hydrophilicity of a Heterogeneous Conjugated Polymer Photocatalyst for Enhanced Catalytic Activity in Water*, ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION **57**(11), 11 (2018)

J. Simon, T. Wolf, K. Klein, K. Landfester, F. R. Wurm and V. Mailaender: *Hydrophilicity Regulates the Stealth Properties of Polyphosphoester-Coated Nanocarriers*, ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION **57**(19), 19 (2018)

W. Huang, J. Byun, I. Roerich, C. Ramanan, P. W. M. Blom, H. Lu, D. Wang, L. C. da Silva, R. Li, L. Wang, K. Landfester and K. A. I. Zhang: *Asymmetric Covalent Triazine Framework for Enhanced Visible-Light Photoredox Catalysis via Energy Transfer Cascade*, ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION **57**(27), 27 (2018)

M. Tonigold, J. Simon, D. Estupinan, M. Kokkinopoulou, J. Reinholz, U. Kintzel, A. Kaltbeitzel, P. Renz, M. P. Domogalla, K. Steinbrink, I. Lieberwirth, D. Crespy, K. Landfester and V. Mailaender: *Pre-adsorption of antibodies enables targeting of nanocarriers despite a biomolecular corona*, NATURE NANOTECHNOLOGY **13**(9), 9 (2018)

S. Morsbach, G. Gonella, V. Mailaender, S. Wegner, S. Wu, T. Weidner, R. Berger, K. Koynov, D. Vollmer, N. Encinas, S. L. Kuan, T. Bereau, K. Kremer, T. Weil, M. Bonn, H.-J. Butt and K. Landfester: *Engineering Proteins at Interfaces: From Complementary Characterization to Material Surfaces with Designed Functions*, ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION **57**(39), 39 (2018)

D. Passlick, K. Piradashvili, D. Bamberger, M. Li, S. Jiang, D. Strand, P. R. Wich, K. Landfester, M. Bros, S. Grabbe and V. Mailaender: *Delivering all in one: Antigen-nanocapsule loaded with dual adjuvant yields superadditive effects by DC-directed T cell stimulation*, JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE **289**, 451 (2018)

E. Rideau, F. R. Wurm and K. Landfester: *Giant polymerosomes from non-assisted film hydration of phosphate-based block copolymers*, POLYMER CHEMISTRY **9**(44), 44 (2018)

J. Simon, J. Mueller, A. Ghazaryan, S. Morsbach, V. Mailaender and K. Landfester: *Protein denaturation caused by heat inactivation detrimentally affects biomolecular corona formation and cellular uptake*, NANOSCALE **10**(45), 45 (2018)

K. N. Bauer, L. Liu, M. Wagner, D. Andrienko and F. R. Wurm: *Mechanistic study on the hydrolytic degradation of polyphosphates*, EUROPEAN POLYMER JOURNAL **108**, 1441 (2018)

S. L. Kuan, F. R. G. Bergamini and T. Weil: **Functional protein nanostructures: a chemical toolbox**, CHEM. SOC. REV. **47**(13), 1702506 (2018)

---

B. K. Agrawalla, T. Wang, A. Riegger, M. P. Domogalla, K. Steinbrink, T. Doerfler, X. Chen, F. Boldt, M. Lamla, J. Michaelis, S. L. Kuan and T. Weil: **Chemoselective Dual Labeling of Native and Recombinant Proteins**, BIOCONJUGATE CHEMISTRY **29**(1), 1 (2018)

---

Y. Tokura, S. Harvey, X. Xu, C. Chen, S. Morsbach, K. Wunderlich, G. Fytas, Y. Wu, D. Y. W. Ng and T. Weil: **Polymer tube nanoreactors via DNA-origami templated synthesis**, CHEMICAL COMMUNICATIONS **54**(22), 22 (2018)

---

W. Liu, F. Boldt, Y. Tokura, T. Wang, B. K. Agrawalla, Y. Wu and T. Weil: **Encoding function into polypeptide-oligonucleotide precision biopolymers**, CHEMICAL COMMUNICATIONS **54**(12), 1800366 (2018)

---

S. Sieste, T. Mack, C. V. Synatschke, C. Schilling, C. M. Zu Reckendorf, L. Pendi, S. Harvey, F. S. Ruggeri, T. P. J. Knowles, C. Meier, D. Y. W. Ng, T. Weil and B. Knoell: **Water-Dispersible Polydopamine-Coated Nanofibers for Stimulation of Neuronal Growth and Adhesion**, ADVANCED HEALTHCARE MATERIALS **7**(11), 1701485 (2018)

---

P. Moscariello, D. Y. W. Ng, M. Jansen, T. Weil, H. J. Luhmann and J. Hedrich: **Brain Delivery of Multifunctional Dendrimer Protein Bioconjugates**, ADVANCED SCIENCE **5**(5), 1700897 (2018)

---

M. M. Zegota, T. Wang, C. Seidler, D. Y. W. Ng, S. L. Kuan and T. Weil: **Protein Conjugation with Dynamic Covalent Chemistry**, BIOCONJUGATE CHEMISTRY **29**(8), 8 (2018)

---

C. Seidler, M. M. Zegota, M. Raabe, S. L. Kuan, D. Y. W. Ng and T. Weil: **Dynamic Core-Shell Bioconjugates for Targeted Protein Delivery and Release**, CHEMISTRY-AN ASIAN JOURNAL **13**(22, SI), 22, SI (2018)

---

Y. Tokura, S. Harvey, C. Chen, Y. Wu, D. Y. W. Ng and T. Weil: **Fabrication of Defined Polydopamine Nanostructures by DNA Origami-Templated Polymerization**, ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL EDITION **57**(6), 6 (2018)

---

S. L. Kuan, S. Fischer, S. Hafner, T. Wang, T. Syrovets, W. Liu, Y. Tokura, D. Y. W. Ng, A. Riegger, C. F. Ortsch, D. Jäger, T. F. E. Barth, T. Simmet, H. Barth and T. Weil: **Boosting Antitumor Drug Efficacy with Chemically Engineered Multidomain Proteins**, ADVANCED SCIENCE **5**(8), 1701036 (2018)

---

---

#### FORSCHUNGSGRUPPE DR. KAMAL ASADI

---

H. Sharifi Dehsari, M. Kumar, A. Saad, M. Hassanpour Amiri, C. Yan, S. Anwar, G. Glasser and K. Asadi: **Thin-Film Polymer Nanocomposites for Multiferroic Applications**, ACS APPLIED NANO MATERIALS **1**(11), 11 (2018)

---

M. C. Morant-Minana, J. Heidler, G. Glasser, H. Lu, R. Berger, N. Gil-Gonzalez, K. Muellen, D. M. de Leeuw and K. Asadi: **Spatially resolved solid-state reduction of graphene oxide thin films**, MATERIALS HORIZONS **5**(6), 6 (2018)

---

---

#### FORSCHUNGSGRUPPE DR. ELLEN BACKUS

---

J. Schaefer, E. H. G. Backus and M. Bonn: **Evidence for auto-catalytic mineral dissolution from surface-specific vibrational spectroscopy**, NATURE COMMUNICATIONS **9**(13), 3316 (2018)

---

J. D. Cyran, M. A. Donovan, D. Vollmer, F. S. Brigiano, S. Pezzotti, D. R. Galimberti, M.-P. Gageot, M. Bonn and E. H. G. Backus: **Molecular hydrophobicity at a macroscopically hydrophilic surface**, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA **116**(5), 5 (2019)

---

#### FORSCHUNGSGRUPPE DR. TRISTAN BEREAU

---

T. Beraeu, R. A. DiStasio, A. Tkatchenko and O. A. von Lilienfeld: [Non-covalent interactions across organic and biological subsets of chemical space: Physics-based potentials parametrized from machine learning](#), THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS **148**(24), 241706 (2018)

---

T. Beraeu and J. F. Rudzinski: [Accurate Structure-Based Coarse Graining Leads to Consistent Barrier-Crossing Dynamics](#), PHYSICAL REVIEW LETTERS **121**(25), 256002 (2018)

---

#### FORSCHUNGSGRUPPE DR. JOHANNES HUNGER

---

W. J. Xie, S. Cha, T. Ohto, W. Mizukami, Y. Mao, M. Wagner, M. Bonn, J. Hunger and Y. Nagata: [Large Hydrogen-Bond Mismatch between TMAO and Urea Promotes Their Hydrophobic Association](#), CHEM **4**(11), 11 (2018)

---

V. Balos, B. Marekha, C. Malm, M. Wagner, Y. Nagata, M. Bonn and J. Hunger: [Specific Ion Effects on an Oligopeptide: Bidentate Binding Matters for the Guanidinium Cation](#), ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION **58**(1), 1 (2019)

---

#### FORSCHUNGSGRUPPE DR. KATRIN DOMKE

---

J. H. K. Pfisterer and K. F. Domke: [Unfolding the versatile potential of EC-TERS for electrocatalysis](#), CURRENT OPINION IN ELECTROCHEMISTRY **8**, 1441 (2018)

---

J. H. K. Pfisterer, U. E. Zhumaev, W. Cheuquepan, J. M. Feliu and K. F. Domke: [Stark effect or coverage dependence? Disentangling the EC-SEIRAS vibrational shift of sulfate on Au\(111\)](#), JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS **150**(4), 041709 (2019)

---

#### FORSCHUNGSGRUPPE DR. SERAPHINE WEGNER

---

S. G. Yuez, J. Ricken and S. V. Wegner: [Independent Control over Multiple Cell Types in Space and Time Using Orthogonal Blue and Red Light Switchable Cell Interactions](#), ADVANCED SCIENCE **5**(8), 1800446 (2018)

---

S. M. Bartelt, J. Steinkuehler, R. Dimova and S. V. Wegner: [Light-Guided Motility of a Minimal Synthetic Cell](#), NANO LETTERS **18**(11), 11 (2018)

---

# KONTAKT

Max-Planck-Institut für Polymerforschung

Ackermannweg 10  
55128 Mainz  
Deutschland

Telefon: 06131 - 379 - 0  
EMail: [info@mpip-mainz.mpg.de](mailto:info@mpip-mainz.mpg.de)  
[www.mpip-mainz.mpg.de](http://www.mpip-mainz.mpg.de)

# IMPRESSUM

## HERAUSGEBER (V.I.S.D.P.)

Max-Planck-Institut für Polymerforschung  
Mainz, Mai 2019

## KONZEPTION / REDAKTION / TEXT

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des MPI-P,  
Dr. Christian Schneider, Corinna Probst,  
Katharina Maisenbacher

## GESTALTUNG

Grüebelfabrik e. K. / [www.gruebelfabrik.de](http://www.gruebelfabrik.de)

## BILDNACHWEIS

M. Clement (Titel), U. Feuerbach (S.1, S.6, S.7 oben links, S.40-43, S.44 oben), I. Hofschild (S.3 oben), C. Costard (S.5, S.12 unten rechts, S.13 oben links, S.14 unten links), U. Bertram (S.7 unten rechts), Dr. R. Graf (S.13 unten links), Pixabay (S.13 oben rechts), S. Schuhmacher (S.14 oben rechts, S.29), J. Wirthl (S.16), Dr. D. Andrienko (S.19), Dr. C. Synatschke (S.26, S.45 Mitte links, S.45 Mitte)

## DRUCK

Druck: Hasel Druck & Medien GmbH, Kriftel,  
[www.hasel-druck.de](http://www.hasel-druck.de)



MAX-PLANCK-INSTITUT  
FÜR POLYMERFORSCHUNG

Ackermannweg 10 | 55128 Mainz  
Postfach 3148 | 55021 Mainz

[info@mpip-mainz.mpg.de](mailto:info@mpip-mainz.mpg.de)  
[www.mpip-mainz.mpg.de](http://www.mpip-mainz.mpg.de)