



# ZENTRUM FÜR MATERIALFORSCHUNG JAHRESBERICHT 2018 / 2019



**Justus-Liebig-Universität Gießen**

# **Jahresbericht 2018 / 2019** des Zentrums für Materialforschung

**Ein Rückblick**

# Inhalt

006 Vorwort

## **Das Zentrum für Materialforschung**

### **8-15**

- 011 Das Zentrum für Materialforschung
- 012 Aufgaben & Ziele
- 013 Fakten
- 014 Forschungsschwerpunkte

## **Highlights & Projekte**

### **16-35**

- 018 Materialien für die Batterie der Zukunft
- 020 Exzellenzcluster Post Lithium Storage (PoLiS)
- 023 DFG Forschungsgruppe 2824
- 024 EFRE-Innovationslabor ‚Physik unter harschen Bedingungen‘
- 026 Neues Beschichtungsverfahren für die optische Industrie
- 028 Festkörperchemie & Anorganische Materialien
- 030 Elektromobilität im Weltraum
- 032 Doppelerfolg beim EPIC-Call in Horizon 2020
- 034 Neuer Hochleistungsrechner an der JLU

## **Wissenschaftlicher Nachwuchs**

### **36-51**

- 038 Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses
- 040 Nachwuchsgruppe Dr. Teresa Gatti
- 042 Nachwuchsgruppe Dr.-Ing. Daniel Schröder
- 045 Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe Dr. Urs Gellrich
- 046 Heisenberg-Stipendiat PD Dr. Dirk Dietzel
- 049 Externe Promotionen – Alternative Wege der akademischen Qualifikation
- 050 Plattform für strukturierte Promotionsausbildung in den Materialwissenschaften



## **Internationalisierung**

### **52-59**

- 054 Internationalisierung
- 055 Delegation des ZfM besucht Partner in Japan
- 057 Das ZfM vernetzt sich in China
- 058 Incomings
- 059 Outgoings

## **Veranstaltungen**

### **60-67**

- 062 Veranstaltungen des ZfM 2018/2019
- 066 Drittes Bunsen-Kolloquium zum Thema Festkörperbatterien

## **Methodenplattformen**

### **68-77**

- 070 Die Methodenplattformen
- 072 Methodenplattform DünE
- 073 Methodenplattform OpuS
- 074 Charakterisierung nanoskaliger Systeme (NanoSys)
- 075 Elektrochemie- & Grenzflächenlabor (ElCh)
- 076 Mikro- & Nanostrukturierungslabor (MiNaLab)

## **Netzwerke & Kooperationen**

### **78-83**

- 080 Netzwerke & Kooperationen
- 081 Arbeitskreis Elektromobilität Mittelhessen zu Gast am ZfM
- 082 LaMa meets Industry

## **Outreach**

### **84-91**

- 087 Outreach
- 088 Experimentierzelt ‚Physik bewegt‘ bei der Gießener ‚Straße der Experimente‘
- 091 Zwei DRIVE-E Studienpreise für wissenschaftlichen Nachwuchs aus dem Zentrum für Materialforschung

## **Expertinnen & Experten des ZfM & ihre Forschungsthemen**

### **92-113**

## **Publikationen**

### **114-129**

- 116 Publikationen 2018/2019

## **Impressum**

### **130**

# Vorwort

Ich freue mich, Ihnen den Zweijahresbericht (2018/2019) unseres Zentrums für Materialforschung vorstellen zu dürfen. Das Zentrum für Materialforschung (ZfM), das sich aus dem Laboratorium für Materialforschung (LaMa) heraus entwickelt hat, ist als interdisziplinäre Einrichtung profilprägend für die Justus-Liebig-Universität und hat in seinen 29 Arbeitsgruppen mehr als 200 Mitglieder. Das ZfM unterstützt seine Mitglieder u. a. bei der Durchführung von größeren und vernetzten wissenschaftlichen Projekten, organisiert wissenschaftliche Tagungen auf der Gebiet der Materialforschung und bietet mit seinen Methodenplattformen eine leistungsfähige Infrastruktur für Materialuntersuchungen in großer Breite.

Die Materialwissenschaft ist heute aufgrund der stetig wachsenden Herausforderungen in der Entwicklung von energie- und ressourcen-effizienten Technologien international eines der dynamischsten Wissenschaftsfelder. Neue Materialien für den Bau leistungsfähigerer Solarkraftwerke, leistungsfähigerer Windkraftwerke, effizienterer und langlebiger Brennstoffzellen und Batterien stehen heute weltweit im Mittelpunkt. Die Materialwissenschaft ist aber auch von großer Bedeutung für benachbarte Wissenschaften; so sind Fortschritte z. B. in Teilen der Medizin (Implantate und künstliche Organe), der Robotik (intelligente und ‚fühlende‘ Oberflächen) oder des Umweltschutzes (Filter oder Schadstoffabsorber) undenkbar ohne die Entwicklung gänzlich neuer Materialkonzepte. Als Querschnittsdisziplin übernimmt die Materialwissenschaft oft eine Brückenfunktion zwischen den naturwissenschaftlichen Kernfächern und den anwendungsnahen Ingenieurwissenschaften und der Medizin.

Mit der Gründung des Zentrums für Materialforschung durch Weiterentwicklung des Laboratoriums für Materialforschung haben die Gründungsfachbereiche eine institutionelle Heimat für die Materialwissenschaft an der JLU geschaffen. Die materialwissenschaftlichen Arbeitsgruppen der Chemie und der Physik tragen erheblich zum Forschungsprofil und der wissenschaftlichen Leistung der JLU bei. Die Studiengänge haben sich erfolgreich entwickelt, mehr als 150 Doktorandinnen und Doktoranden sind im Promotionsprogramm des ZfM eingeschrieben, und die Methodenplattformen bieten unter dem Dach des ZfM als ‚core facility‘ hervorragende Bedingungen für experimentelle und theoretische Untersuchungen auf höchstem Niveau, und nicht zuletzt bietet das ZfM den Rahmen und Raum für große und interdisziplinär angelegte wissenschaftliche Kooperationsprojekte. Die geschaffene Infrastruktur ist die Basis für sichtbare Erfolge: Mitglieder des ZfM koordinieren große Verbundprojekte des BMBF und der DFG, leiten Kompetenzzentren in ganz verschiedenen Wissenschaftsfeldern und erzielen nicht zuletzt herausragende wissenschaftliche Erfolge.

Gemeinsam mit dem Wissenschaftlichen Zentrum für Materialwissenschaften (WZMW) der Philipps-Universität Marburg bildet das ZfM die Basis des Campus-schwerpunkts Materialforschung. Auch hierüber hinaus ist das ZfM eine zentrale Anlaufstelle für potenzielle Partner aus der Industrie und aus benachbarten Forschungseinrichtungen. Enge Kontakte zu den regionalen Industrie- und Handelskammern, zu Industrieunternehmen, überregionalen Gesellschaften und Verbänden sichern einen intensiven Informationsaustausch.



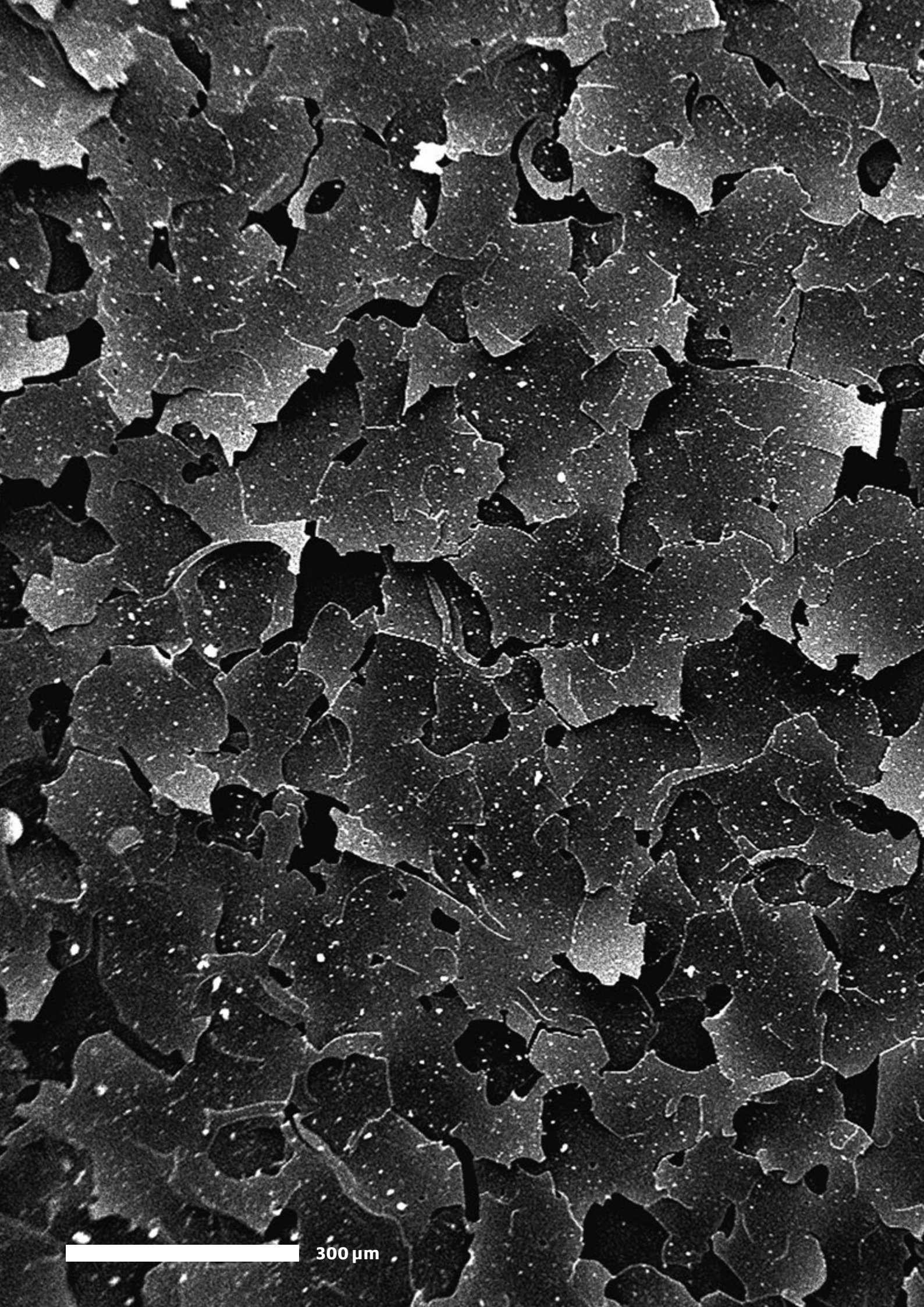
Die Förderung der internationalen Zusammenarbeit auf allen Ebenen ist für das ZfM ein besonders wichtiges Aufgabenfeld. Das ZfM blickt auf die Einrichtung von Double Degree-Studiengängen (M. Sc. Materialwissenschaft/Materials Science) mit der Kansai University und der Osaka University (Japan) zurück, die erste Früchte zeigt. Die schon im Falle der Chemie sehr erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Università di Padova (Italien) konnte nun auch auf die Materialwissenschaft ausgedehnt werden, und die Kontakte zu Universitäten in China werden ausgebaut.

Ich hoffe, dass Ihnen unser Bericht einen lebendigen Einblick in die Arbeit des Zentrums für Materialforschung bietet. Das ZfM lebt von der individuellen und intensiven wissenschaftlichen Arbeit der jungen und erfahreneren Mitglieder – von den Doktorandinnen und Doktoranden, Postdoktorandinnen und Postdoktoranden, den permanenten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern bis hin zu den Professorinnen und Professoren. Die enge Zusammenarbeit aller, sei es in der Lehre oder der Forschung, ist sicher eine unserer Stärken, die sich auch in den Erfolgen unserer Mitglieder widerspiegelt. In einer Wissenschaft, die von Höchstleistungen in den wissenschaftlichen Methoden lebt, um damit Hochleistungstechnologien zu ermöglichen, ist die persönliche und individuelle Kreativität weiterhin die entscheidende Voraussetzung für Erfolg. Es ist aber oft erst die Zusammenarbeit, die gänzliche neue oder unerwartete Ergebnisse liefert. Das ZfM bietet hervorragende Bedingungen für dieses Zusammenarbeiten.

Wir freuen uns sehr auf Ihre Kommentare, Ihr Lob und Ihre Kritik an unserem Bericht. Gerne geben Ihnen die Mitglieder des ZfM ausführlichere Informationen.

Gießen, im Dezember 2019

**Prof. Dr. Jürgen Janek**  
Geschäftsführender Direktor



300 μm





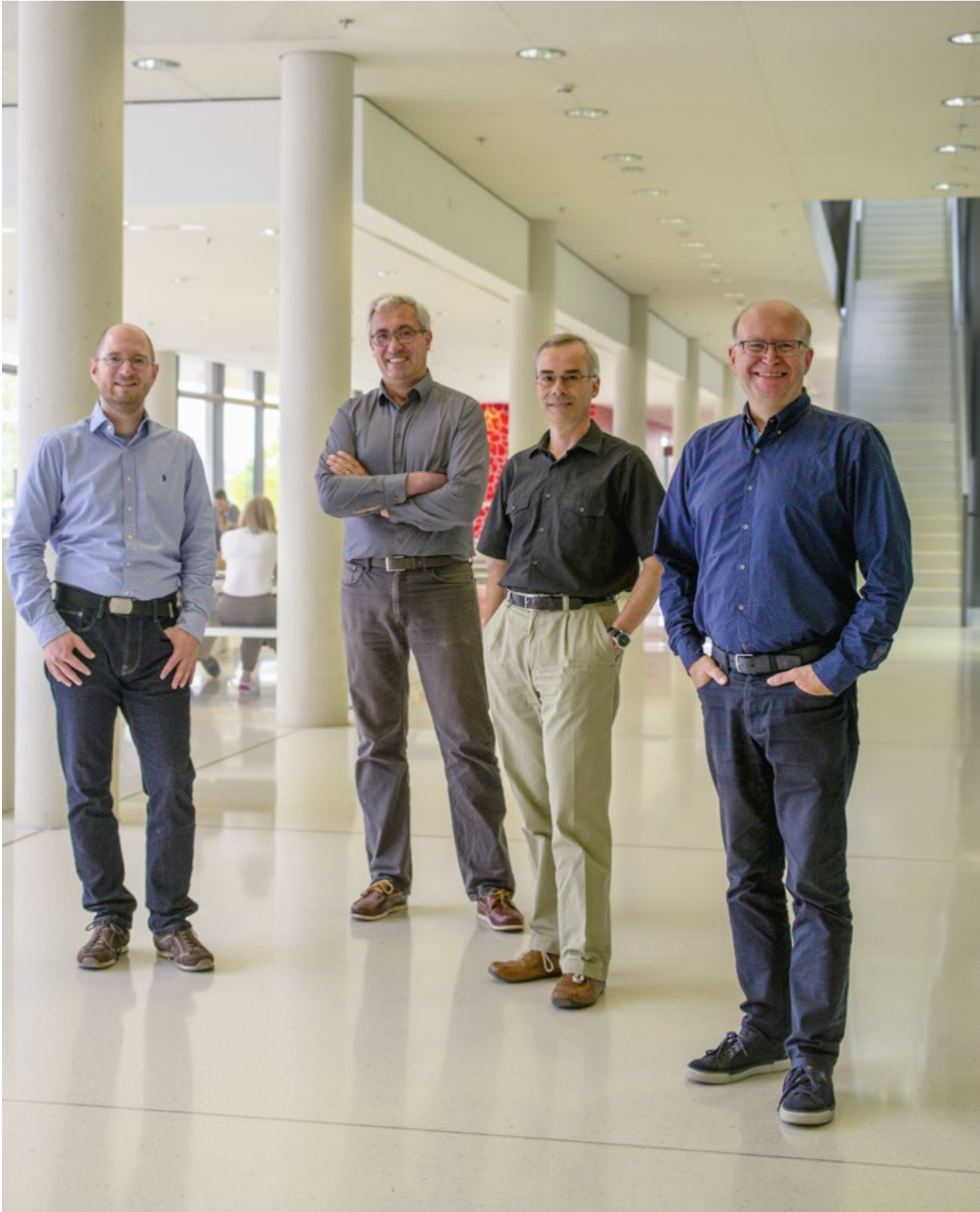
# DAS ZENTRUM FÜR MATERIALFORSCHUNG

**011**  
Das Zentrum für Materialforschung

**012**  
Aufgaben und Ziele

**013**  
Fakten

**014**  
Forschungsschwerpunkte



# Das Zentrum für Materialforschung

Im Mittelpunkt der Forschung steht die Lösung grundlegender und oft komplexer materialwissenschaftlicher Fragestellungen, die meist konzeptionell und methodisch interdisziplinäre Ansätze erfordern. Die Gießener Materialforschung zeichnet sich dabei durch eine enge und etablierte Kooperation von grundlagenorientiert und angewandt forschenden Arbeitsgruppen aus den Fachgebieten Chemie und Physik aus. Der Potentialbereich ‚Material und Energie‘ der JLU wird durch das ZfM organisiert und weiterentwickelt.

Neben vielen gemeinsamen Forschungsinteressen ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ein besonderes Anliegen. Das B. Sc. / M. Sc. Studienprogramm Materialwissenschaft wird überdisziplinär von Chemie und Physik getragen und findet im ZfM seine institutionelle Heimat. Das ZfM steht identitätsstiftend für dieses Studienprogramm und dessen Weiterentwicklung.

Im Berichtszeitraum 2018/2019 gehörten dem Zentrum 22 von Professorinnen und Professoren geleitete Arbeitsgruppen sowie acht Nachwuchsgruppen an. Von den insgesamt etwa 220 Mitgliedern waren ca. 150 Promovierende. Für Kontinuität und Qualität in Forschung und Lehre sorgen neben den AG-Leiterinnen und -Leitern die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des akademischen Mittelbaus, die mit ihrem eigenen Forschungsprofil zur Methodenvielfalt im Zentrum beitragen und vielfältige Kompetenzen in die Lehre einbringen.

Seit der Einrichtung des ZfM als Nachfolgeeinrichtung des Laboratoriums für Materialforschung (LaMa) im Jahr 2015 unterstützt das Land Hessen die Gründungsphase bis Ende 2020 mit Mitteln des Innovations- und Strukturentwicklungsbudgets.

**Das Zentrum für Materialforschung (ZfM) ist ein interdisziplinäres universitäres Forschungszentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen. Ausgehend von den Fachgebieten Chemie und Physik steht das Zentrum sämtlichen am Themenfeld der Materialwissenschaft interessierten Gruppen aller Fachbereiche der JLU offen.**

Die Geschäftsführung des ZfM:

Dr. Thomas Leichtweiß  
*Koordinator für Forschung*

Prof. Dr. Peter J. Klar  
*stellvertretender Geschäftsführender Direktor*

Dr. Martin Güngerich  
*Koordinator für Methodenplattformen und Graduiertenbildung*

Prof. Dr. Jürgen Janek  
*Geschäftsführender Direktor*

## Aufgaben & Ziele

**D**as ZfM unterstützt und vernetzt die materialwissenschaftlich arbeitenden Gruppen der JLU, koordiniert die materialwissenschaftliche Forschung und fördert die Lehre auf dem Gebiet der Materialwissenschaft. Dabei sind die Aktivitäten des ZfM stark auf die Professionalisierung der Infrastruktur im Bereich der Materialforschung ausgerichtet, um so ein ideales Umfeld für exzellente Forschung und Lehre zu schaffen. Dies geschieht unter anderem durch die Planung, Anbahnung und Koordination von kooperativen Forschungsprojekten, den Aufbau eines nachhaltigen Netzwerks mit externen akademischen und industriellen Partnereinrichtungen und durch die Entwicklung von neuen Studienelementen zur Unterstützung der Lehre in den materialwissenschaftlichen Studiengängen und Promotionsprogrammen.

Die inhaltliche Ausrichtung des Zentrums wird vom Direktorium koordiniert, das sich aus Mitgliedern der beteiligten Professorinnen und Professoren, den wissenschaftlichen und technisch-administrativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Vertreterinnen und Vertretern der Studierenden zusammensetzt. Dieses wählt einen geschäftsführenden Direktor oder eine Direktorin und eine Stellvertreterin oder einen Stellvertreter. Gemeinsam mit den beiden hauptamtlichen Koordinatoren/Geschäftsführern bilden diese die Geschäftsführung, die das Tagesgeschäft des Zentrums bestreitet und Vorschläge zur Strategie für das Direktorium erarbeitet.

Die Geschäftsstelle des ZfM ist also Schnittstelle und ‚Ideeninkubator‘, berät die Zentrumsmitglieder, hilft dabei, gemeinsame Projekte zu initiieren, und begleitet diese auf dem Weg zur Umsetzung. Zu den Aufgaben der beiden Koordinatoren gehören die reibungslose Organisation der gemeinsamen Methodenplattformen, die Organisation des Kursprogramms der Promotionsplattform PriMa sowie die Administration der dem Zentrum organisatorisch zugeordneten Verbund- und Einzelprojekte. Die Geschäftsstelle entlastet somit Mitglieder sowie die beteiligten Fachbereiche von Aufgaben der Forschungsadministration und kümmert sich um die Innen- und Außen-darstellung der materialwissenschaftlichen Aktivitäten.



## Fakten

**Das ZfM ist das Gesicht der Gießener Materialwissenschaft. Es ist Schnittstelle und Ansprechpartner für alle Aspekte der Materialforschung, JLU-intern und nach außen.**

Bei kooperativen Forschungsprojekten ist das ZfM Nukleus, Taktgeber und Unterstützer.

→ Highlights und Projekte #016

Das ZfM organisiert und entwickelt den JLU-Potentialbereich ‚Material und Energie mit dem Schwerpunkt Speichermaterialien‘.

→ Forschungsschwerpunkte #014

Das ZfM bietet dem wissenschaftlichen Nachwuchs im Bereich der Materialwissenschaft ausgezeichnete Rahmenbedingungen für Forschung.

→ PriMa #050  
NWGs #036

Das ZfM gewährleistet den Betrieb zahlreicher moderner Forschungsgrößgeräte und stellt den barrierefreien Zugang zu Synthese- und Charakterisierungsmethoden sicher.

→ Methodenplattformen #068

Das ZfM schlägt Brücken zu anderen Forschungseinrichtungen, zu Förderorganisationen, zu Interessensverbänden und der Industrie in aller Welt.

→ Internationalisierung #052  
Netzwerke und Kooperationen #078  
Outreach #084

Das ZfM ist der Zusammenschluss von 29 Arbeitsgruppen mit mehr als 40 Expertinnen und Experten, die erfolgreich auf verschiedensten Gebieten der Materialforschung arbeiten.

→ Expertenseiten #092  
Publikationen #114

## Forschungsschwerpunkte

**D**ie Forschungsschwerpunkte des Zentrums für Materialforschung sind vielfältig und lebendig, teilweise eng mit den individuellen Forschungsinteressen der einzelnen Mitglieder verknüpft, zum Teil aber auch gezielt durch Verknüpfen spezieller Forschungsinteressen der Mitglieder als Neuland erschlossen worden. Zweifellos bilden Forschungsthemen im Bereich von **Energietechnologien** einen besonders aktiven Schwerpunkt, und die **elektrochemische Energiewandlung und -speicherung** ist besonders sichtbar. Themen, die eher der **Energieeffizienz** zuzuordnen sind, nehmen ebenfalls einen großen Raum ein. Die Rolle der **Oberflächenforschung** wächst kontinuierlich; die eng hiermit verbundene **Nano- und Mikrostrukturierung** hat sowohl als zentrale Methode als auch als Basis für die Entwicklung von **Nanomaterialien** große Bedeutung. Die Bedeutung der **theoretischen Materialforschung** nimmt rasch zu, und dementsprechend nimmt dieses Thema auch im ZfM einen immer größeren Raum ein. Dies gilt auch für die Erforschung neuer und nachhaltiger Syntheserouten, ohne die moderne Materialforschung nicht denkbar ist.

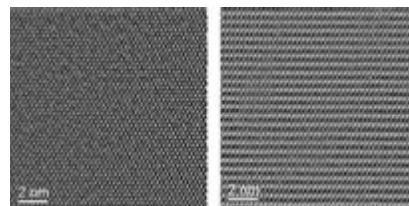
Drei weitere Schwerpunktthemen sind für das ZfM ebenfalls prägend: Sobald Material-basierte Technologien in einen Massenmarkt münden, werden Fragen der stofflichen Verfügbarkeit, der CO<sub>2</sub>-Bilanz und der Kosten kritisch. **Ressourcenunkritische und -effiziente Materialien und Verfahren** stellen daher einen weiteren wichtigen Schwerpunkt der Arbeit im ZfM dar. Physikalische Technologien für die Raumfahrt haben an der JLU eine lange Tradition, und daher stellt das Gebiet der **Raumfahrt-orientierten Materialforschung** einen neuen und zukunftssträchtigen Schwerpunkt dar. Immer wichtiger wird der **Materialeinsatz unter besonders extremen Bedingungen**, und daher werden sich die Arbeitsgruppen des ZfM diesem Zukunftsthema intensiv widmen.

### Elektrochemische Energiewandlung und -speicherung

Der Aufbau einer klimaneutralen Energieversorgung unserer Gesellschaft für mobile und stationäre Anwendungen ist eine Aufgabe, die massiver und langjähriger Anstrengungen bedarf. Elektrochemische Konzepte und Methoden spielen hierbei eine wichtige Rolle. Teams des ZfM sind international führend auf dem Gebiet neuer Batteriematerialien und -konzepte und sind in vielfältige nationale und internationale Projekte eingebunden. Die Koordination des nationalen Kompetenzclusters für Feststoffbatterien belegt die führende Rolle.

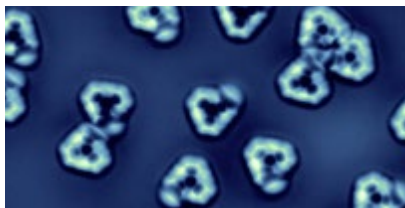
### Materialien für elektronischen und ionischen Transport

Aus der Halbleiterphysik ist in Kombination mit Themen der Festkörperelektrochemie ein Schwerpunkt im Bereich ‚gemischt ionen- und elektronenleitender Festkörper‘ (‚MIEC‘) entstanden, der in naher Zukunft in ein vernetztes Drittmittelprojekt überführt werden soll. MIECs stellen die stoffliche Basis für nahezu alle festkörperelektrochemischen Technologien dar und spielen auch für viele physikalische Technologien der Energiewandlung eine wichtige Rolle.

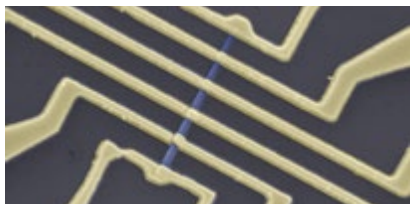


Hochauflösende Aufnahmen von Kathodenmaterialien für Lithiumionenbatterien (‚NCM‘): gealtertes Speichermaterial mit Kochsalz-Struktur (Kooperation mit AG Volz, U Marburg)

Ein Klassiker der physikalisch-chemischen Forschung – die Katalyse – erfährt durch die Kombination von organischer Chemie und höchstauflösender Oberflächencharakterisierung derzeit im ZfM eine Renaissance und wird ebenfalls in ein größeres Projekt überführt werden. Anders als in der reinen Katalyse steht hier die Festkörperoberfläche als ‚Syntheseraum‘ im Mittelpunkt, und neue Syntheseprinzipien sollen entwickelt werden.



Mit hochauflösender Rasterkraftmikroskopie (AFM) können einzelne Moleküle auf Oberflächen abgebildet werden. (Daniel Ebeling/AG Schirmeisen)



Elektrische Charakterisierung eines GaN-Nanodrahtes (blau eingefärbt) mittels mikro-/nanostrukturierten Gold-Elektroden (Patrick Uredat/AG Elm)

Die Strukturierung von Materialien mit chemischen oder physikalischen Methoden – top down oder bottom up – ist Voraussetzung für die gezielte Untersuchung von Größeneffekten. Im ZfM arbeiten Teams, die ein breites Methodenrepertoire abdecken, Materialien auf vielfältige Weise herstellen können und damit Größeneffekte sowohl in der Festkörperchemie als auch der Festkörperphysik untersuchen können.

Theoretische Methoden nehmen rasch einen immer größeren Raum in der Materialforschung ein. Auf der Suche nach neuen Materialien werden zunehmend digitale Suchstrategien eingesetzt, was ein tiefes Verständnis der Zusammenhänge zwischen experimentell beobachtbaren Eigenschaften und dem atomaren Aufbau von Materialien voraussetzt. Teams des ZfM arbeiten an entsprechenden Fragestellungen zusammen mit auswärtigen Arbeitsgruppen.

Der massenhafte Einsatz von Hochleistungsmaterialien erfordert in vielen Fällen große Mengen von Elementen, deren Gewinnung mit hohem Aufwand verbunden ist und oft eine sehr ungünstige CO<sub>2</sub>-Bilanz aufweist. Das ZfM hat sich bereits früh darauf konzentriert, das Thema der Ressourcen-Effizienz bei der Entwicklung von Hochleistungsmaterialien nicht auszuklammern, sondern vielmehr selbst in den Mittelpunkt zu stellen. Das GrK 2204 der DFG ist sichtbarer Beleg für die erfolgreiche Arbeit des ZfM in diesem Wissenschaftsfeld.

Seit der Entwicklung der ersten Ionenstrahltriebwerke in Gießen gehört die Raumfahrtphysik zu den weithin sichtbaren Arbeitsgebieten der JLU. Mit der Konzentration auf Materialkonzepte für die Raumfahrt ist die Einbindung dieses zukunftssträchtigen Forschungsgebiets in das ZfM gelungen, und durch die Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule Mittelhessen können weitreichende technologische Fragestellungen bearbeitet werden.

Der Einsatz moderner Hochleistungsmaterialien findet oft unter extremen Bedingungen statt, die rasch die Grenzen der Stabilität und Haltbarkeit der genutzten Materialien und Komponenten erreichen. Typische Einflüsse sind beispielsweise hohe oder sehr niedrige Temperaturen, starke elektrische und elektromagnetische Felder oder mechanische Beanspruchung – zahlreiche weitere und anwendungsspezifische Umgebungseinflüsse kommen hinzu. Die Teams des ZfM werden sich dem Thema ‚extreme conditions‘ in den nächsten Jahren verstärkt zuwenden, um auf der Basis des Verständnisses auf der atomaren und mikroskopischen Skala neue Ansätze für langzeitstabile und effiziente Hochleistungsmaterialien zu entwickeln.

## Oberflächenreaktionen und Katalyse

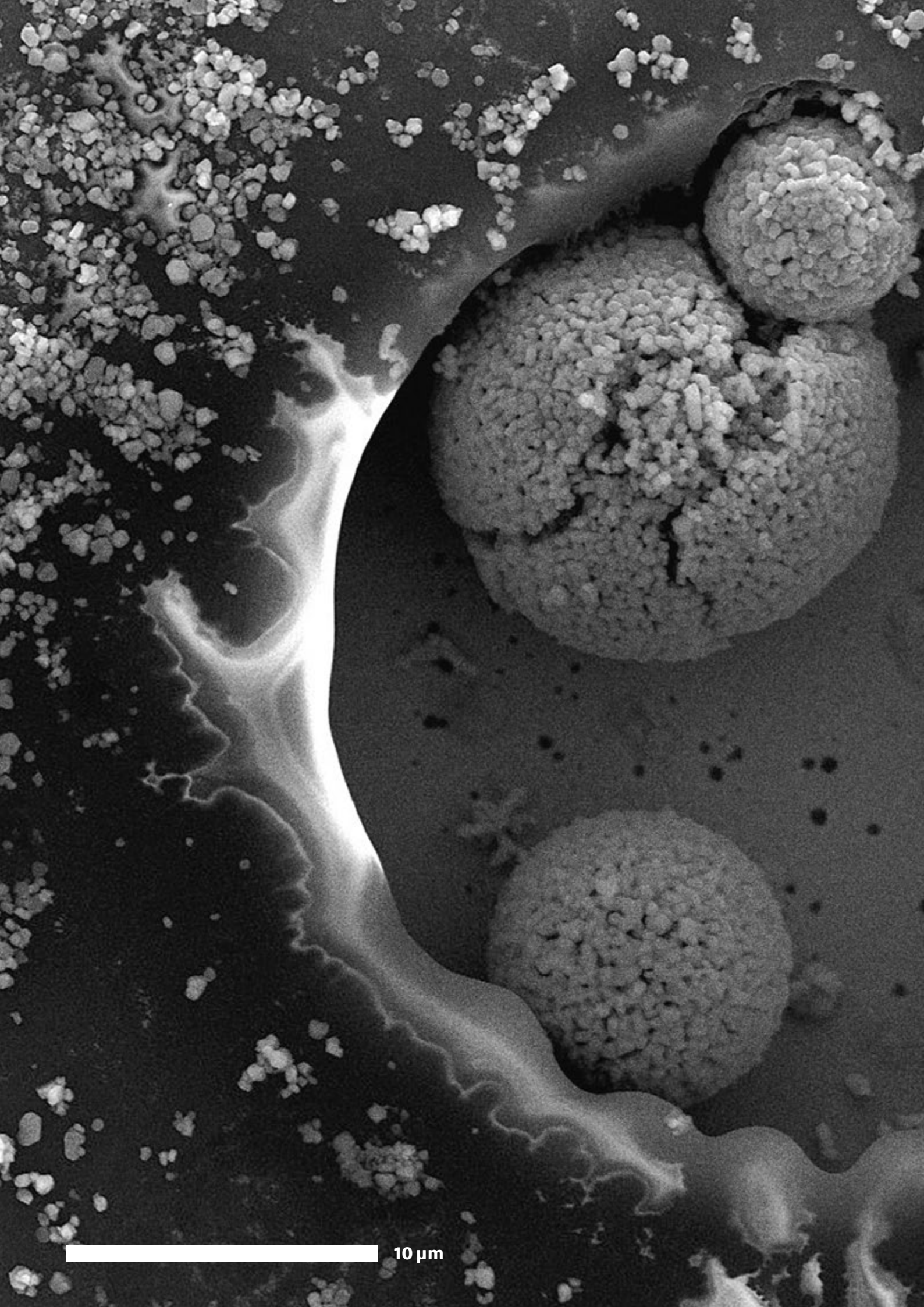
## Nano- und Mikrostrukturierung

## Theoretische Materialforschung

## Nachhaltige Materialien und Ressourcen-Effizienz

## Materialkonzepte für die Raumfahrt

## Materialien und Moleküle unter extremen Bedingungen



10 μm



# HIGHLIGHTS & PROJEKTE

- 018**  
Materialien für die Batterie der Zukunft
- 020**  
Exzellenzcluster Post Lithium Storage
- 023**  
DFG Forschungsgruppe 2824
- 024**  
EFRE-Innovationslabor ‚Physik unter harschen Bedingungen‘
- 026**  
Neues Beschichtungsverfahren für die optische Industrie
- 028**  
Festkörperchemie & Anorganische Materialien
- 030**  
Elektromobilität im Weltraum
- 032**  
Doppelerfolg beim EPIC-Call in Horizon 2020
- 034**  
Neuer Hochleistungsrechner an der JLU

# Materialien für die Batterie der Zukunft



## Das Zentrum für Materialforschung koordiniert den nationalen Kompetenzcluster für Festkörperbatterien

**F**estkörperbatterien gelten als vielversprechende Weiterentwicklung von Lithiumionenbatterien und kommen möglicherweise gänzlich ohne flüssige Elektrolyte aus. Sie versprechen höhere Energiedichten, kürzere Ladezeiten und verbesserte Sicherheitseigenschaften. Während Lithiumionenbatterien schon heute Massenprodukte sind, befinden sich sowohl die Material- als auch die Prozesstechnologien für die erfolgreiche Kommerzialisierung von Festkörperbatterien noch in einem frühen Entwicklungsstadium und erfordern umfangreiche Forschungsanstrengungen. Dieses Forschungsfeld entwickelt sich derzeit weltweit besonders dynamisch, nicht zuletzt, um dem Erfolgsdruck der Automobilindustrie gerecht zu werden.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des FestBatt-Clusters anlässlich der Auftaktveranstaltung im Oktober 2018 in Gießen





Zentrale Ziele des seit 2018 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit mehr als 16 Mio. € geförderten wissenschaftlichen Kompetenzclusters für Festkörperbatterien (FestBatt) sind daher die Erforschung und Entwicklung von Methoden zur Herstellung, Hochskalierung und zur Verarbeitung der vielversprechendsten Festelektrolyte für den Einsatz in Feststoffbatterien. Ausgangspunkt für die erste Phase von FestBatt ist der dringende Bedarf von größeren Mengen an hochwertigen Festelektrolyten und technischen Konzepten für deren Verarbeitung, um die stoffliche Basis für die rasche und kritische Bewertung von Festkörperbatterie-Konzepten zu schaffen.

Drei sogenannte Materialplattformen (Thiophosphate, Oxide, Polymere), befassen sich mit der Synthese und Skalierung der verschiedenen Festelektrolytklassen, zwei Methodenplattformen (Daten, Charakterisierung) unterstützen die Materialplattformen durch Modellierung, Datenanalyse und durch spezielle Charakterisierungsmethoden.

An FestBatt sind mehr als 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 14 wissenschaftlichen Einrichtungen beteiligt: Universitäten, Helmholtz-Institute und Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Koordiniert wird der Kompetenzcluster durch ein Team am Zentrum für Materialforschung unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Janek.

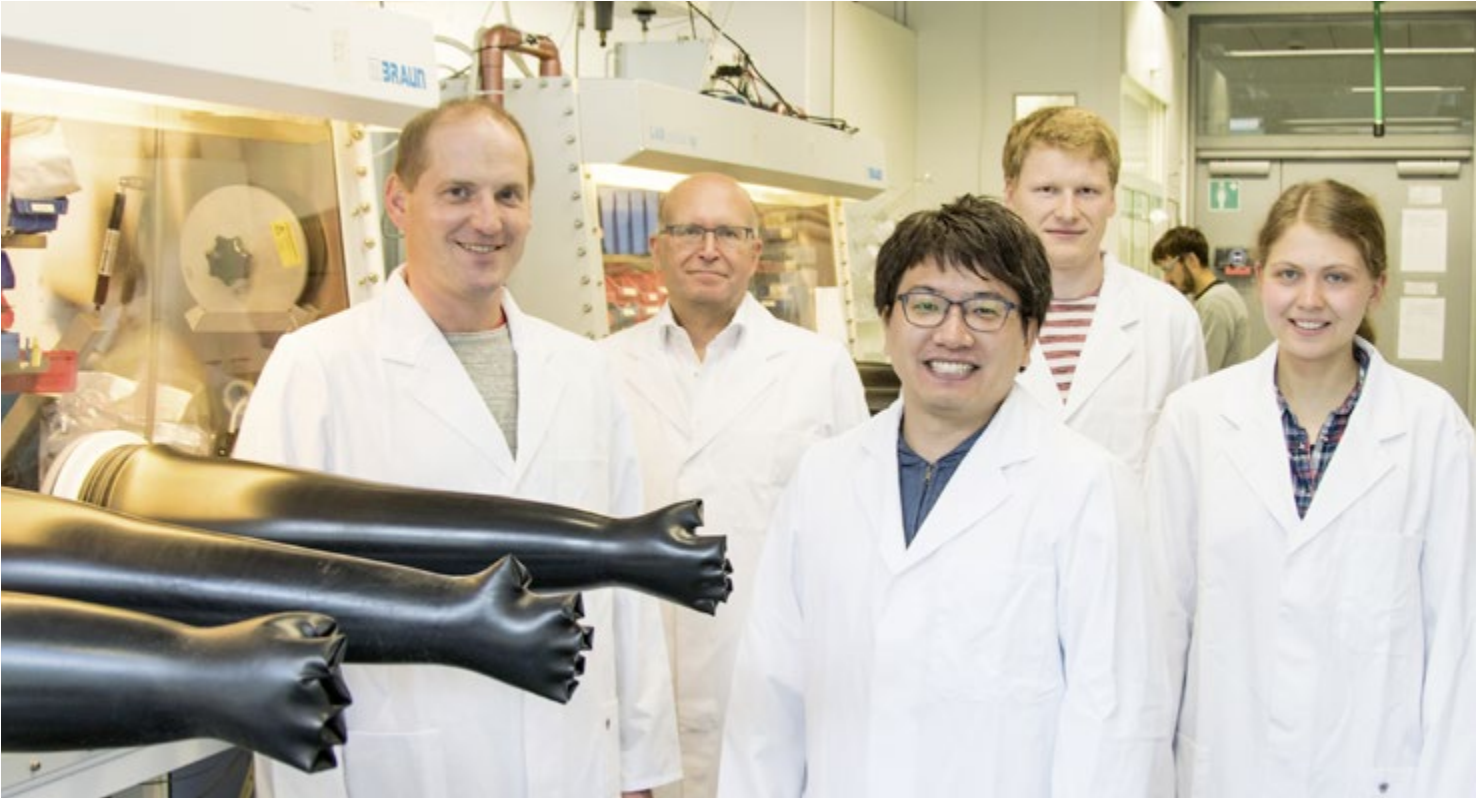
An der JLU koordiniert Prof. Janek die Materialplattform ‚Thiophosphate‘. Festelektrolyte auf Basis der Elemente Phosphor und Schwefel weisen die höchsten bekannten Leitfähigkeiten für Lithiumionen auf – einige dieser Verbindungen haben sogar höhere Leitfähigkeiten als organische Elektrolyte, wie sie in aktuellen Lithium-Ionen-Batterien verwendet werden – und sind daher vielversprechende Materialien für den erfolgreichen Einsatz in Festkörperbatterien. Neben der Arbeitsgruppe von Prof. Janek ist an der JLU die Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe von Dr. Wolfgang Zeier an der Thiophosphatplattform beteiligt und entwickelt neue lösungsmittelbasierte Syntheseroute für Festelektrolyte. Projektpartner am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, an der TU Braunschweig sowie am Fraunhofer-Institut für Schichttechnologien synthetisieren neue ionenleitende Verbindungen und entwickeln Prozesse zur Hochskalierung der in Gießen gefundenen Syntheserouten. So ist die Thiophosphatplattform breit aufgestellt, um sowohl neue Materialien zu entdecken als auch die Synthesemöglichkeiten bekannter Materialien dynamisch und zielorientiert voranzutreiben.

#### Publikationen

Michael Ghidui, Justine Ruhl, Sean P. Culver, Wolfgang G. Zeier (2019): *Solution-based synthesis of lithium thiophosphate superionic conductors for solid-state batteries: a chemistry perspective* JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 7 (30), S. 17735–17753

Saneyuki Ohno, Bianca Helm, Till Fuchs, Georg Dewald, Marvin A. Kraft, Sean P. Culver, Anatolii Senyshyn, Wolfgang G. Zeier (2019): *Further Evidence for Energy Landscape Flattening in the Superionic Argyrodites  $Li_{6+x}P_{1-x}M_xS_5I$  ( $M = Si, Ge, Sn$ )* CHEMISTRY OF MATERIALS 31 (13), S. 4936–4944

Shamail Ahmed, Anuj Pokle, Simon Schweidler, Andreas Beyer, Matteo Bianchini, Felix Walther, Andrey Mazilkin, Pascal Hartmann, Torsten Brezesinski, Jürgen Janek, Kerstin Volz (2019): *The Role of Intragranular Nanopores in Capacity Fade of Nickel-Rich Layered  $Li(Ni_{1-x-y}Co_xMn_y)O_2$  Cathode Materials* ACS NANO 13 (9), S. 10694–10704



Das PoLiS-Team an der JLU  
(von links nach rechts)  
Dr. Marcus Rohnke, Prof. Jürgen  
Janeč, Dr. Takahiro Yoshinari, Till  
Ortmann und Svenja Otto

# Exzellenzcluster Post Lithium Storage (PoLiS)

**D**er Nobelpreis für Chemie ging im Jahr 2019 an die drei Wissenschaftler John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham und Akira Yoshino für ihre Beiträge zur Entwicklung der Lithiumionenbatterie. Nichts drückt die Bedeutung elektrochemischer Speicher für moderne Gesellschaften besser aus als diese höchste Auszeichnung. Seit der Kommerzialisierung vor mehr als 25 Jahren ist die Lithiumionenbatterie unverzichtbar geworden, und die rasch voranschreitende Entwicklung von Elektrofahrzeugen wird den Bedarf weiter vergrößern. Damit nehmen Fragen nach der Verfügbarkeit der materiellen Ressourcen zu; ebenso wie Fragen nach möglichen alternativen elektrochemischen Speichern.

Vor diesem Hintergrund haben sich die Universität Ulm und das Karlsruher Institut für Technologie im Exzellenz-Wettbewerb 2018 erfolgreich mit dem Exzellenzcluster ‚POLIS – Post Lithium Storage‘ durchgesetzt. Dank der langjährigen Zusammenarbeit und des Renommées der Gießener Arbeitsgruppe von Prof. Jürgen Janek auf dem Gebiet der Festkörperelektrochemie und der Grenzflächenchemie wurde diese als externes Team in den Exzellenzcluster aufgenommen. Zu Beginn des Jahres 2020 werden dann unter dem Dach des Clusters ca. 130 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gemeinsam an der Entwicklung neuartiger Energiespeicher arbeiten, deren stoffliche Komponenten auf unkritischen stofflichen Ressourcen beruhen. Hierzu gehören in erster Linie die Elemente Natrium, Magnesium, Calcium und Aluminium.

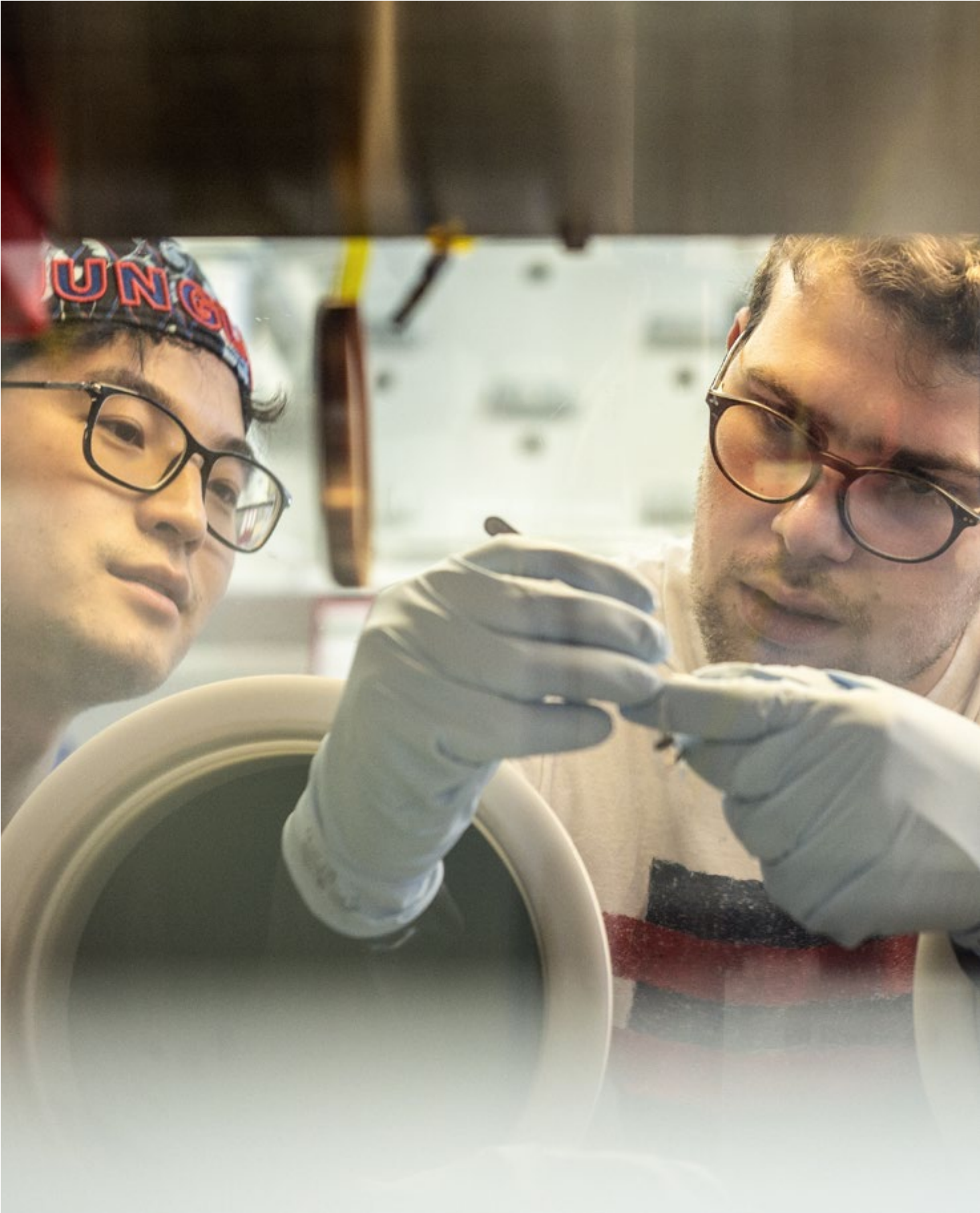


Ein ambitioniertes Etappenziel des Exzellenzclusters ist es unter anderem, eine funktionstüchtige und wiederaufladbare Natriumionen-Batterie innerhalb der ersten siebenjährigen Förderphase zu entwickeln. Das grundlegende wissenschaftliche Verständnis der Vorgänge in Energiespeichern spielt für die Arbeit des Clusters eine herausragende Rolle, aber auch techno- und sozioökonomische Aspekte werden betrachtet. Diese ganzheitliche Betrachtung ist ein besonderes Merkmal des Clusters. Damit bietet der Exzellenzcluster beste Voraussetzungen, um die nächste Generation von Elektrochemikerinnen und Elektrochemikern auszubilden.

Die Arbeitsgruppe um Prof. Jürgen Janek ist an einer ganzen Reihe von Teilprojekten des Clusters beteiligt. Seit Januar 2019 forscht zunächst ein Team um Dr. Marcus Rohne mit fünf Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an neuen festen Ionenleitern und Zellkonzepten auf der Basis von Magnesium, Calcium und Chlor; daneben auch an der Grenzflächenkinetik von Natriumionen-Batterien. Eine wichtige Rolle spielen hierbei die im ZfM verfügbaren, speziellen analytischen Methoden, u. a. die Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometrie, die Röntgen-Photoelektronenspektroskopie und die hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie.

Erstes Konsortialtreffen der an PoLiS beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler





# DFG Forschungs- gruppe 2824

## Amorphe molekulare Materialien mit extrem nichtlinearen optischen Eigenschaften

**D**en wohl größten Anteil der kondensierten Materie bilden amorphe Materialien. Prominente Beispiele sind Flüssigkeiten oder Gläser. Nichtsdestotrotz sind die physikalischen Eigenschaften amorpher Materialien weit weniger mikroskopisch untersucht als die kristalliner Materie, da insbesondere die strukturelle Charakterisierung aber auch die homogene Herstellung und damit die Quantifizierung von Effekten große Herausforderungen darstellen.

Die Mühe lohnt sich, weil solche Materialien einige herausragende Eigenschaften aufweisen: Dazu zählt auch eine starke nichtlineare optische Antwort, die gerichtete Weißlichtemission hoher Kohärenz ermöglicht. Entsprechende Weißlichtquellen mit geringer Strahldivergenz bieten ein enormes Anwendungspotential in großen Märkten: Zum Beispiel als gerichtete Beleuchtung in adaptiven Scheinwerfern von Kraftfahrzeugen, in Head-Up Displays, die nicht blenden dürfen, oder in der Bühnentechnik. Aufgrund der spektralen Breite sind sie ideale gerichtete Weißlichtquellen. Aufgrund der hohen Kohärenz können sie für hochauflösende optische Verfahren in der Metrologie und Interferometrie oder in der optischen Kohärenztomographie für lebenswissenschaftliche und medizinische Anwendungen eingesetzt werden.

Das Phänomen der effizienten Kontinuumserzeugung in amorphen Clustermolekülen wurde von den jetzt an dieser DFG-Forschungsgruppe beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vor einigen Jahren entdeckt und soll in der Forschungsgruppe systematisch untersucht werden. Das Team aus drei Marburger und vier Gießener Arbeitsgruppen aus Physik und Chemie will den Mechanismus der Weißlichterzeugung identifizieren. Hierzu muss die Definition von Amorphizität hinterfragt werden. Ihre Rolle bei der Ausbildung des Phänomens muss verstanden und mit den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Stoffe in Bezug gesetzt werden.

Die Aktivitäten der Forschungsgruppe erstrecken sich auf drei Themen. Die mit der Materialsynthese beschäftigten Arbeitsgruppen von Prof. Dr. Stefanie Dehnen (Marburg) und Prof. Dr. Peter R. Schreiner (Gießen) haben sich zum Ziel gesetzt, eine Bibliothek von anorganischen bzw. organischen oder sogar hybriden Cluster-molekülen zu erstellen. Dies ermöglicht eine systematische Untersuchung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, um diese besser zu verstehen und gezielt nutzen zu können. Die Arbeitsgruppen von Prof. Dr. Kerstin Volz (Marburg) und Apl. Prof. Dr. Wolf-Christian Pilgrim (Marburg) nutzen experimentelle Streu- und Beugungsmethoden zur Strukturaufklärung. Hier sind insbesondere methodische Entwicklungen zur Untersuchung von nicht-kristallinen Materialien nötig. Die Struktureigenschaften sollen dann mit den optischen Eigenschaften der Materialien korreliert werden, die von Prof. Dr. Sangam Chatterjee (Gießen) und seinem Team untersucht werden. Parallel entwickeln die Gruppen von Prof. Dr. Doreen Mollenhauer (Gießen) und Prof. Dr. Simone Sanna (Gießen) das theoretische Gerüst, um die experimentellen Beobachtungen beschreiben und idealerweise vorhersagen zu können.



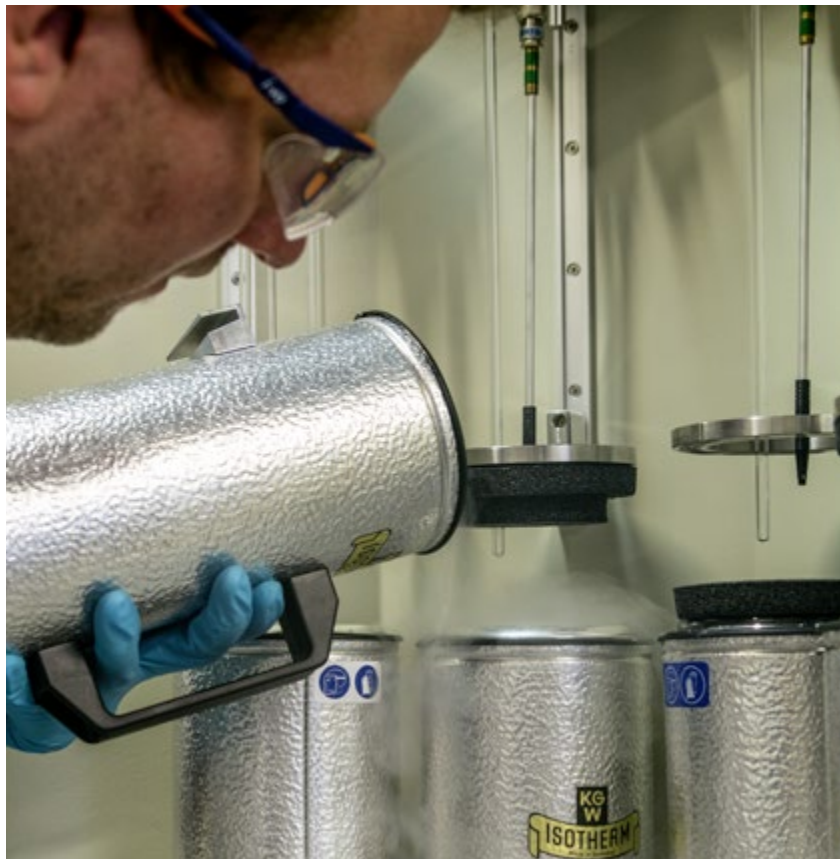
### Publikation

Eike Dornsiepen, Florian Dobener, Sangam Chatterjee, Stefanie Dehnen (2019): *Controlling the White-Light Generation of  $[(RSn)_4E_6]$ : Effects of Substituent and Chalcogenide Variation*  
ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL  
EDITION 58, S. 17041 – 17046

# EFRE-Innovationslabor ,Physik unter harschen Bedingungen‘

**D**as geplante Innovationslabor ‚Physik unter harschen Bedingungen‘ bündelt Gießener Kernkompetenzen in der Raumfahrtphysik, der Plasmaforschung, der Materialwissenschaften und in der Instrumentierung für die subatomare Physik. Ihr Zusammenwirken eröffnet gezielt Synergiepotential bei Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die sich rasant entwickelnden Hochtechnologien in den Bereichen Funktionsmaterialien und Raumfahrt, Elektromobilität und Regenerative Energien sowie in der Medizin und erschließt so neue, auch radikale Innovationspotenziale.

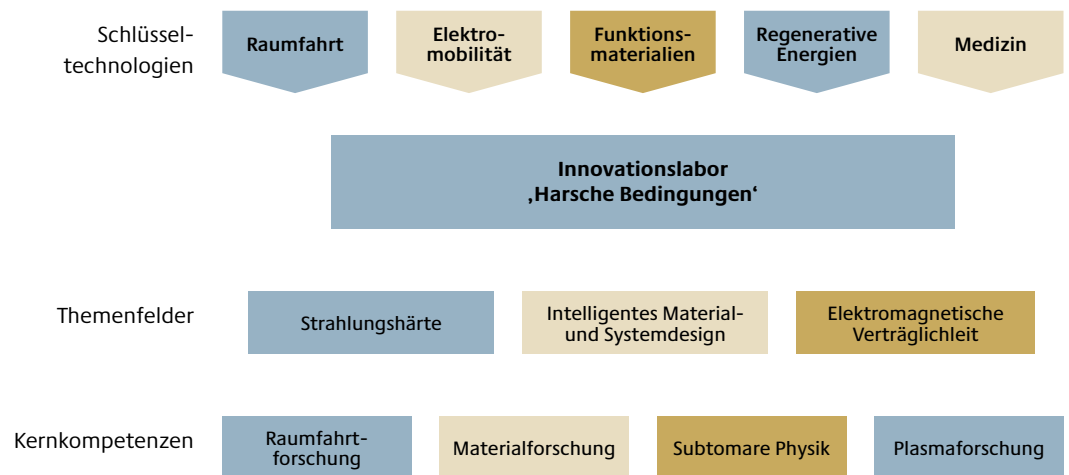
Das Innovationslabor soll ein Innovationsmotor für Industriepartner werden, seien es KMUs aus der Umgebung oder ‚Global Player‘ wie die BASF im Bereich der Elektromobilität oder die ArianeGroup im Bereich der Raumfahrt. Durch das breite Zusammenspiel der Kernkompetenzen entstehenden Innovationen, die synergetisch in weitere Hochtechnologiebereiche ausstrahlen, sowie Konzepte und Vorgehensweisen, die sich auf Problemstellungen anderer Schlüsselbereiche übertragen lassen. So wird das Innovationslabor zum Hochtechnologie-Multiplikator.



Durch systematischen Ausbau der bestehenden Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur an der JLU sowie den Aufbau von in Europa einzigartigen neuen Testanlagen wird für interessierte Unternehmen eine Plattform geschaffen, die die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in Produkte beschleunigt. Neue technische Verfahren und Technologien werden gemeinsam mit der Industrie entwickelt und wissenschaftlich begleitet, so dass ein schneller und problemloser Wissens- und Technologietransfer möglich ist.

Das geplante Innovationslabor zielt auf die Bündelung und den systematischen Ausbau der in Gießen vorhandenen Hochtechnologie-Aktivitäten in Schlüsselbereichen, in denen besondere Anforderungen an Material und Technologien gestellt werden, wie beispielsweise in der Strahlentherapie, im Weltraum oder auch in diversen Energietechnologien.





Kernkompetenzen der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, bearbeitete Themenfelder innerhalb des Innovationslabors und adressierte Schlüsseltechnologien.

Die neu zu schaffende experimentelle Infrastruktur ist auf die als zukunftssträftig identifizierten Themenfelder **Strahlungshärte**, **Elektromagnetische Verträglichkeit**, **Materialentwicklung** zugeschnitten. Gerade die Bereiche Strahlungshärte und Materialentwicklung beinhalten intrinsisch materialwissenschaftliche Fragestellungen, zu deren Lösung das ZfM mit seinen Kompetenzen und seiner apparativen Infrastruktur einen wesentlichen Beitrag leisten wird.

**Strahlungshärte:** Das robuste Verhalten von Bauelementen wie Verstärkern und Integrierten Schaltkreisen oder Energiespeichern wie Batterien, aber auch von Materialien allgemein, in intensiven Strahlungsfeldern zählt zu den großen Herausforderungen für den Einsatz moderner Technik in vielen spezifischen Anwendungen. ‚Strahlungshart‘ heißt in diesem Zusammenhang, dass sich die Bauelemente selbst oder die in ihnen eingesetzten Materialien unter starker Bestrahlung (z. B. durch kosmische Strahlung im Weltraum) nur so verändern, dass ihre Funktion unbeeinflusst bleibt oder sich zumindest über die Lebensdauer des Produktes trotz einer großen akkumulierten Dosis an ionisierender Strahlung nur graduell ändert. Gleiches gilt für strahlungsharte Informationsspeicherung, bei der die Veränderung digitaler Information in aktiven Speichern und Chipstrukturen durch ionisierende Strahlung vermieden werden muss, um eine sichere Datenspeicherung zu gewährleisten.

**Materialentwicklung:** Eine der großen Herausforderungen moderner Materialwissenschaft ist es, Funktionsmaterialien gezielt für den Einsatz unter extremen Bedingungen zu optimieren. Das betrifft viele Hochtechnologie-Schlüsselbereiche. Beispiele für ‚Elektronische Materialien‘ in diesem Zusammenhang sind (i) Halbleitermaterialien, die für Hochleistungselektronik für Höchstgeschwindigkeitsanwendungen im Telekommunikationssektor oder Hochstromanwendungen in der Elektromobilität oder für strahlungsharte Elektronik eingesetzt werden; (ii) elektronenemittierende Materialien, die für Elektronenmikroskope in der medizinischen und materialwissenschaftlichen Diagnostik oder für Hohlkathoden-Neutralisatoren in der Raumfahrt eingesetzt werden können; (iii) moderne Elektrodenmaterialien für Batterietechnologien. Um solche neu entwickelten Materialien in Bauelemente einbinden zu können und Veränderungen unter harschen Bedingungen zu analysieren, ist ein umfangreicher Methodenpark zur Charakterisierung von Materialien notwendig, der über die Methodenplattformen des ZfM zur Verfügung steht.

# Neues Beschichtungsverfahren für die optische Industrie

## EFRE-Projekt ‚2DIBS‘

**Förderung aus Mitteln der Europäischen Union für AG Chatterjee (I. Physikalisches Institut und Zentrum für Materialforschung)**

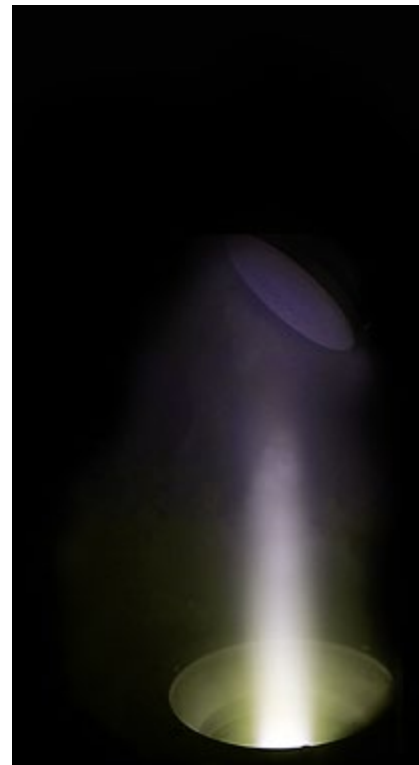
Im Projekt ‚Validierung hochverspannter Multilagenschichtsysteme für innovative Optiken durch simultanes, beidseitiges Beschichten – 2DIBS‘ wird ein Verfahren zur beidseitigen simultanen Beschichtung von planaren Substraten mit komplexen Multilagenschichten realisiert. Die in-situ Kontrolle der Schichtdicken erlaubt eine bisher nicht erreichte Präzision. Durch die konsequente Weiterentwicklung und Kombination vorhandener Technologien bietet der Projektansatz neue Lösungsstrategien für Beschichtungen.

Die heute im industriellen Umfeld standardmäßig eingesetzten Beschichtungsverfahren – beispielsweise für Antireflex-Schichten auf optischen Linsen – stoßen an ihre Grenzen, wenn es darum geht, temperaturempfindliche Substrate zu beschichten oder hochverspannte Schichtsysteme herzustellen.

Eine der derzeit leistungsfähigsten Beschichtungstechnologien ist die Ionenstrahl-Sputterdeposition (engl. ion-beam sputter-deposition, IBS). Diese erlaubt die Herstellung von extrem anspruchsvollen Dünnschichtsystemen aus neuen Materialien auf einer Vielzahl von Substraten – auch auf besonders empfindlichen. Die Qualität der Schichten, die mit dem IBS-Verfahren erzeugt werden können, übertrifft in vielen Fällen die von konventionell erzeugten Schichten.

Der in der IBS eingesetzten Ionenquelle kommt bei diesem Verfahren eine entscheidende Bedeutung zu. Die an der JLU im Rahmen des LOEWE-Schwerpunkts RITSAT weiterentwickelten Ionenquellen für Raumfahrtanwendungen eignen sich auch hervorragend für IBS-Anwendungen, so dass Schichten verschiedenster Materialzusammensetzung mit bisher nicht erreichter Homogenität und Präzision auch bei niedrigen Substrattemperaturen erzeugt werden können.

Die äußerst kompakte Bauform der Raumfahrt-Ionenquellen erlaubt es, mehrere Quellen in eine Kammer zu integrieren; so ist eine simultane beidseitige Beschichtung der planaren Substrate möglich, wodurch Verspannungen kompensiert werden können und eine Verformung des Substrats vermieden werden kann. Die niedrige Substrattemperatur erlaubt auch das Beschichten von empfindlichen Substraten auf Polymerbasis.



### Publikation

Martin Becker, Mario Gies, Angelika Polity, Sangam Chatterjee, Peter J. Klar (2019): *Materials processing using radio-frequency ion-sources: Ion-beam sputter-deposition and surface treatment*  
REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 90, 023901



Anlässlich Ihres Antrittsbesuchs an der JLU am 22.03.2019 hat die hessische Wissenschaftsministerin Angela Dorn den Förderbescheid über rund 950.000 € für das Vorhaben ‚2DIBS - Validierung hochverspannter Multilagen-Schichtsysteme für innovative Optiken durch simultanes beidseitiges Beschichten‘ an den Projektleiter Prof. Sangam Chatterjee überreicht.

## Das Validierungsprojekt zielt auf konkrete Innovationen und Folgeinnovationen ab:

- > *Simultane beidseitige Beschichtung bietet die Möglichkeit zur Herstellung von stark verspannten Schichten, da die resultierenden Kräfte während der Herstellung kompensiert werden. Somit sind Materialkombinationen zugänglich, die in herkömmlichen Verfahren nicht oder nicht in ausreichender struktureller Qualität zugänglich sind.*
- > *Kalte Beschichtung erlaubt eine unabhängige Steuerung der Substrattemperatur und den Einsatz von Kunststoffsubstraten, die sich bei herkömmlichen Prozessen verformen.*
- > *In-situ Schichtoptimierung durch Verdichtung mittels niederenergetischem Ionenfluss oder Nachpolieren zur Dickenoptimierung.*
- > *Das erweiterte Materialspektrum bietet einen größeren Parameterbereich der physikalischen Eigenschaften der im Schichtsystem eingesetzten Einzelschichten (z. B. thermische Ausdehnung, Brechungsindex und Dispersion) und somit eine größere Flexibilität bei der Einstellung der gewünschten Multischichtfunktion.*
- > *Kombinatorisch erzeugte Mischsysteme ermöglichen die gezielte Einstellung von Zusammensetzungsgradienten in der Schichtebene. Diese bieten neuen Freiraum im Beschichtungsdesign. So lassen sich spezielle Beschichtungen mit komplexem Reflexionsverhalten realisieren, sodass lokal beispielsweise besondere Farbeindrücke erzielt werden.*

*Die Förderung des Projektes erfolgt im Rahmen des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) aus dem EFRE-Programm des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst zur Stärkung von Forschung, technischer Entwicklung, Transfer und Innovation an Hochschulen sowie Forschungs- und Transfereinrichtungen.*

# Festkörperchemie & Anorganische Materialien

## AG Prof. Dr. Klaus Müller-Buschbaum

**K**laus Müller-Buschbaum ist seit April 2019 Inhaber der Professur für Anorganische Chemie. Er ist damit an seinen Geburtsort Gießen und seine Alma Mater zurückgekehrt, denn er hatte zuvor an der JLU Gießen Chemie studiert und zwischen 1995 und 1998 seine Promotionsarbeit bei Prof. Johannes Beck durchgeführt.

Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Festkörperchemie und anorganische Materialien. Dabei widmet sich die Gruppe auch dem Entwickeln und Einbringen festkörperchemischer Synthesemethoden in andere Bereiche der anorganischen Chemie, wie zum Beispiel in die Koordinationschemie.

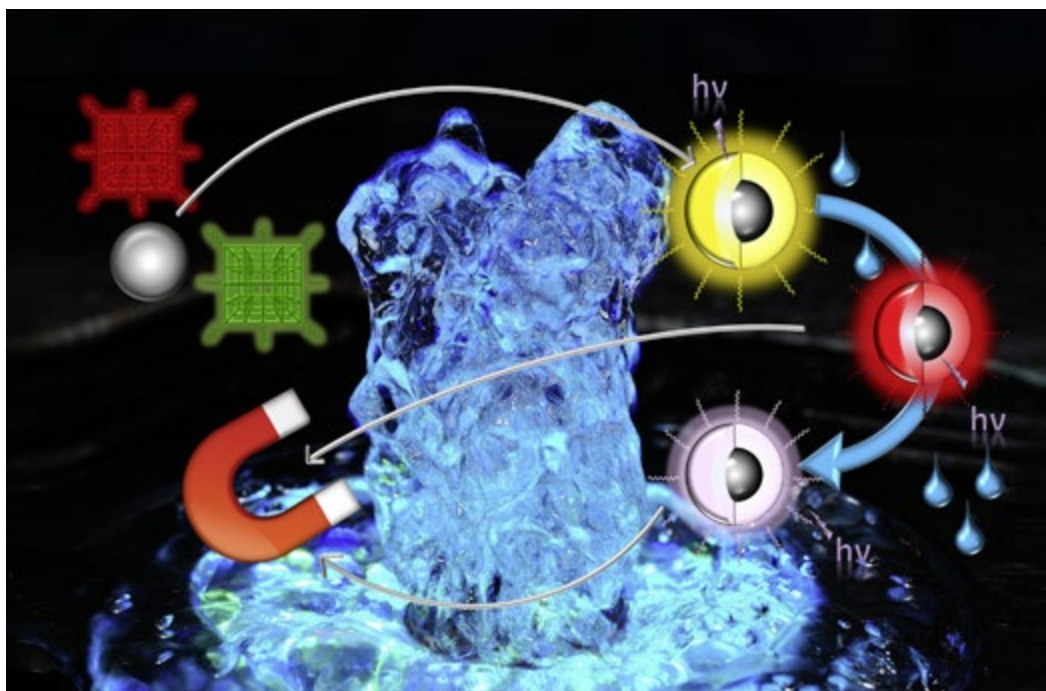
Zu den Forschungsschwerpunkten der AG von Klaus Müller-Buschbaum zählen funktionale Komposite und anorganisch-organische Hybridmaterialien, beispielsweise die Klasse der sogenannten Metal-Organic Frameworks (MOFs) und ihre optischen Eigenschaften mit einem Fokus auf Lumineszenz. Dabei soll Multifunktionalität gezielt generiert und eingestellt werden. So lassen sich aus lumineszierenden MOFs smarte, optisch schaltbare Filme erzeugen, die reversibel von transparent zu absorbierend und emittierend geschaltet werden können.

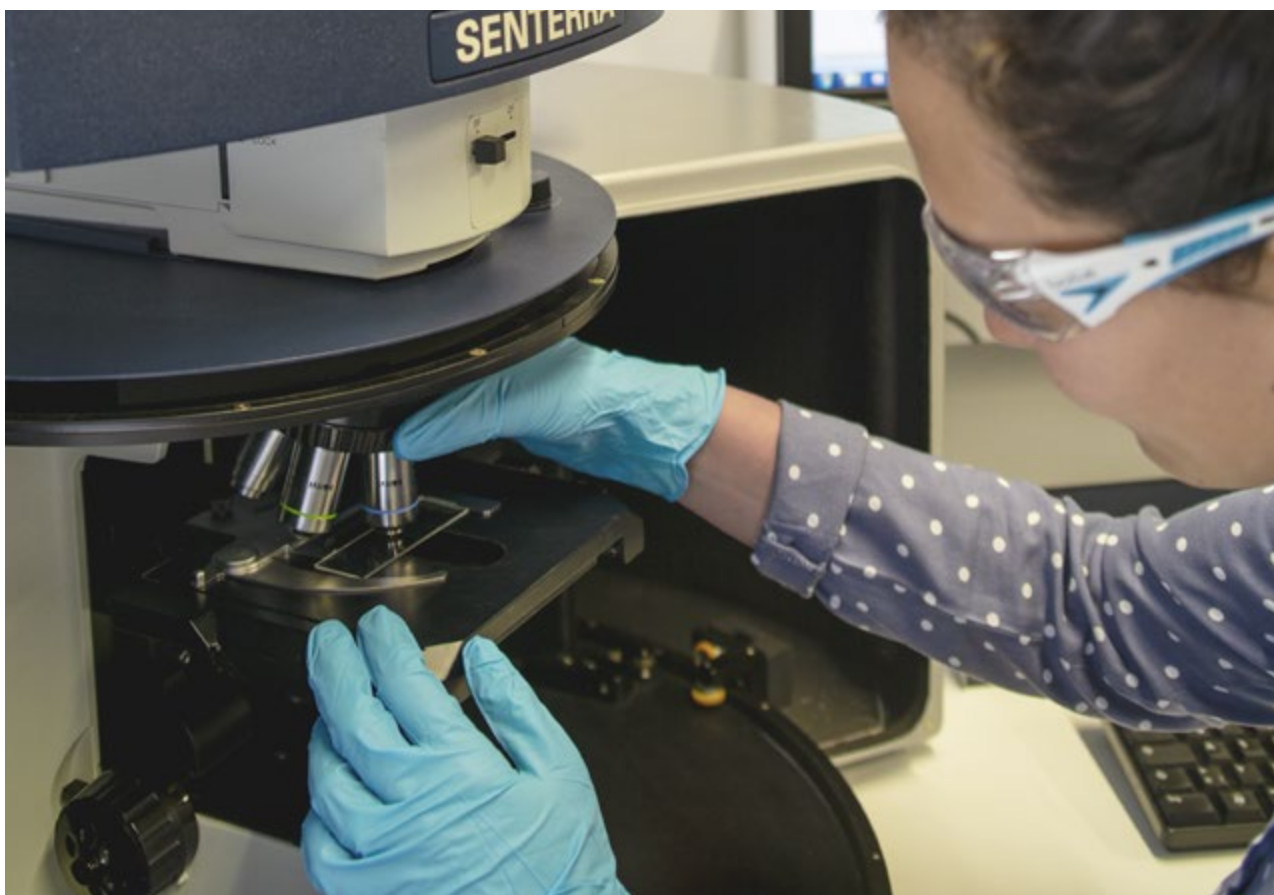


### Prof. Dr. Klaus Müller-Buschbaum

ist seit April Professor für Anorganische Chemie (W3) an der JLU Gießen. Zuvor war er von 2010–2019 Professor (W2) an der Universität Würzburg, Rufe an die Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg (2018) und die TU Chemnitz (2009) lehnte er ab. Davor war er von 2007–2010 als Heisenbergstipendiat und Privatdozent an der LMU München tätig, habilitierte sich an der Universität zu Köln 2005 und war dort Privatdozent und wissenschaftlicher Assistent. Von 1999–2001 bekam er ein Forschungstipendium der DFG, mit dem er 2000 an der School of Chemistry der Monash University in Australien als PostDoc und Visiting Academic tätig war.

Prof. Müller-Buschbaum ist seit 2018 im Vorstand der Fachgruppe Festkörperchemie und Materialforschung der GDCh und seit 2019 Delegierter der EuChemS Division Solid State and Materials Chemistry.





Äußere Stimuli chemischer und physikalischer Natur wie kleine Moleküle, Ionen, Temperatur oder mechanische Verspannung lassen sich mit den Verbindungen und Systemen sensorisch erfassen und entweder ‚on-the-fly‘ auf kurzer Zeitskala oder als Realstatusanalyse über lange Zeiträume beobachten.

Durch Füllen der MOFs mit anderen Materialien erhält man Hybridmaterialien, die ungewöhnliche Kombinationen von Materialeigenschaften aufweisen, wie z. B. Lumineszenz und Ferro- oder Ferrimagnetismus, die aufgrund der gegenseitigen elektronischen Beeinflussung von denen der Ausgangsmaterialien abweichen können und sich sogar durch Variation von Strukturparametern einstellen lassen. Damit können z. B. neue, nachhaltige Sensorkonzepte entwickelt werden, bei denen Lumineszenz als sensorische Eigenschaft und magnetische Eigenschaften für ein Sammeln/Wiederverwenden und als Signalverstärkung zum Einsatz kommen.

### Publikationen

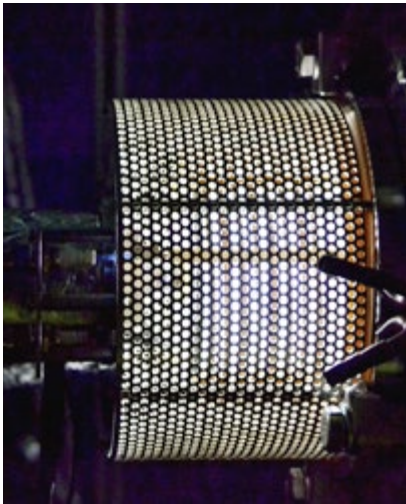
Karl Mandel, Tim Granath, Tobias Wehner, Marcel Rey, Werner Stracke, Nicolas Vogel, Gehard SEXTL, Klaus Müller-Buschbaum (2017): *Smart Optical Composite Materials: Dispersions of Metal–Organic Framework@Superparamagnetic Microrods for Switchable Isotropic–Anisotropic Optical Properties* ACS Nano 11 (1), S. 779–787

Klaus Müller-Buschbaum, Florian Beuerle, Claus Feldmann (2015): *MOF based luminescence tuning and chemical/physical sensing* MICROPOROUS AND MESOPOROUS MATERIALS 216, S. 171–199

Max Rieger, Michael Wittek, Philip Scherer, Stefan Löbbbecke, Klaus Müller-Buschbaum (2018): *Preconcentration of Nitroalkanes with Archetype Metal–Organic Frameworks (MOFs) as Concept for a Sensitive Sensing of Explosives in the Gas Phase* ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS 28, 1704250

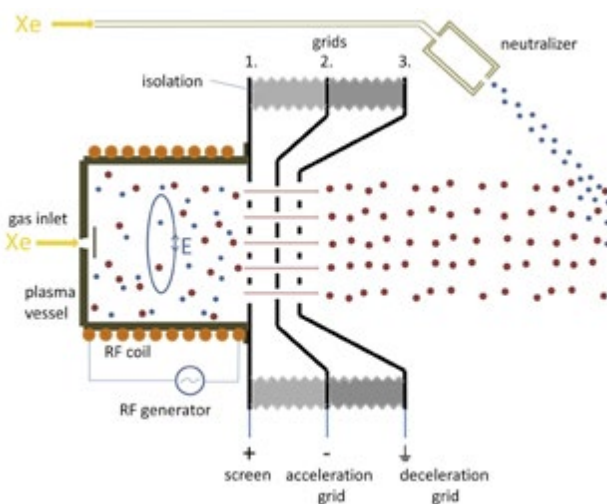
# Elektromobilität im Weltraum

Unter ‚Raketen‘ versteht man im üblichen Sprachgebrauch Raketen mit chemischem Antrieb, wie beispielsweise die Ariane 5. In den letzten Jahren hat mit den elektrischen Raumfahrtantrieben eine andere Antriebstechnologie an Bedeutung gewonnen. Solche Triebwerke generieren zwar nur kleine Schübe in der Größenordnung von 1 N (die Vulcain 2 Hauptstufe einer Ariane 5 Rakete erzeugt hingegen einen Schub von 1 MN), diese reichen aber für das Manövrieren im Weltraum in den meisten Missions-szenarien aus. Dort ist insbesondere die Masseneffizienz von Bedeutung, die ein Maß dafür darstellt, wie viel Treibstoff benötigt wird, um eine bestimmte Impuls-änderung hervorzurufen. Hier sind die elektrischen Raumfahrtantriebe etwa zehn Mal effizienter, weil die Ausstoßgeschwindigkeit des Treibstoffs signifikant größer ist als bei chemischen Verbrennungen und die gleiche Impulsänderung somit weniger Treibstoff erfordert. Dies erklärt den steigenden Bedarf an elektrischen Antrieben sowohl für den kommerziellen Markt als auch für hoch spezialisierte wissenschaftliche Missionen. Für geplante Satellitenformationen im LEO (Low Earth Orbit), wie beispielsweise für das Projekt ‚OneWeb‘, welches flächendeckenden Internetzugang auch an entlegenen Orten der Erde ermöglichen soll, werden hunderte Minisatelliten benötigt – daher entwickeln sich die elektrischen Raumfahrtantriebe in jüngerer Zeit sogar zu einem Massenprodukt.



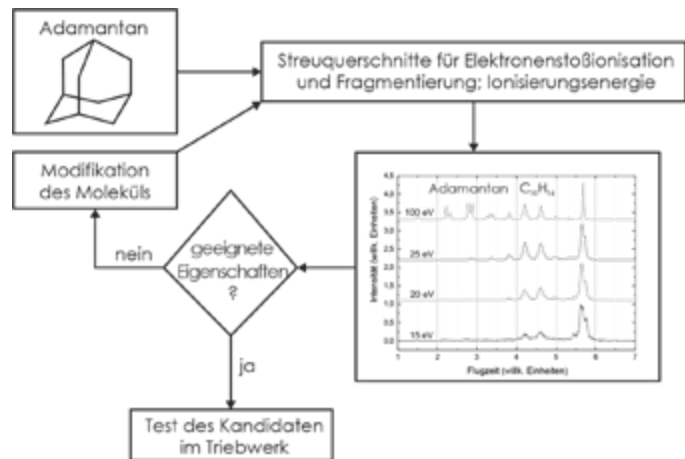
Mit Adamantan betriebenes  
Radiofrequenz-Iontriebwerk

Für die Weiterentwicklung der Technologie spielen materialwissenschaftliche Fragestellungen eine wichtige Rolle, wie beispielsweise die Erforschung von alternativen Treibstoffen für elektrische Raumfahrtantriebe. Derzeit wird vor allem das teure Edelgas Xenon als Treibstoff eingesetzt. Dieses ist mit einem Volumenanteil in der Luft von 87 ppb eine knappe Ressource und wird als Nebenprodukt bei der Luftverflüssigung gewonnen. Für das Orbit Raising eines Satelliten (Gesamtgewicht 5 Tonnen) mit elektrischen Antrieben von tiefer Erdumlaufbahn bis in den geostationären Orbit, das Station-Keeping – also das Halten der Umlaufbahn über die Betriebszeit – sowie für das De-Orbiting am Ende der Satellitenlebensdauer werden insgesamt etwa 800 kg Xenon benötigt – bei einem aktuellen Marktpreis von ca. 1200€ pro kg Xenon entstehen Kosten in Höhe von insgesamt knapp 1 Mio. €.



Schema eines Radiofrequenz-  
Iontriebwerks

Stoffe, die als Alternativen in Frage kommen, müssen klar definierte Eigenschaften haben: eine hohe atomare Masse, eine niedrige Ionisierungsenergie, einen großen Streuquerschnitt für Elektronenstoßionisation sowie eine niedrige Verdampfungstemperatur. Hinzu kommen ein möglichst geringer Preis (Ressourcenverfügbarkeit) und eine gute Umweltverträglichkeit (geringe Toxizität und gute chemische Verträglichkeit mit Testanlagen und Satellitenkomponenten). Diese Kriterien gemeinsam lassen sich allerdings von keinem Element des Periodensystems erfüllen.



Dies wirft die fundamentale Frage auf, ob es in der wesentlich umfangreicheren Welt der Moleküle geeignete Treibstoffkandidaten gibt und ob Moleküle durch gezieltes chemisches Design für die Anwendung als Treibstoff optimiert werden können.

Im DLR-Vorhaben wird ein iterativer Ansatz zur Optimierung der Moleküle verfolgt

In einem gemeinsamen DLR-Vorhaben haben die Arbeitsgruppen von Prof. Peter J. Klar (I. Physikalisches Institut) und Prof. Peter R. Schreiner (Institut für Organische Chemie) damit begonnen, sich dieser Frage zu widmen. Ausgangspunkt ist das Molekül Adamantan aus der Klasse der Diamantoide, einer Gruppe von  $sp^3$ -hybridisierten Kohlenwasserstoffverbindungen, bei denen die Anordnung der Kohlenstoffatome derjenigen im Diamantgitter entspricht. Die größte Herausforderung beim Einsatz von Molekülen als Treibstoff ist, zu verhindern, dass diese im Plasma innerhalb des Triebwerks fragmentieren. Um mehr über diese Fragmentierungsprozesse und darüber zu lernen, wie man stabilere Moleküle designen kann, verfolgt das Projekt einen iterativen Ansatz zur Optimierung der Moleküle durch chemische Adaption. Ziel ist es, die Ionisierungsenergie zu senken und gleichzeitig die Stabilität der Moleküle zu erhöhen. Diese grundlegende materialwissenschaftliche Aufgabe steht im Grenzbereich zwischen Plasmaphysik und chemischer Synthese, und ihre Lösung soll eine klar definierte praktische Anwendung ermöglichen: den kostengünstigen Betrieb elektrischer Raumfahrtantriebe.

Element	Mass (amu)	$I_i$ (eV)	$T_b$ (K)
Li	6.939	5.390	1603.0
Kr	83.800	13.996	121.1
Cd	112.400	8.991	1038.0
I	126.900	10.440	457.2
Xe	131.300	12.127	165.2
Cs	132.905	3.893	963.2
Hg	200.590	10.434	630.2

Mögliche atomare Treibstoffe für Ionentriebwerke

### Publikationen

Hartmut Schwertfeger, Andrey A. Fokin, Peter R. Schreiner (2008):

*Diamonds are a Chemist's Best Friend: Diamondoid Chemistry Beyond Adamantane*  
 ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL  
 EDITION 47, S. 1022-1036

Patrick Dietz, Waldemar Gärtner, Quirin Koch, Peter E. Köhler, Yan Teng, Peter R. Schreiner, Kristof Holste, Peter J. Klar (2019):

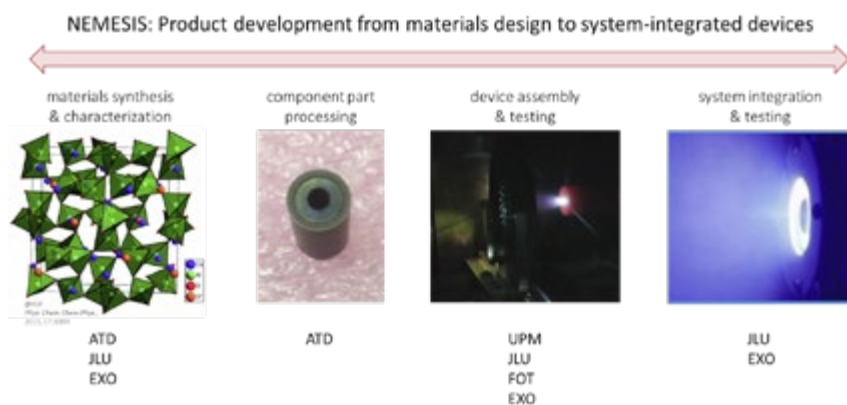
*Molecular propellants for ion thrusters*  
 PLASMA SOURCES SCIENCE AND TECHNOLOGY 28, 084001

# Doppelerfolg beim EPIC-Call in Horizon 2020

Der AG Ionentriebwerke am I. Physikalischen Institut um Prof. Klar und Dr. Holste ist ein Doppelerfolg bei der EPIC-Ausschreibung ‚Disruptive Technologies‘ im Rahmen von Horizon 2020 gelungen. Nur 6 von 21 Verbundprojekten (Finanzierungsumfang je 1-2 Mio. € für bis zu 3 Jahre) werden nach Begutachtung in dieser Förderlinie gefördert. Die AG Ionentriebwerke ist an zwei dieser Verbundprojekte, NEMESIS und iFACT, beteiligt. Diese Projekte – zusammen mit den drei großen Projekten in der ‚incremental‘-Linie – bilden den prestigeträchtigen *Strategic Research Clusters* zu Elektrischen Raumfahrtantrieben, der die Unabhängigkeit der EU im Bereich dieser Hochtechnologie im Weltraum sicherstellen soll. Damit konnte die AG Ionentriebwerke an den Erfolg in der ersten EPIC-Ausschreibung 2016 anschließen, in der sie am MINOTOR-Konsortium beteiligt war.

## NEMESIS-Konsortium

Bei NEMESIS geht es um Neutralisatoren für elektrische Raumfahrtantriebe. Ein Neutralisator ist nichts anderes als eine Elektronenquelle. Die vom Neutralisator ausgestoßenen negativ geladenen Elektronen kompensieren die Ladung der positiven Ionen, die das elektrische Triebwerk zur Schuberzeugung ausstößt. Dadurch bleibt der Satellit elektrisch neutral und wird in seiner Funktion nicht gestört. Das Konsortium besteht aus der spanischen Firma ATD, der JLU und der Universidad Politécnica de Madrid als Hochschulen, dem französischen Triebwerksentwickler Exotrail und dem österreichischen Forschungsinstitut FOTEC. Es soll eine neuartige Neutralisator-technologie auf Basis des Elektrizitätsmaterials  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ , das sich durch Reduktion der Oxidkeramik  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$  („Mayenit“) herstellen lässt, entwickelt werden. Hierbei soll die gesamte Entwicklungskette von der Materialherstellung über die Materialcharakterisierung und Bauelemententwicklung bis zum Funktionstest der Neutralisatoren abgedeckt werden. Die JLU ist sowohl an der Materialcharakterisierung als auch an der Neutralisatorentwicklung und den zugehörigen Tests in Kombination mit Triebwerken der Firma Exotrail beteiligt. Hierbei wird insbesondere Jod als kostengünstige Alternative zu Xenon als Treibstoff untersucht.

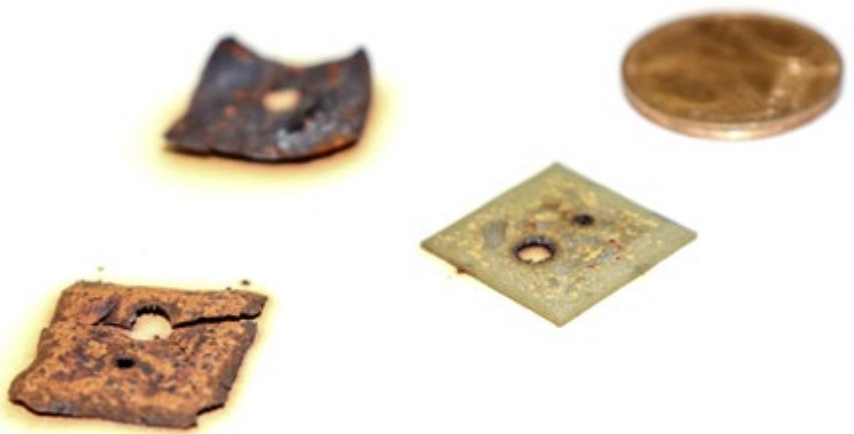


Entwicklungskette im NEMESIS-Konsortium



## iFact Konsortium

Partner des Konsortiums sind Airbus Friedrichshafen (Deutschland), Airbus Toulouse (Frankreich), die JLU und die University of Southampton (UK), das Fraunhofer IKTS (Deutschland), EASN Technology Innovation Services (Belgien), Aerospazio Tecnologie S. r. l. (Italien), sowie Endurosat (Bulgarien). Es soll ein neuer, mit Jod betriebener Triebwerkstyp für den Weltraum weiterentwickelt werden (von Technology Readiness Level (TRL) 4 bis 7; von 9 TRL insgesamt). Die Hauptaufgabe der JLU besteht in der Untersuchung des Einflusses von Jod auf die im Triebwerkssystem und auf dem Satelliten eingesetzten Materialien. Bei diesen Materialuntersuchungen ist es von entscheidender Bedeutung, Weltraumbedingungen zu simulieren, d. h. die Materialien nur dem Jod-Ionenstrahl oder Joddampf auszusetzen und dabei den Einfluss von Luft und insbesondere Luftfeuchtigkeit zu vermeiden.

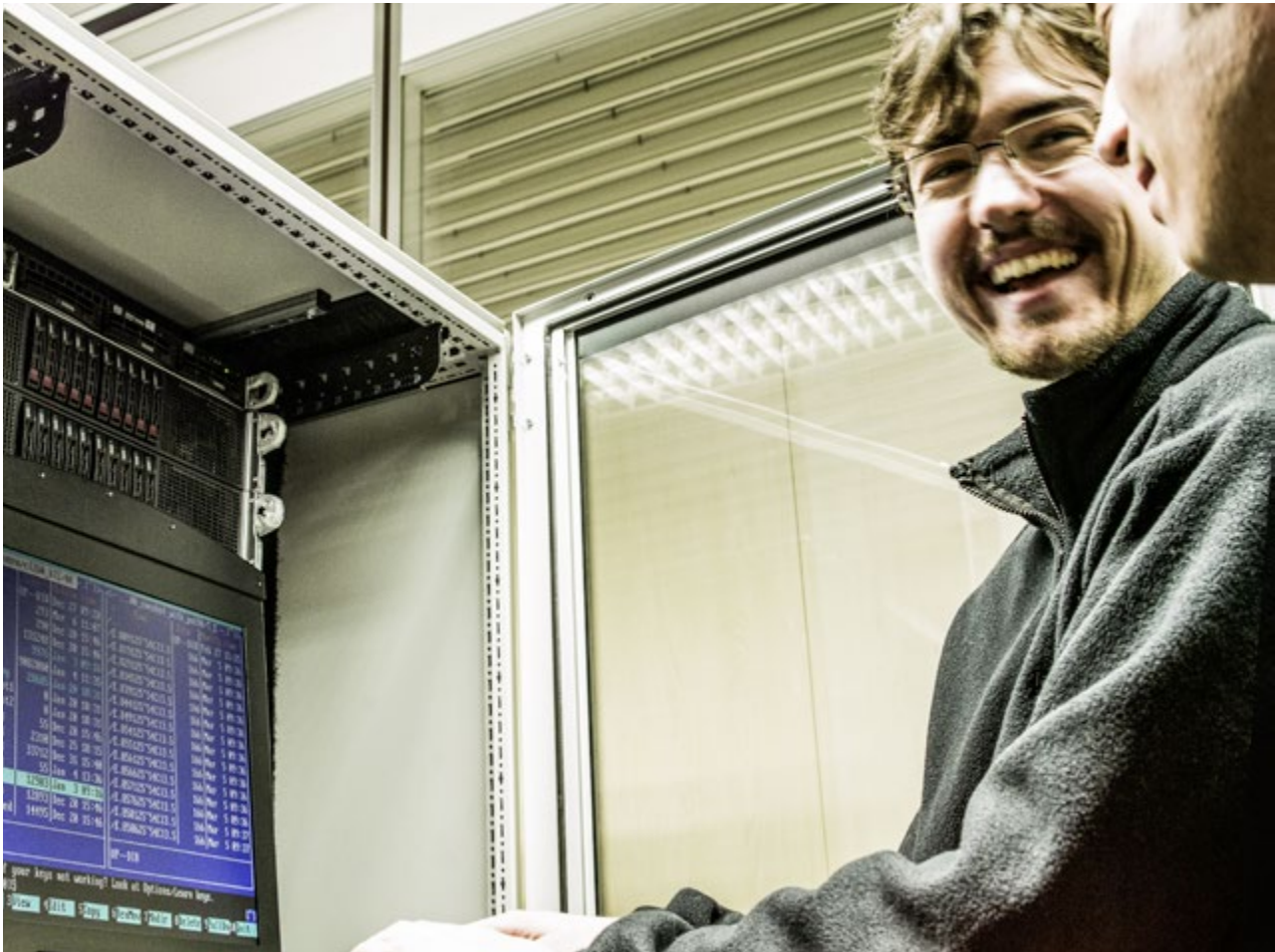


Titanplättchen nach der Behandlung mit Jod

Neben der Kompetenz im Bereich der elektrischen Raumfahrtantriebe als Grundvoraussetzung war die sichtbare Gießener Kompetenz in materialwissenschaftlichen Fragestellungen ein wesentlicher Pluspunkt, der zu den beiden Projekteinwerbungen geführt hat. Die Materialkompetenz konnte in den Anträgen nicht zuletzt aufgrund des Konzeptes der Methodenplattformen des ZfMs hervorragend herausgestellt werden. Die frei zugänglichen Methodenplattformen des ZfM mit ihren ausgezeichneten apparativen Ausstattungen sind so bei der Antragstellung gezielt in die Waagschale geworfen worden.

Der Erfolg in dieser EU Horizon 2020-Projektklinie zur Raumfahrt ist ein weiteres Beispiel dafür, dass Materialwissenschaft untrennbar mit der Entwicklung ganz vielfältiger Hochtechnologien verknüpft ist und einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung unserer Gesellschaft und unseres Lebensstandards leistet.





# Neuer Hochleistungsrechner an der JLU

## Grundlage für die theoretische Materialforschung

**M**oderne Materialwissenschaft ist ohne ein enges Zusammenspiel von Theorie und Experiment kaum denkbar. Dabei untersucht die theoretische Materialforschung Eigenschaften moderner Materialien von der atomaren über die mikroskopische bis hin zur makroskopischen Skala. Die am Zentrum für Materialforschung theoretisch arbeitenden Forschungsgruppen sind vor allem auf die atomare Skala fokussiert. Mit Methoden der Quantenmechanik werden Wechselwirkungen zwischen Atomen beschrieben, deren vielseitiges Wechselspiel direkt die Materialeigenschaften bestimmt.

Eine solche möglichst exakte Beschreibung erfordert erhebliche Rechenkapazitäten. Aus diesem Grund gehört die theoretische Materialforschung des ZfM zum Bereich des Hochleistungsrechnens (*High Performance Computing, HPC*). Hinter diesem Begriff verbergen sich sowohl Hardware als auch wissenschaftliche Software, die diese Hardware effizient nutzen kann. Bei HPC-Rechenclustern handelt es sich um Rechenknoten, also einzelne Hochleistungsrechner, die durch ein hochmodernes Netzwerk zusammengeschaltet sind. Für diese wird wissenschaftliche Software benötigt, die Berechnungen parallelisiert ausführen kann. Dies bedeutet, dass die Software komplexe Algorithmen über mehrere Rechenknoten verteilen kann, was die Rechenzeit drastisch reduzieren kann. Somit werden aufwendige Berechnungen überhaupt erst ermöglicht.

Im HPC-Bereich werden unterschiedliche Systeme nach ihrer Größe und nach der Verfügbarkeit unterschieden. Die sogenannten *Tier-Level* unterscheiden lokale (Tier 3), bundeslandspezifische (Tier 2), nationale (Tier 1) und europäische (Tier 0) HPC-Cluster. Die Tier 3-Ebene hat dabei vor allem die Aufgabe, weniger aufwändige Berechnungen durchzuführen, Methoden zu entwickeln und Anträge für größere HPC-Cluster vorzubereiten. Am ZfM selbst wird bereits seit mehreren Jahren der HPC-Cluster ‚Yacana‘ von der AG Heiliger betrieben und zusätzlich von den AGs Mollenhauer und Sanna genutzt.

Da Rechentechnik vergleichsweise schnell veraltet und der Bedarf durch die stetig wachsende Komplexität moderner Materialien steigt, ist eine kontinuierliche Weiterentwicklung der verwendeten Methoden und die fortwährende Erneuerung der Hardware notwendig. Dies schließt auch eine möglichst intensive Beratung von Nutzerinnen und Nutzern ein, um vorhandene Hardware effizient nutzen zu können. Die JLU hat hier durch die Einrichtung der *HPC-Core Facility* einen wichtigen Schritt unternommen. Neben der Bereitstellung der Hardware bietet die *HPC-Core Facility* Nutzerberatungen und -schulungen an. Letzteres ist eingebettet in das Hessische Kompetenzzentrum für Hochleistungsrechnen (HKHLR).

Innerhalb der *HPC-Core Facility* geht Ende 2019 der neue zentrale HPC-Cluster in Betrieb, der den vorhandenen veralteten zentralen HPC-Cluster ersetzen wird. Die Investitionskosten für den Cluster belaufen sich auf knapp 1,7 Millionen Euro, von denen 676.000€ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eingeworben wurden. Von den insgesamt fünf am Großgeräteantrag beteiligten Arbeitsgruppen waren mit den AGs Mollenhauer, Sanna, Schreiner und Heiliger vier Gruppen Mitglieder des ZfM. Dies unterstreicht die enorme Bedeutung von HPC in der theoretischen Materialforschung.

Der neue HPC-Cluster besteht aus 520 CPUs mit 6.240 Rechenkernen. Dabei besitzen 252 Rechenknoten jeweils 192 GB und vier Rechenknoten jeweils sogar 1,5 TB Arbeitsspeicher. Diese für einen HPC-Cluster sehr großen Arbeitsspeicher reflektieren die Anforderungen an die Beschreibung von ungeordneten Materialien, von Transporteigenschaften und von optischen Eigenschaften komplexer Materialien. Von den insgesamt zur Verfügung stehenden 54 Millionen CPU-Stunden pro Jahr stehen den im ZfM in der theoretischen Materialforschung arbeitenden AGs 70% zur Verfügung.

Das ZfM unterstützt die theoretische Materialforschung und die Zusammenarbeit von Theorie und Experiment. In der Industrie wird die Bedeutung von experimentell und theoretisch erhaltenen Daten immer wichtiger. Gerade hier wird das ZfM in Zukunft verstärkt aktiv werden, zum Beispiel im Rahmen von Vorträgen und Schulungen bis hin zum geplanten Aufbau einer Materials Library für die standardisierte Speicherung von Daten im Bereich der Materialforschung.



100  $\mu\text{m}$

# WISSENSCHAFTLICHER NACHWUCHS

**038**

Förderung des wissenschaftlichen  
Nachwuchses

**040**

Nachwuchsgruppe Dr. Teresa Gatti

**042**

Nachwuchsgruppe  
Dr. Ing. Daniel Schröder

**045**

Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe  
Dr. Urs Gellrich

**046**

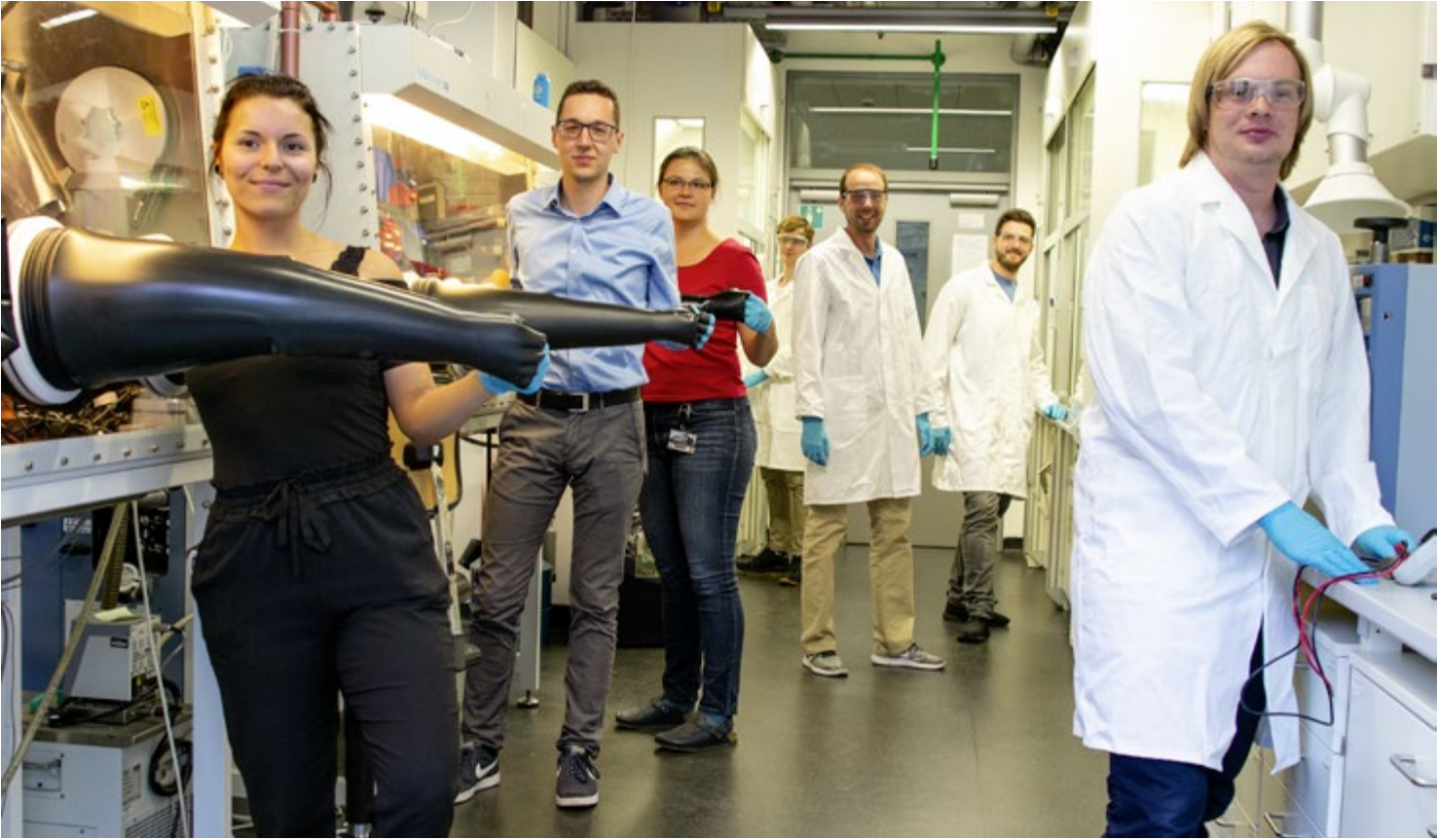
Heisenberg-Stipendiat PD Dr. Dirk  
Dietzel

**048**

Externe Promotionen – die Universität  
öffnet sich nach außen

**050**

Plattform für strukturierte Promotions-  
ausbildung in den Materialwissen-  
schaften



# Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

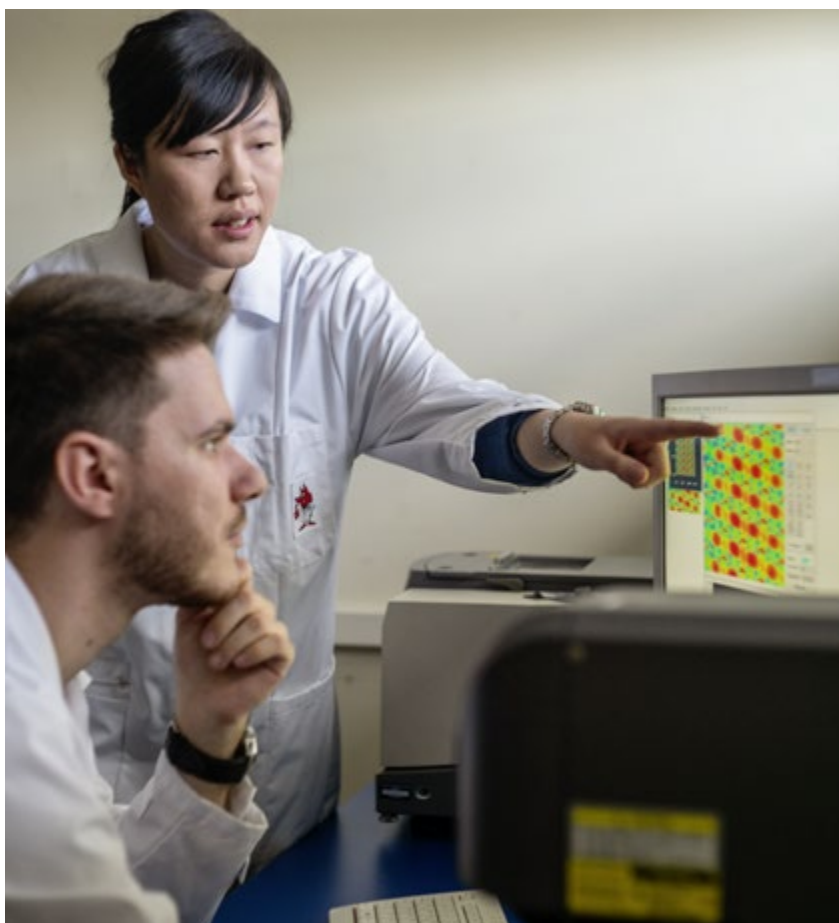
**D**ie Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses hat einen besonderen Stellenwert in der Arbeit des ZfM. Der Standort Gießen hat sich in den letzten Jahren immer mehr zum Attraktor für Nachwuchsforschende aus dem In- und Ausland entwickelt, was sowohl an der Vielzahl ‚auswärtiger‘ Promovierender und PostDocs als auch anhand der oft hochkarätigen Förderung der Nachwuchsforscherinnen und -forscher – z. B. im Emmy-Noether- oder im Heisenberg-Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), sowie im NanoMatFutur-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) – deutlich wird. Am ZfM arbeiten derzeit acht Nachwuchsgruppen (NWG), von denen einige auf den folgenden Seiten vorgestellt werden.

Nachwuchsgruppen, die noch keine umfangreiche Geräteausstattung besitzen, profitieren in besonderem Maße von der Forschungsinfrastruktur und den Methodenplattformen des Zentrums. Letztere ermöglichen den unbürokratischen Zugang zu praktisch allen relevanten Techniken der modernen Materialforschung und unterstützen so die Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler beim Aufbau eines eigenständigen Forschungsprofils.

Im Bereich der Nachwuchsgruppen konnte in 2018/2019 eine Reihe von Erfolgen verzeichnet werden. So konnte mit der Nachwuchsgruppe von Dr. Urs Gellrich (Institut für Organische Chemie) eine weitere Emmy-Noether-Gruppe an der JLU aufgebaut werden. Dr. Dirk Dietzel (Institut für Angewandte Physik) war mit seinem Forschungsprojekt ‚Grenzflächenadaption in der Nanotribologie: Grundlagen und Anwendung auf reale Systeme‘ im renommierten Heisenberg-Programm erfolgreich. Seit Frühjahr 2019 forscht die im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs 2204 am ZfM installierte Nachwuchsgruppe von Dr. Teresa Gatti (vormals Universität Padua) an funktionellen Kompositmaterialien für Anwendungen in der Optoelektronik. Dr. Daniel Schröder (Nachwuchsgruppe am Physikalisch-Chemischen Institut) erhielt 2018 den Joachim Walter Schultze-Preis der Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e. V. (AGEF), und Dr. Wolfgang Zeier (ebenfalls Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe, Vorstellung im Jahresbericht 2016/2017) wurde 2018 mit dem Dr.-Herbert-Stolzenberg-Preis der JLU ausgezeichnet.

Aus dem ZfM ausgeschieden ist Dr. Roland Marschall (Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe am Physikalisch-Chemischen Institut bis 07/2018) – er wurde im August 2018 zum Lehrstuhlinhaber für Physikalische Chemie III an der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth ernannt. Der ehemalige NWG-Leiter Philipp Adelhelm wurde 2019 von Jena an die Humboldt-Universität Berlin berufen.

Mit der Promotionsplattform PriMa, die 2013 als Projekt im Rahmen des hessischen Studienstrukturprogramms eingerichtet wurde und die im ZfM weiterentwickelt wird, steht dem wissenschaftlichen Nachwuchs in der Materialforschung eine wachsende Auswahl an fachübergreifenden und außerfachlichen Ausbildungselementen zur Verfügung. PriMa richtet sich mit seinen kostenfreien Angeboten neben den ca. 150 Promovierenden auch an die Postdocs und die Master-Studierenden der beteiligten Gruppen. Das Kursprogramm besteht hauptsächlich aus ein- bis zweitägigen Workshops, die von externen Referentinnen und Referenten geleitet werden, und umfasst vielfältige Kompetenzbereiche vom wissenschaftlichen Arbeiten über die Karriereplanung und das Unternehmertum bis hin zur Persönlichkeitsentwicklung. PriMa kooperiert dabei mit anderen Graduiertenzentren wie dem Internationalen Gießener Graduiertenzentrum Lebenswissenschaften (GGL) und dem Graduiertenzentrum der THM – etwa durch gemeinsam organisierte Workshops und den Austausch von Restplätzen in weniger nachgefragten Kursen.



# Nachwuchsgruppe Dr. Teresa Gatti



**Teresa Gatti**

studierte Chemie an der Universität Bologna (Italien) und schloss 2008 mit dem Master ab. Vor ihrer Promotion arbeitete sie in Mailand an einem industriellen Forschungsprojekt zu lumineszierenden Solarkonzentratoren (ENI) sowie an der Universität Triest, wo sie an supramolekularen Porphyrinbaugruppen für die künstliche Photosynthese forschte. Im Jahr 2014 promovierte sie am Politecnico di Milano unter der Leitung von Prof. Chiara Bertarelli in Werkstofftechnik und beschäftigte sich mit Struktur-Eigenschaftsbeziehungen in organischen Halbleitern. Nach der Promotion wechselte Teresa Gatti als Postdoc an die Universität Padua an das Department of Chemical Sciences in die Gruppe von Prof. Michele Maggini und Prof. Enzo Menna. Dort beschäftigte sie sich mit dem Einbringen von Kohlenstoff-Nanomaterialien in Polymermatrizen sowie mit der Dekoration mit photo- und elektroaktiven Einheiten für die Entwicklung von funktionellen Nanokompositen. Dr. Gatti ist seit April 2019 Nachwuchsgruppenleiterin am Zentrum für Materialforschung und am Physikalisch-Chemischen Institut (AG Smarsly) der Justus-Liebig-Universität Gießen. Hier setzt Dr. Gatti ihre Arbeit an Nanokompositen für die Entwicklung neuartiger optoelektronischer Materialien fort und eröffnet auch neue Forschungslinien, wie z. B. die Erforschung von bleifreien Halogenid-Doppelperowskit-Materialien zur Herstellung umweltfreundlicher Solarzellen.

## Funktionelle Kompositmaterialien für die Optoelektronik

In der Nachwuchsgruppe ‚Funktionelle Kompositmaterialien für die Optoelektronik‘ von Dr. Teresa Gatti werden Hybridmaterialien auf Basis von organischen/anorganischen Halbleitern und Kohlenstoff-Nanostrukturen untersucht. Hybridmaterialien weisen oft verbesserte Eigenschaften gegenüber ihren einzelnen Bestandteilen auf, wie auch einige Arbeiten der AG Gatti zeigen konnten: Das Einbringen von einwandigen Kohlenstoff-Nanoröhrchen in ein konjugiertes Polymer, wie es für den Transport von Ladungsträgern aus einem Halogenid-Perowskit-Lichtabsorber verwendet wird, führt beispielsweise zu einer beeindruckenden Verbesserung von Wirkungsgrad und Stabilität einer Perowskit-Solarzelle. Dabei hat die Morphologie auf der Nano-Ebene in diesen Kompositmaterialien oft einen entscheidenden Einfluss – dies war in ähnlichen Hybridmaterialien auf Polymerbasis, in die funktionalisierte Graphenflocken eingebracht wurden, zu sehen. Hier beeinflusst die Anordnung der Flocken innerhalb der polymeren Dünnschicht den Photostrom positiv oder negativ und bestimmt so die Leistung des Bauteils. Anhand beider Beispiele wird klar, dass die Kontrolle der Materialeigenschaften eine entscheidende Rolle im Hinblick auf die jeweiligen Anwendungen spielt.

Ein weiteres Forschungsgebiet der AG Gatti ist die Herstellung von 2D-Materialien mit dem sogenannten *liquid exfoliation process* (Ablösen einzelner 2D-Schichten von dreidimensionalen Kristallen). Dieser mechanische Prozess ist potenziell skalierbar und ermöglicht es, nicht-aggregierende Druckfarben (Tinten) auf Basis von 2D-Materialien herzustellen und so den Weg zur lösungsbasierten Verarbeitung und zum Drucken funktionaler Nano-/Hetero-Strukturen zu ebnen. Das Verfahren wurde für die Herstellung von Graphenflocken aus Graphit entwickelt (vgl. Abbildung 1).

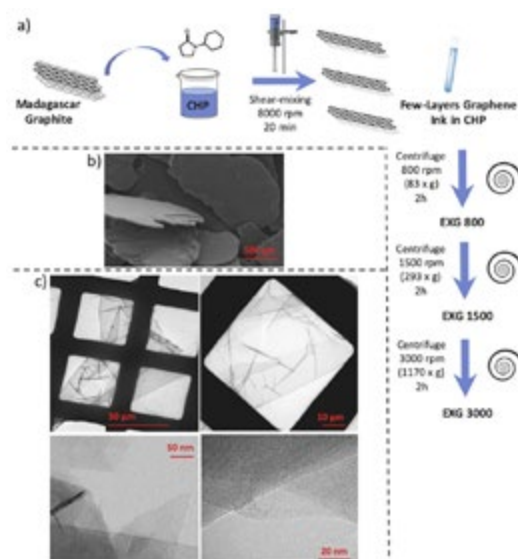


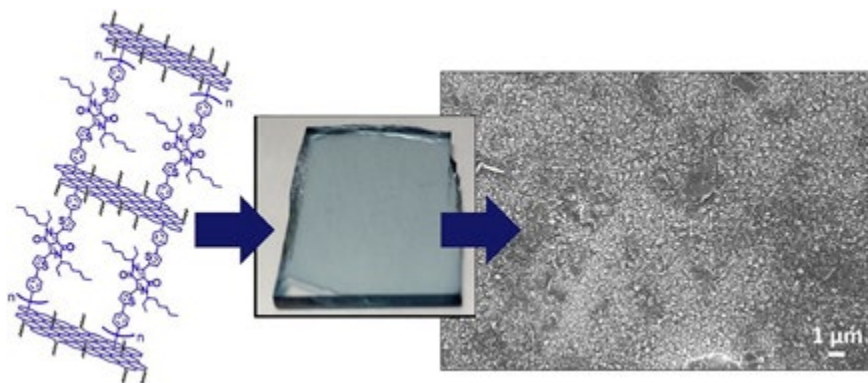
Abbildung 1

- Schematische Darstellung des ‚liquid exfoliation process‘ zur Herstellung von Graphen mit wenigen Schichten ausgehend von handelsüblichem Graphit
- Elektronenmikroskopische Bilder des reinen Graphits und des mechanisch exfolierten Graphenprodukts mit mehreren Schichten



Die so entstandenen Nano-Plättchen sind das Ergebnis eines sehr sauberen Exfoliationsprozesses, was daran deutlich wird, dass die Schichten ohne nennenswerten Flächenverlust vom Ausgangsmaterial abgelöst werden können. In künftigen Arbeiten soll die Größe der Graphenflocken durch den Einsatz von Ultraschall kontrolliert werden, zudem ist die Herstellung von halbleitenden 2D-Materialien wie MoS<sub>2</sub> mit der gleichen Methode geplant. Exfolierte 2D-Materialien können durch einfaches Mischen in polymere Nanokomposite eingebracht werden – allerdings besteht bei diesem Ansatz das Risiko von unerwünschten Phasentrennungseffekten, die die funktionellen Materialeigenschaften negativ beeinflussen würden. Um die morphologische Stabilität zu gewährleisten, wird in der AG Gatti daher die Herstellung kovalenter Netzwerke von 2D-Materialien mit Methoden der kovalenten Chemie verfolgt. Ein solcher Vernetzungsprozess wurde kürzlich zur Herstellung eines hochlöslichen und filmbildenden Hybridmaterials auf Basis oligomerer Einheiten eines organischen Halbleiters eingesetzt, welcher homogen verteilte Graphenflocken verbindet. Homogen verteilte Graphenflocken konnten so verbunden werden (Abbildung 2).

Abbildung 2  
Vernetzter Nanokomposit auf Basis eines organischen Halbleiters und Graphenflocken, die zu dünnen Schichten verarbeitet werden können, die sich durch eine gute elektrische Leitfähigkeit, ausgezeichnete Lichtstabilität und Halbtransparenz auszeichnen. Das Material hat ein gutes Potenzial für den Einsatz in antistatischen, Licht absorbierenden Beschichtungen



Auf dem Gebiet neuer Materialien für die saubere Energieerzeugung entwickelt die AG Gatti zudem Syntheserouten für bleifreie Halogenid-Doppelperowskite, die in Photovoltaikzellen, Photodetektoren und Leuchtdioden eingesetzt werden können. Die geringere Toxizität der bleifreien Materialien macht sie für zukünftige industrielle Anwendungen interessant, gleichzeitig hat das Entfernen von Blei negativen Einfluss auf die Leistung der Bauelemente. Für die Verbesserung ihrer Eigenschaften ist das Verständnis der grundlegenden optoelektronischen Prozesse in solchen Materialien von wesentlicher Bedeutung. Die Herstellung neuartiger nanokristalliner bleifreier Halogenid-Doppelperowskite und das Nano-Engineering von Grenzflächen in realen Geräten sind zwei Ansätze, die in der AG Gatti verfolgt werden, um die derzeitigen Limitierungen dieser Materialien zu überwinden.

### Publikationen

Teresa Gatti, Simone Casaluci, Mirko Prato, Marco Salerno, Francesco Di Stasio, Alberto Ansaldo, Enzo Menna, Aldo Di Carlo, Francesco Bonaccorso (2016): *Boosting Perovskite Solar Cells Performance and Stability through Doping a Poly-3(hexylthiophene) Hole Transporting Material with Organic Functionalized Carbon Nanostructures* ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS 26 (41), S. 7443–7453

Teresa Gatti, Francesco Lamberti, Peter Topolovsek, Mustapha Abdu-Aguye, Roberto Sorrentino, Luca Perino, Marco Salerno, Leonardo Girardi, Carla Marega, Gian Andrea Rizzi, Maria Antonietta Loi, Annamaria Petrozza, Enzo Menna (2018): *Interfacial Morphology Addresses Performance of Perovskite Solar Cells Based on Composite Hole Transporting Materials of Functionalized Reduced Graphene Oxide and P3HT* SOLAR RRL 2 (5), 1800013

# Nachwuchsgruppe Dr.-Ing. Daniel Schröder

## Metall & Sauerstoff: Synergie durch Elektrochemie

**D**ie Nachwuchsgruppe Schröder untersucht elektrochemische Energiespeicher und -wandler der nächsten Generation. Im Fokus der Arbeiten stehen Lithium-, Natrium- und Zink-Sauerstoff-Batterien sowie Redox-Flow-Batterien mit organischen Aktivmaterialien.

Um ein tieferes Verständnis der ablaufenden Prozesse und der eingesetzten Materialien in diesen bisher noch nicht vollständig erforschten Batterie-Typen zu erzielen, werden spezielle Operando-Zellen (z. B. für die Analyse mit Röntgenbeugung während des Betriebs; sowie maßgeschneiderte Modellierungen/Simulationen rund um die Komponenten der Energiespeicher eingesetzt. Mit der einzigartigen Kombination der beiden Methoden können anwendungsorientierte Aussichten zur Optimierung der Batterien und den eingesetzten Materialien auf dem gesamten Skalenbereich – von Material- bis Zell-Level sowie in verschiedenen Zeitbereichen – gegeben werden.

Die untersuchten Themen und die eingesetzte Methodik seien nachfolgend kurz anhand von zwei Beispielen aus der Arbeitsgruppe deutlich gemacht:

- (1) Im erfolgreich abgeschlossenen deutsch-japanischen BMBF-Projekt Zisabi wurde die Stabilität von Zink-Anoden mit spezieller Polymer-Ummantelung untersucht (siehe Abbildung 1). Diese soll sicherstellen, dass das Funktionsprinzip der Anode auch beim dauerhaften Laden und Entladen aufrechterhalten werden kann. Bisher können auf diese Weise die Zyklenzahlen für den stabilen Betrieb der Zink-Anoden auf das circa sechsfache erhöht werden. Nach dem Zyklisieren wurden die 3D-strukturierten Anoden mittels Focused-Ion-Beam-Rasterelektronenmikroskopie im Detail analysiert, um erweitertes Verständnis zur verminderten Degradation zu erhalten.

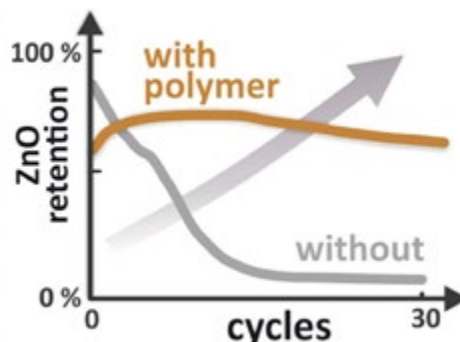
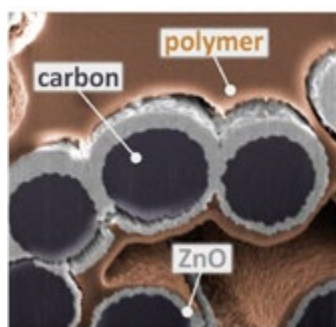


Abbildung 1

Reprinted with permission from ACS Appl. Energy Mater. 2018, 1, 10, 5579–5588. Copyright 2018 American Chemical Society



**Daniel Schröder**

ist Verfahrenstechniker und erhielt seine Ausbildung an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und am Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme mit dem Schwerpunkt Elektrochemie und mathematische Modellierung/Simulation. 2015 promovierte er mit Auszeichnung an der TU Braunschweig zu Zink-Sauerstoff-Batterien und erhielt dafür 2017 sowohl den Heinrich-Büssing-Preis des Braunschweiger Hochschulbundes e. V. als auch den Manfred-Hirschvogel-Preis für die beste Promotion im Bereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik der TU Braunschweig. Seit Anfang 2015 ist er Nachwuchsgruppenleiter am Physikalisch-Chemischen Institut und am Zentrum für Materialforschung der JLU Gießen. Im Frühjahr 2017 absolvierte er einen Forschungsaufenthalt an der Kyoto University (Japan) bei Professor Takeshi Abe und befasste sich dort mit Polymer-Membranen. 2018 erhielt er in Anerkennung seiner Forschungsleistungen den Joachim-Walter-Schultze-Preis der AG Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e. V.

(2) Gefördert durch das BMEL wird in den Projekten FOREST und FOREST II ein umfassendes Verständnis zur Struktur-Eigenschaftsbeziehung von organischen redox-aktiven Molekülen für Redox-Flow-Batterien erzielt (siehe Abbildung 2). Die eingesetzte Kombination von gezielter Synthese (AG Wegner), theoretischen Vorhersagen (AG Mollenhauer) und elektrochemischen Messungen (NWG Schröder) ergibt dabei ein umfassendes Bild der ablaufenden Prozesse: Vom mit verschiedenen Seitengruppen modifizierten organischen Molekül ausgehend wird über theoretische Berechnungen und elektrochemische Messungen eine optimierte Batterie mit erhöhter Zyklenstabilität erhalten.

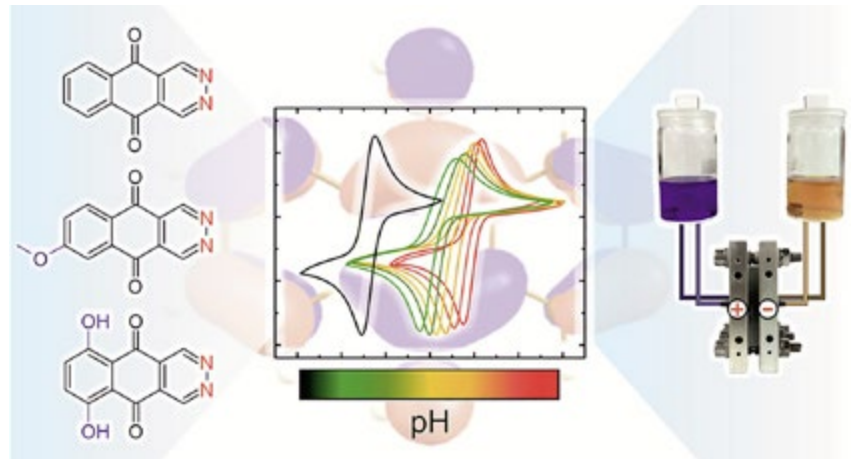
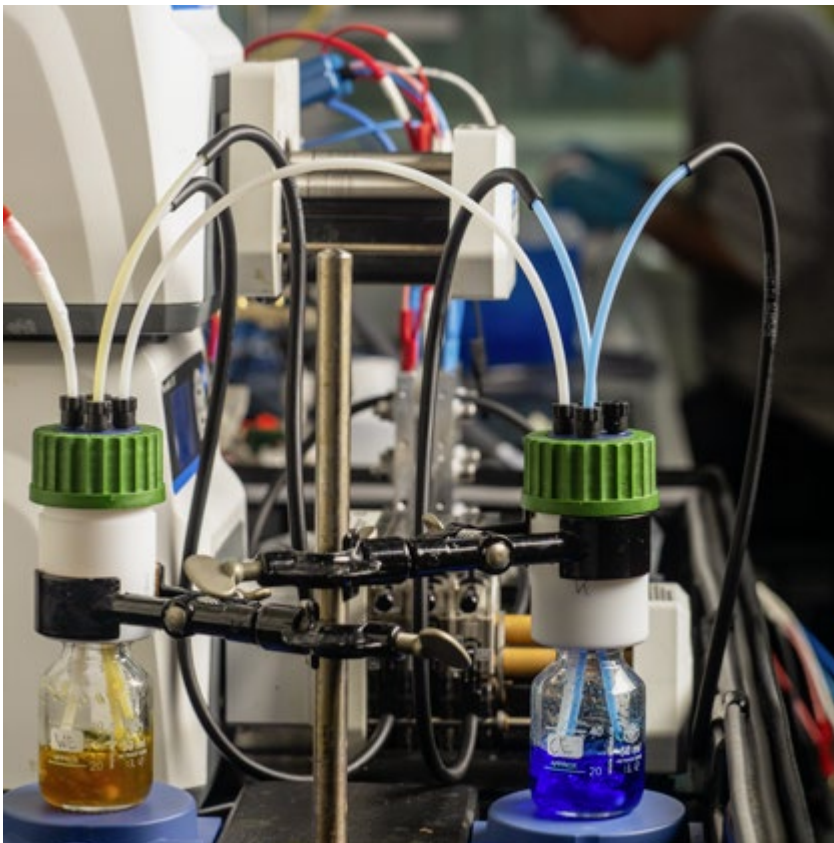


Abbildung 2

Reprinted with permission from Chem. Mater. 2018, 30, 3, 762-774. Copyright 2018 American Chemical Society

Für alle in der Nachwuchsgruppe betrachteten Batteriesysteme kommt der Grenzschicht zwischen Elektrode und Elektrolyt eine besondere Bedeutung zu. Insbesondere die zeitliche Änderung der Schichtdicke und der Zusammensetzung der Grenzschichten während des Lade- und Entladevorgangs ist von erheblichem Interesse, um z. B. Dendritenbildung zu verstehen und zu verhindern, und letztlich gezielt die Batterien optimieren zu können.



## Publikationen

Daniel Stock, Constantin Pompe, Daniel Schröder (2019):

*Operando Analysis of Reactant Conversion and Material Stability in Next-Generation Batteries*  
CHEMIE INGENIEUR TECHNIK 91 (5, SI), S. 555-559

Adrian Schürmann, Ronja Haas, Michael Murat, Natalia Kuritz, Moran Balaish, Yair Ein-Eli, Jürgen Janek, Amir Natan, Daniel Schröder (2018):

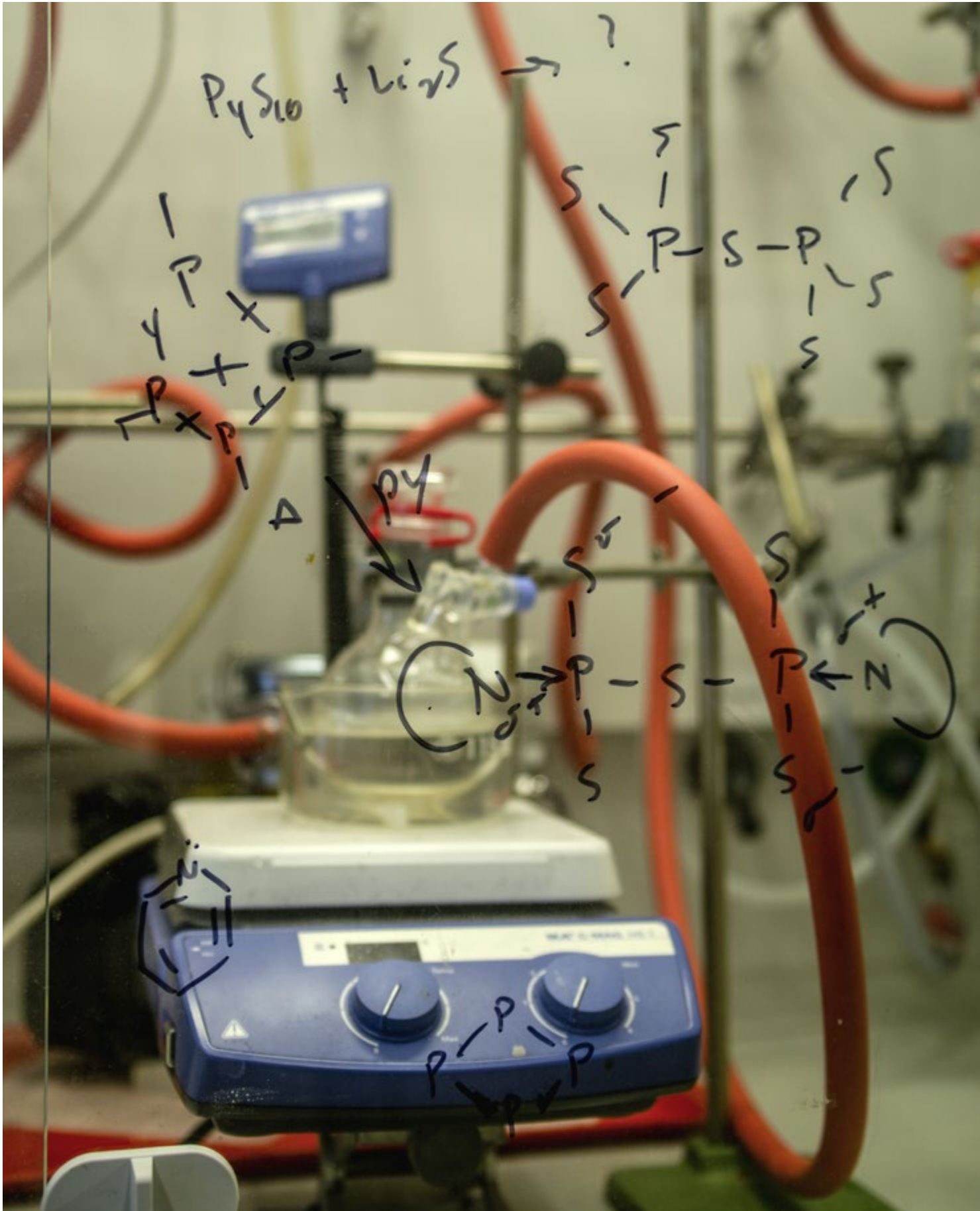
*Diffusivity and Solubility of Oxygen in Solvents for Metal/Oxygen Batteries: A Combined Theoretical and Experimental Study*  
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 165 (13), A3095-A3099

Daniel Stock, Saustin Dongmo, Jürgen Janek, Daniel Schröder (2019):

*Benchmarking Anode Concepts: The Future of Electrically Rechargeable Zinc-Air Batteries*  
ACS ENERGY LETTERS 4 (6), S. 1287-1300

Bing Sun, Constantin Pompe, Saustin Dongmo, Jinqiang Zhang, Katja Kretschmer, Daniel Schröder, Jürgen Janek, Guoxiu Wang (2018):

*Challenges for Developing Rechargeable Room-Temperature Sodium Oxygen Batteries*  
ADVANCED MATERIALS TECHNOLOGIES 3 (9), 1800110



# Emmy-Noether- Nachwuchsgruppe Dr. Urs Gellrich



## In Silico Design & Synthese neuartiger, metallfreier Systeme für Bindungsaktivierung und Katalyse

Die Aktivierung starker chemischer Bindungen ist ein zentraler Aspekt der Chemie. In der AG Gellrich werden metallfreie Systeme entwickelt, die in der Lage sind, chemische Bindungen reversibel zu spalten und somit zu aktivieren. Ein Schwerpunkt der Forschungsprojekte ist das Zusammenspiel von computerchemischen Untersuchungen und experimentellen Arbeiten: Die gewünschten Strukturen und Eigenschaften der neuen metallfreien Systeme werden zunächst am Computer durch quantenmechanische Rechnungen gezielt entworfen; sodann werden die Systeme im Labor synthetisiert und experimentell untersucht. Konkrete Anwendung finden die neuen Systeme in der Katalyse, die einen wichtigen Beitrag bei der Entwicklung ressourcenschonender chemischer Prozesse leistet, aber auch in der Wasserstoffaktivierung und der reversiblen Bindung von CO<sub>2</sub>.

2018 berichtete die AG Gellrich die reversible Aktivierung von molekularem Wasserstoff durch einen Pyridonat-Boran Komplex. Im Zuge dieser Untersuchungen wurde ein neues Konzept der Bindungsaktivierung, die sogenannte Bor-Liganden-Kooperation etabliert [1]. Dieses Konzept ermöglichte die Entwicklung der ersten regioselektiven, metallfreien katalytischen Dimerisierung von terminalen Alkinen [2].

Ein weiteres Projekt ist die reversible Bindung von CO<sub>2</sub> durch sogenannte frustrierte Lewis-Paare. Das Besondere hierbei ist, dass die Lewis-Paare durch spezifische Bindungsmotive zur molekularen Selbsterkennung in der Lage sind und spontan assoziieren. Dieses Konzept ist von der Basenpaarung der DNA, die spezifische Selbsterkennung nutzt, um Erbinformationen zu speichern, inspiriert. Zudem werden aktuell Computer-Simulationen durchgeführt, um zu prüfen, ob kohlenstoffbasierte organische Moleküle genutzt werden können, um die Wasserstofffreisetzung aus Speichermaterialien zu katalysieren und somit toxische, metallbasierte Katalysatoren zu ersetzen.



### Urs Gellrich

studierte Chemie an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Nach seinem Diplom fertigte er eine Dissertation über supramolekulare Liganden und deren Anwendung in der homogenen Katalyse im Arbeitskreis von Prof. Bernhard Breit an. Nach einem Postdoc-Aufenthalt in der Gruppe von Prof. David Milstein am Weizmann Institute of Science in Rehovot, Israel, begann er 2017 seine Habilitation als Liebig-Stipendiat des Fonds der chemischen Industrie an der Justus-Liebig-Universität. Seit 2019 leitet er dort am Institut für Organische Chemie eine Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe. In seiner Forschung verbindet Dr. Gellrich computerchemische und experimentelle Untersuchungen, um neue Systeme zur metallfreien Bindungsaktivierung zu entwickeln. Die Arbeiten von Dr. Gellrich wurden unter anderem mit dem Clifford Felder Prize des Weizmann Institute of Science, dem Young Researcher Award des Münster Symposium on Cooperative Effects in Chemistry und dem Thieme Chemistry Journals Award 2019 ausgezeichnet.

### Publikationen

[1] Urs Gellrich (2018): *Reversible Hydrogen Activation by a Pyridonate Borane Complex: Combining Frustrated Lewis Pair Reactivity with Boron-Ligand Cooperation* ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL EDITION 57 (17), S. 4779–4782

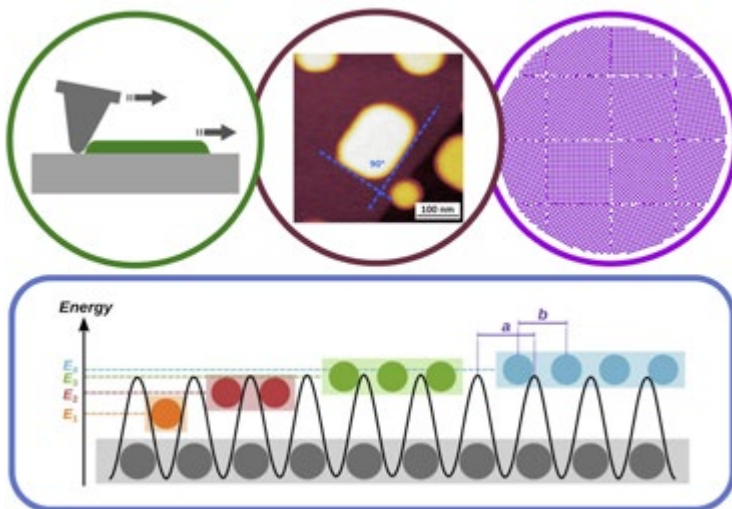
[2] Max Hasenbeck, Tizian Müller, Urs Gellrich (2019): *Metal-free gem selective dimerization of terminal alkynes catalyzed by a pyridonate borane complex* CATALYSIS SCIENCE & TECHNOLOGY 9 (10), S. 2438–2444

# Heisenberg-Stipendiat

## PD Dr. Dirk Dietzel

### Grenzflächenadaption in der Nanotribologie: Grundlagen & Anwendung auf reale Systeme

**O**bwohl Reibungsphänomene in vielen technischen Bereichen eine wichtige Rolle spielen und insbesondere ökologische Aspekte heutzutage eine starke Motivation für deren Optimierung darstellen, sind die atomaren Grundlagen der Reibungsmechanismen bislang unverstanden. Dieses Verständnis zu verbessern und Reibungseigenschaften aus grundlegenden atomaren Materialcharakteristiken abzuleiten, ist das Ziel der Forschungsarbeiten von Dr. Dirk Dietzel. In den vergangenen Jahren hat sich dabei die Erkenntnis durchgesetzt, dass kollektive Effekte des Atomverbundes an der Grenzfläche eine wichtige Rolle spielen können. Dies wird deutlich in seinem Forschungsschwerpunkt zur ‚Superlubrizität‘, welche verschwindende Reibung ermöglicht, falls die Grenzflächen keine Anpassung auf atomarer Ebene zulassen. Dieser technologisch vielversprechende Effekt wird mit Hilfe von Rastersondenmikroskopie unter Ultrahochvakuumbedingungen untersucht, wobei primär die laterale Manipulation von Nanopartikeln direkte Einblicke in die Gesetzmäßigkeiten der Superlubrizität ermöglicht. Auf Basis dieser Experimente können erstmalig die charakteristischen Skalierungsgesetze superlubrischer Grenzflächen verstanden werden, die sich fundamental von den klassischen Reibungsgesetzen unterscheiden.



Mit Blick auf potentielle Anwendungen der Superlubrizität ist zudem auch die Stabilität dieses Reibungszustandes Forschungsgegenstand. An nahezu allen tribologischen Grenzflächen laufen komplexe, dynamische Prozesse ab, die zu einer sukzessiven Anpassung der Oberflächen führen können. Solche Kontaktalterungseffekte spielen nicht nur für die Superlubrizität eine Rolle, sondern sind u. a. auch für die Entstehung und den Ablauf von Erdbeben wichtig. Neben strukturellen Relaxationen ist in diesem Zusammenhang die Ausbildung von atomaren Bindungen an der Grenzfläche von Bedeutung. Zur Untersuchung dieses Alterungsmechanismus werden innovative Rasterkraftmikroskopieverfahren eingesetzt, die es ermöglichen, das Altern eines isolierten Nanokontaktes unter Variation von Schlüsselparametern wie z. B. Temperatur und mechanischer Last zu charakterisieren.



Im Rahmen von internationalen Kooperationen werden die experimentellen Ergebnisse mit theoretischen Molekulardynamiksimulationen verglichen.

Neben tribologischen Effekten, die primär die strukturellen und chemischen Eigenschaften der Oberflächen widerspiegeln, ist mit der sog. elektronischen Reibung noch ein weiterer grundlegender Kanal der Energiedissipation Ziel der Forschung. Aktuelle Ergebnisse an Hochtemperatursupraleitern zeigen dabei erstmalig einen klaren Zusammenhang zwischen der Gleitreibung und der Anzahl an Elektronen, die unterhalb der Sprungtemperatur im normalleitenden Zustand verbleiben. Gleichzeitig werden die dabei zur Anwendung gekommenen Techniken für die generelle Analyse von Phasenübergängen eingesetzt, wie z. B. zur tribologischen Charakterisierung von Ladungsträgerdichtewellenmaterialien.

Ergänzt wird die Grundlagenforschung an fundamentalen Fragestellungen durch anwendungsorientierte Arbeiten, bei denen tribologische Mechanismen mit Hilfe selbst entwickelter Tribometer untersucht werden. Im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Marburg wurde im Projekt ‚Laserinduzierte Selbstorganisation zur tribologischen Optimierung von Stahloberflächen‘ eine neuartige Laserbeschichtung erforscht, die aufgrund ihrer flexiblen, keramischen Nanostruktur besonders langlebig ist. Parallel dazu sind die Forschungsaktivitäten in weitere Projekte eingebunden. Dabei werden die grundlegenden Mechanismen kommerzieller Öladditive untersucht, während gleichzeitig ein Hochtemperatur-Tribometer für Gläser konstruiert wurde, um Reibungsprozesse nahe der Glasübergangstemperatur zu untersuchen, eine Fragestellung von hoher Relevanz im Bereich der Optik.



### Dirk Dietzel

Ist seit November 2018 als Heisenberg-Stipendiat am Lehrstuhl für Angewandte Physik tätig mit den Forschungsschwerpunkten UHV-Rastersondenmikroskopie und Nanotribologie. Nach Abschluss seines Physikstudiums hat er 2001 an der Ruhr-Universität Bochum promoviert über das Thema ‚Photothermische Mikroskopie an Ionenstrahl-strukturierten Halbleiterbauelementen‘. Nach der Promotion erhielt er ein DFG-Forschungsstipendium, um an der Universität Bordeaux Carbon-Nanotubes mit Hilfe von dynamischer Rastersondenmikroskopie zu erforschen. Im Anschluss wechselte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die Wilhelms-Universität Münster. Seit 2012 ist er Mitarbeiter der Justus-Liebig-Universität Gießen und des Zentrums für Materialforschung. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der atomaren Reibungsmechanismen, wobei in seiner Arbeitsgruppe die mikroskopischen Grundlagen von nanotribologischen Effekten erforscht werden, z. B. das Phänomen der Superlubrität und die atomaren Prozesse der Kontakalterung. Die Akquisition von Drittmitteln ist ein wesentlicher Eckpfeiler für die Durchführung der Forschungsarbeiten. Thematische Schwerpunkte der Grundlagenforschung werden dabei im Rahmen von verschiedenen DFG-Projekten gefördert. Zudem wird die Arbeitsgruppe zurzeit durch einen Humboldt-Stipendiaten, Herrn Dr. Wen Wang, verstärkt. Neben dieser Förderung von primär grundlagenorientierten Projekten, werden zusätzliche Förderungsmöglichkeiten für die anwendungsorientierten Fragestellungen erschlossen. So konnten z. B. für das Projekt ‚Laserinduzierte Selbstorganisation zur tribologischen Optimierung von Stahloberflächen‘ Drittmittel aus der Kooperationsförderung Flexifunds des mittelhessischen Hochschulverbands FCMH eingeworben werden, während gleichzeitig das Projekt ‚InnoCoat‘ im Rahmen des zentralen Innovationsprogramms Mittelstand gefördert wird.

# CHEMIE PHYSIKALISCHE

## Anja Bielefeld

Volkswagen Group Innovation  
Center of Innovation Battery

Doktorandin seit Juni 2017  
Betreuung durch Prof. J. Janek

Ich bin seit zweieinhalb Jahren externe Doktorandin der AG Janek in der Volkswagen Group Innovation, die Innovations- und Forschungsaktivitäten für alle Konzernmarken bündelt, wo ich neben der wissenschaftlichen Arbeit an meiner Promotion Berufserfahrung sammle, ein großes Netzwerk aufbaue und einen tiefen Einblick in die Wirtschaft bekomme. Insbesondere im Gebiet der Elektromobilität, in der die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie essentiell ist, war mein Wunsch, Forschung mit Blick auf die Anwendung zu betreiben. Wo geht das besser als in einem Automobilkonzern? Mit der Modellierung von Kathoden für Feststoffbatterien und den daraus resultierenden Designableitungen baue ich thematisch eine Brücke zwischen der eher anforderungsorientierten Wirtschaftswelt und der Grundlagenforschung.

Als Absolvent des Masterstudiengangs ‚Elektro- und Informationstechnik‘ der Hochschule Aschaffenburg hatte ich die Gelegenheit, in Kooperation mit der JLU Gießen, eine Promotion über das automatisierte Recycling von Elektroschrott durchzuführen. Betreut wurde ich gemeinsam durch Prof. Peter J. Klar in Gießen und Prof. Ulrich Bochtler in Aschaffenburg. Dabei konnte ich am strukturierten Ausbildungsprogramm des DFG-Graduiertenkollegs (GRK) ‚Substitutionsmaterialien für nachhaltige Energietechnologien‘ teilnehmen. Die vielfältigen fachlichen Angebote des GRKs mit Ringvorlesungen, Doktorandenseminaren, Exkursionen und internationalen Workshops erlaubten mir lehrreiche Blicke über das eigene Arbeitsgebiet hinaus. Wertvolle Impulse für meinen weiteren Berufsweg haben mir auch die außerfachlichen Workshops der Promotionsplattform PriMa zur professionellen Gestaltung von Präsentationen, zur Beruflichen Strategieentwicklung sowie zur Softwareentwicklung gegeben.

## Johannes Rücker

Hochschule Aschaffenburg

Doktorand von 2015 bis 2017  
Betreuung durch Prof. P. Klar



# Externe Promotionen – Alternative Wege der akademischen Qualifikation

**W**issenschaftliche Erkenntnis kann in ganz verschiedenen Umgebungen gewonnen werden. Typisch ist weiterhin die Promotion im universitären Umfeld, das in der Regel optimale Bedingungen für die wissenschaftliche Arbeit bietet. Allerdings bieten oft auch Hochschulen für Angewandte Wissenschaften oder Industrieunternehmen wissenschaftlich herausfordernde Fragestellungen, die in Zusammenarbeit mit einer Professorin oder einem Professor erfolgreich bearbeitet werden können. Das ZfM bietet einen hervorragenden Rahmen für diese Zusammenarbeit. Das ZfM kann auf zahlreiche erfolgreich abgeschlossene Promotionen externer Doktorandinnen und Doktoranden zurückblicken.

**Das ZfM bietet externen Bewerberinnen und Bewerbern im Rahmen der bestehenden Promotionsordnungen drei Möglichkeiten der Promotion:**

**> klassisch zum Dr. rer. nat.**

Die externe Kandidatin oder der Kandidat sucht eine Betreuerin oder einen Betreuer, die/der einer Fragestellung aus dem industriellen Umfeld als Promotionsthema gegenüber aufgeschlossen ist und sie oder ihn als Doktorandin oder Doktorand annimmt, obwohl sie oder er in der Industrie arbeitet. In Gießen kann man dann gegebenenfalls unter Auflagen nach der Promotionsordnung der Naturwissenschaftlichen Fachbereiche promoviert werden, und der Abschluss ist doctor rerum naturalium.

**> kooperativ zum Dr. rer. nat.**

Die kooperative Promotion soll es Professorinnen und Professoren der Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) ermöglichen, als gleichberechtigte Betreuerin oder Betreuer zu agieren. Das heißt beispielsweise, dass eine externe Interessentin oder ein Interessent, bei der Bearbeitung ihres oder seines Promotionsthemas zwei Betreuende hat, einen von einer HAW (z. B. der THM) und einen von der Universität (z. B. von der JLU). Im Forschungscampus Mittelhessen gibt es eine entsprechende Plattform für die kooperative Promotion. In der genannten Situation würde dann die Promotion auch nach der Promotionsordnung der Naturwissenschaftlichen Fachbereiche durchgeführt werden und der Abschluss wäre ebenfalls ein doctor rerum naturalium.

**> kooperativ zum Dr.-Ing.**

Dies stellt eine besondere Variante der kooperativen Promotion dar, insofern, dass sie nicht direkt von der Universität, sondern am FCMH im dafür eigens gegründeten Promotionszentrum für Ingenieurwissenschaften PZI gemäß einer eigenen Promotionsordnung durchgeführt wird. Besonders ist, dass die zwei Betreuenden ins PZI aufgenommen worden sein müssen. Dazu müssen sie nachweisen, dass sie ingenieurwissenschaftlich forschen und drittmittelstark sind. Hintergrund ist, dass es weder an der Universität Marburg noch an der Universität Gießen Ingenieurwissenschaften als Fächer gibt und die THM, die solche Fachrichtungen vertritt, auf einen eigenen Weg zur Promotion verzichtet hat. Die weitere Vorgehensweise ist dann prinzipiell wie beim kooperativen Dr. rer. nat., nur dass der Abschluss Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) ist.

# Plattform für strukturierte Promotionsausbildung in den Materialwissenschaften

## Das Graduiertenprogramm PriMa

### Ein Teilnehmer berichtet

Nach Teilnahme an insgesamt zwölf PriMa-Workshops zu verschiedensten Themenbereichen kann ich das Kursprogramm ausdrücklich empfehlen. Alle Kurse wurden von überaus kompetenten und motivierten Dozenten geleitet, die jahrelange Erfahrung im gelehrten Sachgebiet aufweisen konnten. Zusammen mit den stets hoch motivierten Teilnehmern ergab sich eine produktive Arbeitsatmosphäre, die sich insbesondere durch häufige Wechsel zwischen Vortrag, Gruppenarbeit und Diskussion auszeichnete. Viele praktische Übungen halfen die Anwendung des gelernten Stoffes zu trainieren.

Viele Kursinhalte sind für eine spätere Karriere, insbesondere im industriellen Umfeld, relevant. Auch mit abgeschlossener naturwissenschaftlicher Promotion hebt man sich mit Grundkenntnissen in Betriebswirtschaftslehre, Projekt-, Qualitäts-, Innovations-, Veränderungsmanagement und Lean Six Sigma von anderen Bewerbern ab. Kurse zu Präsentations- und Gesprächskompetenzen, Writing Success und Forschungsdatenmanagement behandeln bereits in der Promotionsphase unverzichtbare Fähigkeiten. Neben den Kursen zur Erlangung von ‚Soft Skills‘ und außerfachlicher Kompetenzen möchte ich ausdrücklich das Bewerbungstraining mit Jochen Riehle empfehlen, da mir die vermittelten Inhalte gerade beim Einstieg in meine Bewerbungsphase für eine Stelle in der Industrie sehr geholfen haben.

Ein Überblick über zukünftige Kurse findet sich auf der Website des ZfM/LaMa. Zu jedem Kurs wird eine ausführliche Kursbeschreibung zur Verfügung gestellt, in der auch auf bereits vor Kursbeginn zu erbringende Leistungen (Fragen des Kursleiters, Vorbereitung auf ein Rollenspiel etc.) eingegangen wird. Jeder Teilnehmer erhält ein Teilnahmezertifikat, das für spätere Bewerbungen hilfreich ist.



Torben Pfaff

Als Fazit kann ich daher sagen, dass die Teilnahme an so vielen Kursen wie möglich äußerst empfehlenswert ist. Besonders hervorheben möchte ich noch, dass alle Kurse kostenfrei besucht werden können – in der freien Marktwirtschaft betragen die Teilnahmegebühren teils mehrere 1.000 €.

## Rückmeldungen der PriMa-Teilnehmer



**Fabian Michel**

Das Kursangebot für die Soft-Skills war sehr breit aufgestellt und die Referenten waren größtenteils sehr gut für das naturwissenschaftliche Publikum vorbereitet. Durch die lockere Arbeitsatmosphäre in diesen Kursen konnte ich sehr viel an Wissen für meinen späteren beruflichen Werdegang mitnehmen. Für mich besonders profitabel war der Kurs ‚Qualitätsmanagement mit Lean Six Sigma‘ bei Herrn Prof. Dr. Peuckert, in welchem der Lean Six Sigma Yellow Belt erworben wurde. Ebenso konnte ich durch den Kurs ‚Mitarbeiterführung für Einsteiger – Wie werde ich ein guter Chef?‘ einiges an Wissen mitnehmen.



**Paula Neuderth** jetzt bei TRUMPF Laser

Die von mir besuchten Veranstaltungen sind allesamt inhaltlich und fachlich sehr gut gewesen und haben mir die Möglichkeit gegeben, mich auch mit Themen außerhalb des eigenen Fachgebiets auseinander zu setzen. Besonders interessant fand ich dabei Kurse, die sich mit BWL und Projektmanagement beschäftigt haben – und die Bewerbungskurse. Ich fühle mich durch diese Kurse nun deutlich besser auf einen Einstieg in der Industrie vorbereitet. Auch bei Nichtmitgliedern des GrK sind diese Kurse sehr gut angekommen und haben insgesamt die Doktorandenausbildung in den Naturwissenschaften der JLU Gießen stark verbessert.



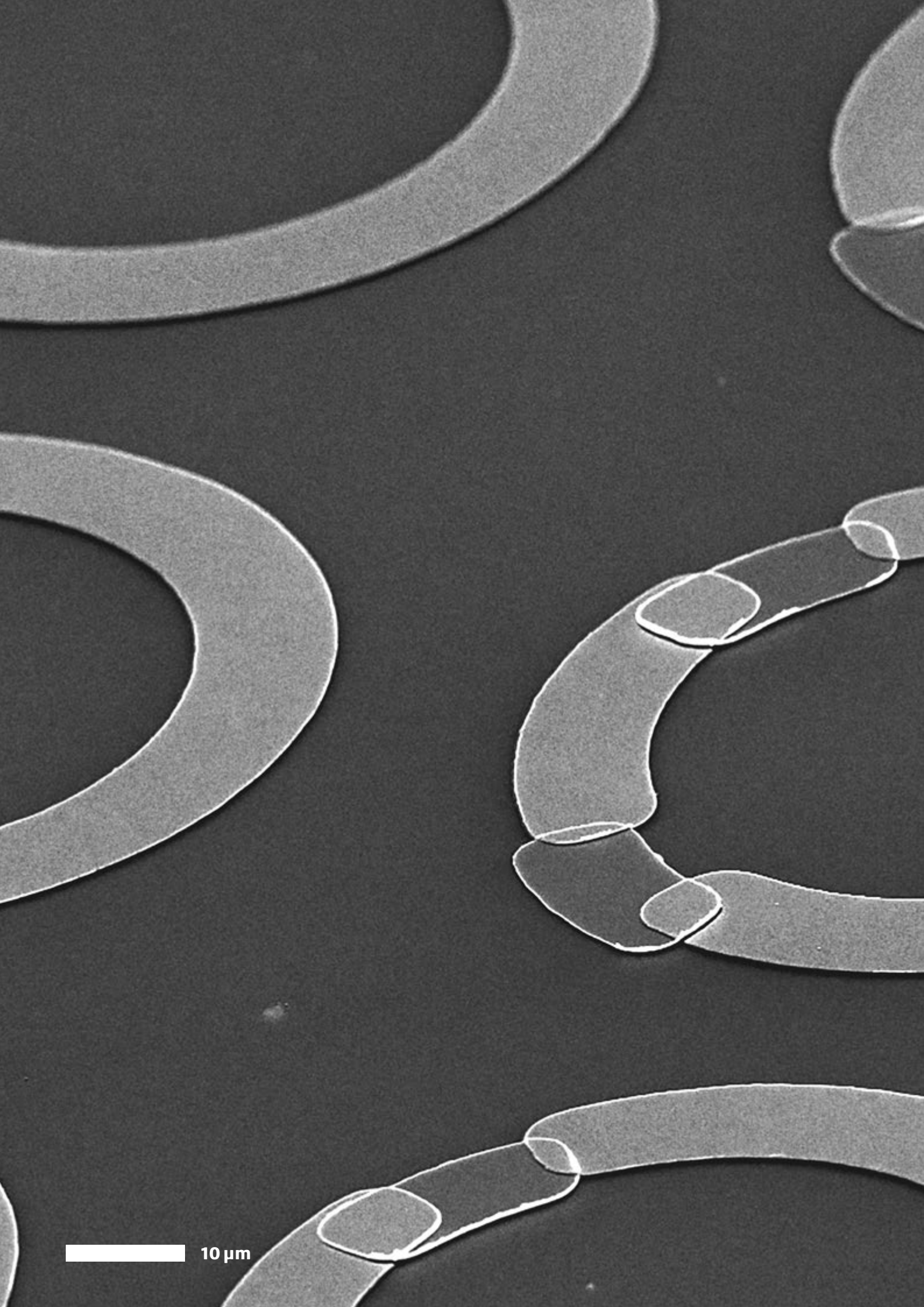
**Kathrin Michel**

Es war definitiv eine große Bereicherung, ein vielseitiges und leicht erreichbares Programm an Soft-Skill Workshops geboten zu bekommen und in neugieriger Runde beispielsweise Einblicke ins Projektmanagement zu gewinnen und Wege in eine berufliche Strategieentwicklung aufgezeigt zu bekommen.



**Daniel Stock** jetzt bei Applied Materials

Ich bewerte das Kursangebot an Soft Skills Seminaren positiv. Dieses habe ich umfangreich genutzt, um zum einen neue Fähigkeiten während der Promotion zu erlangen (unter anderem Auseinandersetzen mit Messunsicherheit, Literaturverwaltung) und zum anderen um mich gezielt auf mein im späteren Berufsleben angestrebtes Tätigkeitsfeld vorzubereiten (unter anderem Projektmanagement, Patentrecht). Referenten der von mir besuchten Seminare waren stets sehr gut vorbereitet und für das naturwissenschaftliche Publikum bestens geeignet. Die Atmosphäre während der Seminare war offen und damit auch sehr produktiv, sodass ich die Möglichkeit zur Teilnahme an diesen Seminaren immer sehr geschätzt habe.



10 μm



# INTERNATIONALISIERUNG

**054**  
Internationalisierung

**055**  
Delegation des ZfM besucht Partner in Japan

**057**  
Das ZfM vernetzt sich in China

**058**  
Incomings

**059**  
Outgoings

# Internationalisierung

Internationalität wird in den Materialwissenschaften großgeschrieben. Die am ZfM beteiligten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen führen verschiedenste individuelle Forschungsk Kooperationen mit ausländischen Kolleginnen und Kollegen durch. So bestehen wissenschaftliche Kooperationen und wissenschaftlicher Austausch mit mehr als 20 Ländern in Europa, Nordamerika und Asien. Viele ausländische Doktorandinnen und Doktoranden, Postdoktorandinnen und Postdoktoranden kommen nach Gießen, viele Gießener gehen als Studierende oder Doktorandinnen und Doktoranden im Rahmen ihres Studiums an Universitäten oder Forschungseinrichtungen im Ausland. Dieser Austausch belebt Forschung und Lehre und trägt dazu bei, auf wissenschaftlich höchstem Niveau zu arbeiten.

Die Einbindung in das internationale Netzwerk der Materialwissenschaften wird unter Nutzung der vielfältigen Förderprogramme ausgebaut, intensiviert und institutionalisiert. Die Spanne der geförderten Projekte reicht von individuellen Stipendienanträgen über bilaterale Forschungsprojekte bis zu EU-Verbundprojekten mit mehreren europäischen Partnern. Auch das DFG-GRK 2204 unterstützt und fördert die weitere Internationalisierung massiv – insbesondere auch durch die Einbindung von Prof. Silvia Gross (U. Padua) als Mercator-Fellow. Einige Beispiele sind en passant schon in den voranstehenden Artikeln angeführt worden. Dazu zählen beispielsweise das iFact Konsortium (siehe Seite 33) oder die Projekte der *Incomings* und *Outgoings* (ab Seite 58).

Ziel ist es, den internationalen Austausch auf allen Qualifikationsebenen zu ermöglichen. Auf der höheren Qualifikationsebene geschieht dies insbesondere durch die Forschungsprojekte und Konferenzteilnahmen; auf den niedrigeren Qualifikationsebenen durch den ERASMUS-Austausch für Bachelor- und Master-Studierende oder durch formalisierte Double-Degree-Programme im M. Sc. Materialwissenschaft mit den Universitäten Osaka und Kansai in Japan und mit der Universität Padua in Italien.

In den vergangenen beiden Jahren wurde zudem der Kontakt zu den strategischen Partneruniversitäten der JLU mit materialwissenschaftlichen Aktivitäten intensiviert. Im Juni 2019 war mit Lilyanne Price eine Mitarbeiterin der Monash University (Melbourne, Australien) zu Gast am ZfM – um erste Kontakte zu knüpfen und um weitergehende Kooperationsmöglichkeiten auszuloten. Eine Delegation aus Gießen wiederum besuchte die Jilin University (Changchun, China), um vor Ort die Aktivitäten des ZfM vorzustellen und verbindende Forschungsthemen zu identifizieren. Für das kommende Jahr ist zudem ein gemeinsamer Workshop mit Forscherinnen und Forschern der University of Wisconsin in Madison, USA geplant.



## Delegation des ZfM besucht Partner in Japan

**P**erfekt zur Blütezeit der Sakura (jap.: Kirschbaum) begrüßten die Osaka und Kansai University (in Osaka, Japan) die Mitglieder des ZfM der JLU Gießen zu einem gemeinsamen Workshop vom 26. bis 27. März 2019. Es reisten Repräsentantinnen und Repräsentanten der ZfM-Forschungsgruppen an, um die seit 2014 bestehende Kooperation mit den beiden japanischen Universitäten zu vertiefen. Am ersten Tag stellten Professorinnen und Professoren sowie Vertreterinnen und Vertreter die Themengebiete ihrer Arbeitsgruppen vor, um mögliche Zusammenarbeiten in zukünftigen Projekten zu fördern. Zwischen den Vorträgen konnten dank Labortouren der heimischen Institute Eindrücke über die Ausstattungen der Forschungsgruppen und der alltäglichen Laborarbeit japanischer Studierender gewonnen werden. Eine abschließende Posterdiskussion mit Doktoranden der drei teilnehmenden Universitäten ermöglichte einen weiteren wissenschaftlichen Austausch für die Gestaltung neuer Kooperationen mit den japanischen Arbeitsgruppen.

Am zweiten Tag stand der Besuch des Hauptcampus der Kansai University in Suita auf dem Programm. Mit einer Diskussion am runden Tisch wurde neben der Darstellung der bereits gelungenen Studierendenaustausche über mögliche Änderungen im bestehenden Double-Degree-Studiengang debattiert. Diese sollen vor allem den japanischen Studierenden die Teilnahme am Programm erleichtern und den Auslandsaufenthalt an der JLU Gießen auch außerhalb des Double-Degree-Programmes ermöglichen. Darüber hinaus wurde von einem ehemaligen deutschen Austauschstudenten über die Unterschiede der beiden Lehrsysteme berichtet, welcher zudem zahlreiche Informationen über das erfolgreiche Studentenleben in Gießen für die beiwohnenden japanischen Kommilitonen bereithielt.

Wir hoffen so in Zukunft zahlreiche japanische Studierende der Osaka und Kansai University an der JLU begrüßen zu können, um die deutsch-japanische, wissenschaftliche Kooperation zu stärken.







# Das ZfM vernetzt sich in China

## Besuch an der Jilin University in Changchun

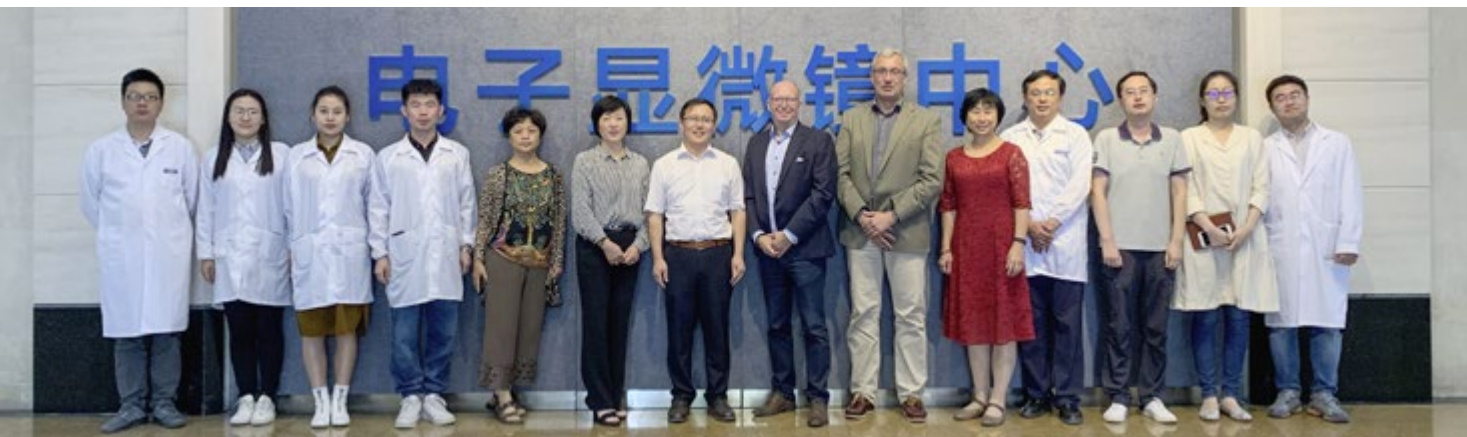
**N**icht nur die Abkürzung ‚JLU‘ haben die Jilin University und die Justus-Liebig-Universität gemeinsam: An beiden Universitäten spielt die Materialforschung ebenfalls eine wichtige Rolle. Im Rahmen der Internationalisierungsstrategie der JLU ‚Fortschritt durch Internationalisierung‘ liegt ein besonderer Schwerpunkt auf der Vernetzung mit Hochschulen in China. Die Jilin University ist daher seit 2016 strategische Partneruniversität der JLU Gießen – in diesem Jahr wurde auch ein universitätsweites Kooperationsabkommen abgeschlossen. Die Jilin University befindet sich in Changchun, einer Großstadt mit mehr als 7 Mio. Einwohnern, die hauptsächlich von der chinesischen Automobilindustrie geprägt wird. Die Universität ist mit mehr als 75.000 Studierenden eine der größten des Landes.



Um sich vor Ort über die materialwissenschaftlichen Aktivitäten an der Jilin University zu informieren, um mit den chinesischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ins Gespräch zu kommen und um Verbindungen für künftige Forschungs Kooperationen zu knüpfen, reiste im Sommer 2019 eine vierköpfige Delegation des ZfM in den Norden Chinas. Herzlich empfangen wurde die Delegation von Kolleginnen und Kollegen aus den Fachgebieten Chemie, Physik und Material-/Werkstoffwissenschaften. Prof. Xu Shuping (College of Chemistry) führte durch die Labore der Chemie und stellte die Aktivitäten des Fachbereichs vor. Insbesondere auf dem Gebiet der Festkörperspektroskopie bieten sich vielversprechende Anknüpfungspunkte nach Gießen.

Prof. Du Fei (College of Physics) ist stellvertretender Leiter des ‚Key State Laboratory‘ für Batterieforschung und hatte anlässlich des Besuchs aus Gießen einen Workshop organisiert, bei dem wechselseitig Forschungsthemen aus Gießen und Jilin präsentiert und gemeinsam diskutiert wurden. Prof. Zhang Wei (College of Materials Science and Engineering) stellte der Gruppe schließlich das neue Zentrum für Elektronenmikroskopie vor, welches derzeit aufgebaut und mit modernsten Großgeräten ausgestattet wird.

Zum Abschluss des Aufenthalts an der Jilin University sprach Prof. Jürgen Janek eine Einladung an die chinesischen Gastgeber für einen Gegenbesuch am Zentrum für Materialforschung im kommenden Jahr aus.



# Incomings



**Dr. Saneyuki Ohno**  
Northwestern University  
USA

*Humboldt Research Fellow  
Alexander von Humboldt  
Stiftung*

My previous lab member Wolfgang Zeier, currently junior group leader at JLU, was awarded a research fund for investigating all-solid-state batteries when my Ph.D. life came closer to the end and he was looking for a postdoc candidate. I applied for the position purely based on the research perspective and, to be honest, didn't even know where Giessen is. After almost two years of work with Professor Jürgen Janek and Wolfgang Zeier since October 2017, I can definitely say this is one of my favorite places in the world, thanks to great research opportunities and awesome colleagues here at ZfM.

My research focus is on solid-state batteries, in particular, structure-property relationships in solid-state ion conductors and their application to all-solid-state Li-S batteries. It is unique that one can have a chance to work on both microscopic ionic diffusion and macroscopic device electrochemistry in the same lab. Colleagues with various cultural and scientific backgrounds also have enriched the life here. Now I can point out where Giessen is, and I will not forget because there are so much knowledge and memories acquired here and bonded to the place. I am proud that I made the decision to come here.



**Shuo Wang**  
Tsinghua University, Peking  
China

*Stipendium des  
China Scholarship Council  
(CSC)*

I am a Ph.D. student supervised by Professor Ce-Wen Nan in Tsinghua University. Before coming to Giessen I already have worked on solid-state batteries and investigated the influence of the preparation conditions on ionic conductivity, activation energy and on the phase formation of argyrodite solid-state electrolytes. Furthermore, I have looked into the electrochemical performance and reaction mechanisms of these materials as active materials and in sulfide/polymer composite electrolytes.

I admire Professor Janek's achievements in the field of in situ studies in electrochemical cells, new solid electrolytes and solid electrolyte interfaces. He is a

world-renowned expert in solid electrolyte interfaces and it is an honour for me to get the chance to perform research with his help.

After applying as visiting Ph.D. student in 2018, I was invited to come to Giessen, which impressed me a lot. In the Janek group, many advanced analytical techniques are used, which will help me to expand my knowledge on advanced analytics and to deepen my understanding of reactions of solid electrolytes. I am looking forward to work under the supervision of Prof. Jürgen Janek and Dr. Felix Richter and to cooperate with the ZfM members during my 11-month stay.

# Outgoings

Janine Lorenz absolvierte ihre Bachelorthesis an der JLU in der Mikro- und Nanostrukturierungsgruppe von Prof. Dr. Peter J. Klar. Ihre Arbeit erfolgte in Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Yan Zhang an der Capital Normal University Beijing. In diesem Rahmen strukturierte sie schaltbare Terahertz (THz) Modulatoren bestehend aus thermochromen  $\text{VO}_2$  und  $\text{V}_x\text{W}_{1-x}\text{O}_2$  Resonatoren, die anschließend während eines zweiwöchigen Aufenthalts in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Yan Zhang auf ihre Funktionsfähigkeit untersucht wurden.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Yan Zhang beschäftigt sich mit der Erzeugung, Detektion und Modulation von THz Strahlung. Dabei ist die Gruppe

spezialisiert auf optische Systeme für THz Imaging und THz Zeitbereichsspektroskopie, die zur Messung der Eigenschaften von THz Modulatoren verwendet werden können.

Während ihres Aufenthalts in Peking erlernte Janine Lorenz theoretische Hintergründe zur Simulation der von ihr bereits präparierten Resonatorstrukturen. Sie erlangte neue Kenntnisse über den Aufbau optischer Systeme und führte die Messungen ihrer präparierten Modulatoren an einem THz-Imaging-System durch. Im Austausch mit den Doktoranden an der Capital Normal University konnte sie ihr Wissen im Bereich der THz-Technologie erweitern und Kontakte für eine weiter andauernde Kooperation knüpfen.



**B. Sc. Janine Lorenz**  
Capital Normal University Beijing  
China

Pascal Henkel absolvierte ein dreimonatiges Forschungspraktikum in der Arbeitsgruppe von Prof. Gaston an der University of Auckland, Neuseeland. Die Arbeitsgruppe von Nicola Gaston ist auf die quantenchemische Berechnung von Festkörpern und Oberflächenstrukturen, sowie auf die Analyse von elektrochemischen Strukturen spezialisiert. Dieser Themenbereich steht im direkten Zusammenhang zum Promotionsthema von Herrn Henkel und ermöglichte damit einen guten internationalen wissenschaftlichen Austausch.

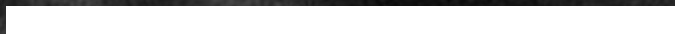
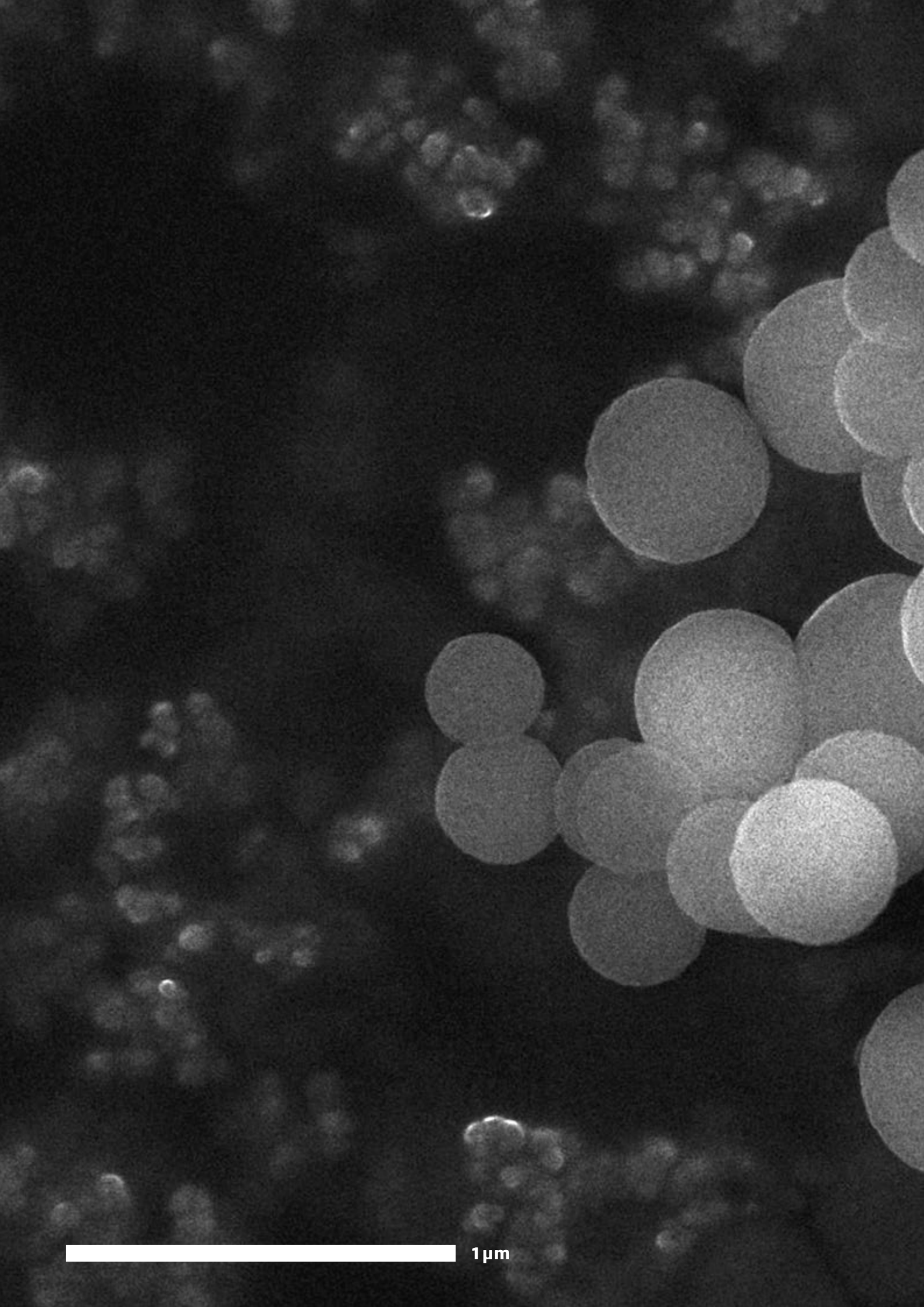
Während seines Aufenthaltes in Neuseeland erweiterte Pascal Henkel seine Fachkenntnisse im Bereich der theoretischen Modellierung und Berechnung von Oberflächen. In diesem Bereich ist die Arbeitsgruppe von Prof. Gaston in den letzten Jahren sehr aktiv gewesen. Im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit der University of Canterbury, Neuseeland, untersuchte er den Einfluss der

geometrischen Oberflächenstruktur von Zinkoxid auf die Bandstruktur. Außerdem wurde untersucht, inwiefern kleine adsorbierte Moleküle die Bandstruktur der einzelnen Zinkoxid-Oberflächen beeinflussen.

Pascal Henkel promoviert seit 2018 in der Arbeitsgruppe von Prof. Doreen Mollenhauer und ist Kollegiat im Graduiertenkolleg 2204. Im Rahmen seiner Promotionsarbeit untersucht er mittels quantenchemischer Methoden die Diffusionseigenschaften von Lithium innerhalb von pseudokristallinem Lithium-Phosphor-Oxinitrid (LIPON) und kristallinem Lithium-Titanat (LTO). Zu Beginn seines dritten Promotionsjahres wird er im Rahmen eines DAAD-Kurzzeitstipendiums erneut für 3 Monate die Arbeitsgruppe von Frau Prof. Gaston besuchen, um die Grenzfläche zwischen LIPON und LTO theoretisch zu untersuchen und zu charakterisieren.



**M. Sc. Pascal Henkel**  
University of Auckland  
Neuseeland



1 μm

# VERANSTALTUNGEN

**062**

Veranstaltungen des ZfM 2018/2019

**066**

Drittes Bunsen-Kolloquium zum Thema  
Festkörperbatterien

# Veranstaltungen des ZfM 2018/2019

Gemeinsame Veranstaltungen bilden ein wichtiges identitätsstiftendes Element innerhalb des ZfM und dienen gleichermaßen der wissenschaftlichen Profilierung und Weiterbildung sowie der internen Vernetzung. Zusätzlich zu den von den jeweiligen Instituten durchgeführten Veranstaltungsreihen und Kolloquien organisiert die ZfM-Geschäftsstelle Veranstaltungen verschiedener Formate. Im wöchentlich erscheinenden Newsletter werden die Mitglieder des Zentrums über alle anstehenden Veranstaltungen mit materialwissenschaftlichem Bezug informiert.

## Veranstaltungen mit eingeladenen Gästen

### DPG Industriegespräche Mittelhessen – Students meet Industry

Die Industriegespräche wurden als Veranstaltungsformat vom Arbeitskreis Industrie und Wirtschaft der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vor etwa 10 Jahren ins Leben gerufen. Ziel dieser lokalen Foren ist es, Vertreter aus der Industrie und Studierende bei interessanten Vorträgen und den sich anschließenden Gesprächen zusammenzubringen und so erste Kontakte zur Praxis knüpfen zu lassen. Der von der DPG bezahlte Imbiss nach den Vorträgen bietet dazu einen passenden Rahmen. Industriegespräche werden in Bad Honnef, Berlin, Chemnitz, Dresden, Hamburg, Jena, München, Stuttgart und in Gießen durchgeführt.

Lokal wird die Veranstaltung von der Justus-Liebig-Universität, der Technischen Hochschule Mittelhessen, dem Fraunhofer IWKS und dem Wetzlarer Netzwerk in Zusammenarbeit mit Optence und dem VDI Bezirksverein Mittelhessen organisiert. Die lokalen Vertreter, Prof. Peter J. Klar (IPI/ZfM), Prof. Thomas Sure (THM), Dr. Gert Homm (IWKS) und Ralf Niggemann (Wetzlar Netzwerk) stellen das Programm gemeinsam zusammen und laden die Gäste ein. Kriterien sind dabei die Attraktivität des Themas, sein Industriebezug sowie die Anschlussfähigkeit an die Gießener Studiengänge, insbesondere auch die Materialwissenschaften. Durchgeführt wird die Veranstaltung dreimal im Semester im Rahmen von Sonderterminen des Physikalischen Kolloquiums.

Der Zuspruch ist groß, und der Hörsaal ist immer gefüllt. Die Veranstaltung ist zum einen ein gutes Beispiel dafür, wie das ZfM mit den Partnern in der Umgebung interagiert, zum anderen, wie es innovative Ansätze für eine praxisnahe Ausbildung der Studierenden praktisch mit umsetzt und fördert. Es ist so ein weiteres Puzzleteil der *Outreach*-Bestrebungen des ZfM.

28. 02. 2018

JLU Gießen

### LaMa meets Industry – Strom aus (Ab-)wärme: Anwendungen und Perspektiven der Thermoelektrik

Prof. Dr. Anke Weidenkaff  
Universität Stuttgart

Dr. Christian Stiewe  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt Köln

Dr. Jan König  
Fraunhofer IPM Freiburg

Daniel Zuckermann  
Isabellenhütte, Dillenburg



27. 04. 2018

JLU Giessen

### LaMa-Kolloquium Heterogene Katalyse

Dr. Angela Kruth  
INP Greifswald e. V.

Dr.-Ing. Ralf Bandorf  
Fraunhofer-Institut für Schicht-  
und Oberflächentechnik IST,  
Braunschweig



29. 06. 2018  
JLU Gießen

LaMa-Kolloquium  
**Heterogene Katalyse**

Dr. Martin Votsmeier  
*Umicore AG & Co. KG*

Prof. Dr. Olaf Deutschmann  
*Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Lehrstuhl Chemische Technik*



14. 09. 2018  
JLU Gießen

Mini-Symposium  
**„Young Researchers in Sustainable Chemistry“**

Dr. Teresa Gatti  
*Universität Padua, Italien*

Dr. Tugce Akdas  
*CEA Grenoble, Frankreich*

Dr. Jesper Jacobsson  
*Universität Uppsala, Schweden*

Dr. Olena Vozniuk  
*Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim*

27. – 29. 08. 2018  
JLU Gießen

Workshop  
**3. Internationaler Workshop über Substitutionsmaterialien und Ressourcenstrategien (GRK 2204) – gemeinsamer Workshop mit der Universität Padua, IT**

u. a.

Prof. Dr. Antonella Glisenti

Prof. Dr. Antonino Polimeno

Prof. Dr. Giovanni Mattei

Prof. Dr. Mauro Carraro

Prof. Dr. Sabrina Antonello

Prof. Dr. Stefano Corni

*Professor\*innen der Universität Padua, Italien*

26. 10. 2018  
JLU Gießen

LaMa-Kolloquium  
**Mikro-elektromechanische Systeme (MEMS)**

Dr. Stefan Majoni  
*Robert Bosch GmbH, Reutlingen*

Dr. Torsten Henning  
*JLU Gießen*



14.–16. 11. 2018

House of Logistics and Mobility (HOLM), Frankfurt/Main

Konferenz  
**Solid-state Batteries III – From Fundamentals to Applications**

u. a.

Prof. Dr. Saiful Islam  
*University of Bath, Großbritannien*

Prof. Dr. Ryoji Kanno  
*Tokyo Institute of Technology, Japan*

Prof. Dr. Hong Li  
*Chinese Academy of Sciences, China*

Prof. Dr. Jeff Sakamoto  
*University of Michigan, USA*



05. 06. 2019

JLU Gießen

Materialforschungstag  
**13. Materialforschungstag Mittelhessen**

Prof. Dr. Yan Zhang  
*Capital Normal University, Beijing, China*

Dr. Michael Selzer  
*Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Materialien*

12. 04. 2019

JLU Gießen

Meet the Expert  
**Molecular Processes in Intercalation and Redox Flow Batteries**

Prof. Dr. Ulrich Stimming  
*Newcastle University, Großbritannien*



28. 02. 2019

JLU Gießen

Meet the Expert  
**Understanding the Surface of Complex Oxides used in High Temperature Electrochemical Devices**

Prof. Dr. John Kilner  
*Imperial College London, Großbritannien*



**Materialforschungstag Mittelhessen 2019**

Zur Tradition geworden ist der jährlich stattfindende Materialforschungstag Mittelhessen, der 2019 schon zum 13. Mal durchgeführt wurde. Ziel des Treffens, das diesmal im JLU-Hauptgebäude stattfand, ist die Vernetzung der auf dem Gebiet der Materialforschung aktiven Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der drei mittelhessischen Hochschulen (Philipps-Universität, Justus-Liebig-Universität und Technische Hochschule Mittelhessen), die im Forschungscampus Mittelhessen gemeinsam den Campusschwerpunkt Materialforschung bilden. Der Materialforschungstag bietet dabei insbesondere dem wissenschaftlichen Nachwuchs eine Plattform für den Austausch und die Möglichkeit, die eigenen Forschungsergebnisse zu präsentieren.

Den ca. 240 Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurde ein fachlich breit gefächertes Vortragsprogramm, das größtenteils von Rednerinnen und Rednern aus den beteiligten Hochschulen bestritten wurde, angeboten und durch eine große Posterschau des wissenschaftlichen Nachwuchses abgerundet.

Die eingeladenen Gastredner Prof. Dr. Yan Zhang (Capital Normal University, Peking, China), der im Rahmen eines DAAD-Austauschs an der JLU zu Gast war, und Dr. Michael Selzer (Karlsruher Institut für Technologie) berichteten über neuartige Metamaterialien zur Erzeugung von Terahertz-Wellen sowie über die rasant wachsenden Möglichkeiten des Hochleistungsrechnens im Design neuartiger Materialeigenschaften.



### Workshop 'In situ and operando methods in materials synthesis'

Experimentelle Methoden zur Charakterisierung von Materialeigenschaften gehören zum grundlegenden Handwerkszeug jedes Materialwissenschaftlers. Viele moderne Techniken erlauben es, die Veränderungen der Eigenschaften sogar während der Einwirkung externer Stimuli (z. B. Veränderung der Umgebungstemperatur) *in situ* oder *in operando* zu erfassen. Mit solchen Methoden ist es beispielsweise möglich, die im Inneren von Batterien ablaufenden Reaktionen während des Betriebs zu beobachten oder auch Reaktionsschritte, die während einer Materialsynthese ablaufen, *live* zu verfolgen. Gemeinsam mit dem DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1708 'Materialsynthese nahe Raumtemperatur' organisierte das ZfM im September 2019 einen dreitägigen Workshop für Doktorandinnen und Doktoranden, in dem verschiedene für die Materialwissenschaft essenzielle Charakterisierungsmethoden im Detail betrachtet wurden. Zusätzlich zu einer Grundlagenvorlesung zu den jeweiligen Methoden, konnten die mehr als 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmer je zwei vertiefende Tutorials auswählen. Vorlesungen und Tutorials wurden von Experten des ZfM sowie von Prof. Dr. Eike Brunner (TU Dresden) und Dr. Lukas Burkhardt (U Paderborn) angeboten. Mit einem Vortrag von Prof. Dr. Huayna Terraschke (CAU Kiel), die über ihre Forschungsarbeiten zur *in situ* Verfolgung von chemischen Reaktionen mittels Röntgenbeugungsmethoden berichtete, endete der Workshop.



22. 11. 2019  
JLU Gießen

### LaMa-Kolloquium Data Science in Materials Research

Prof. Dr. Wolfgang Wenzel  
*KIT Karlsruhe*  
Dr. Robert Lee  
*BASF SE*

26. –28. 08. 2019  
Schloss Rauischholzhausen

### Workshop 4. Internationaler Workshop über Substitutionsmaterialien und Ressourcenstrategien (GRK 2204)

u. a.  
Prof. Dr. Aline Rougier  
*Universität Bordeaux, Frankreich*  
Prof. Dr. Lars Borchardt  
*Ruhr-Universität Bochum*  
Prof. Dr. Matthew Halsall  
*University of Manchester, Großbritannien*  
Prof. Dr. Silvia Gross  
*Universität Padua, Italien*  
Dr. Martin Finsterbusch  
*Forschungszentrum Jülich, Institut für Energie- und Klimaforschung*

20. 09. 2019  
JLU Gießen

### LaMa-Workshop 'In situ and operando methods in materials synthesis'

u. a.  
Prof. Dr. Huayna Terraschke  
*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*  
Prof. Dr. Eike Brunner  
*Technische Universität Dresden*  
Dr. Lukas Burkhardt  
*Universität Paderborn*



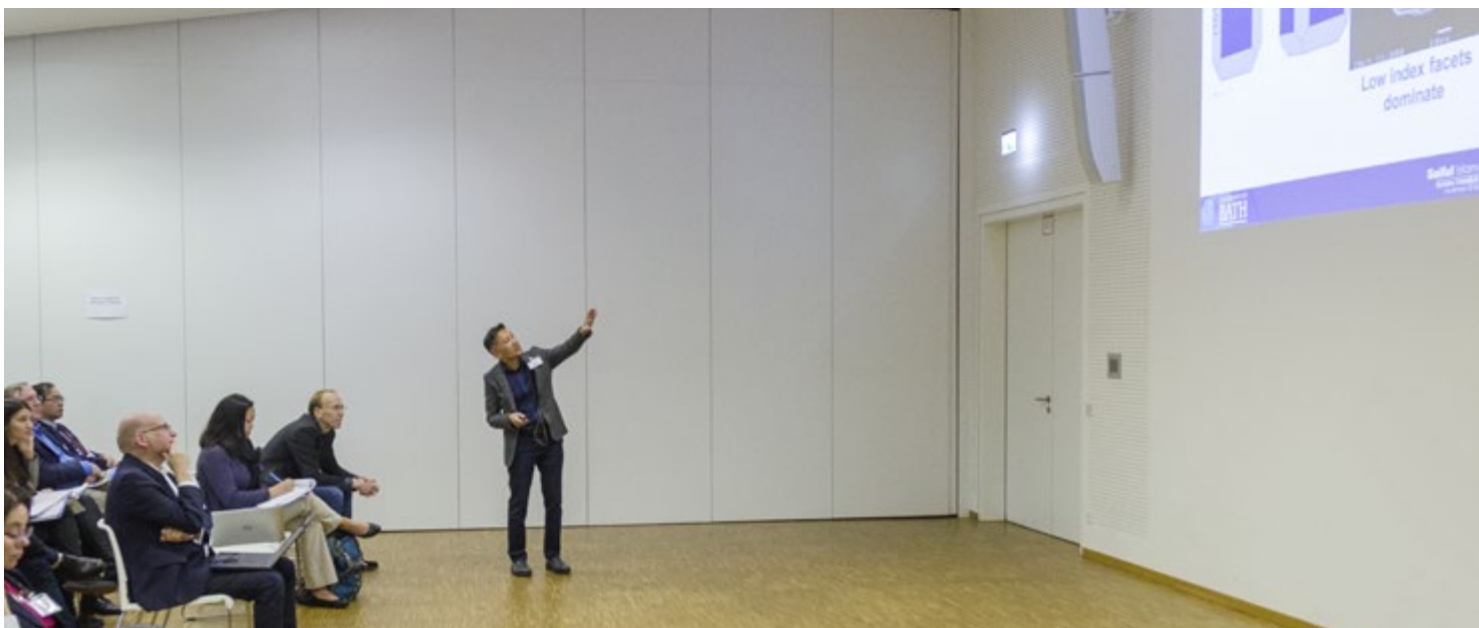
# Drittes Bunsen-Kolloquium zum Thema Festkörperbatterien

**Mit den aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Festkörperbatterien beschäftigte sich die dritte Auflage eines Bunsen-Kolloquiums, das die Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie gemeinsam mit dem Gießener Zentrum für Materialforschung (ZfM/LaMa) organisierte.**

**M**it Ryoji Kanno (Tokyo Institute of Technology, Japan), Jeff Sakamoto (University of Michigan, USA), Saiful Islam (University of Bath, UK) und Hong Li (Chinese Academy of Sciences, Peking, China) konnten gleich vier der weltweit führenden Experten auf dem Gebiet der elektrochemischen Materialforschung als Hauptvortragende gewonnen werden. Das Kolloquium war mit 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen, davon viele internationale Gäste, voll ausgebucht.

Festkörperbatterien (engl.: *Solid-State Batteries*, SSB), also Batterien, die ohne flüssige Komponenten auskommen, gelten als mögliche Nachfolgetechnologie der aktuell verwendeten Lithium-Ionen-Batterien. Anstelle von organischen – meist brennbaren – Flüssigkeiten kommt in SSB entweder ein ionenleitender keramischer Feststoff oder ein Polymer als Elektrolyt zum Einsatz. Vor allem die Automobilindustrie setzt große Hoffnungen auf die erfolgreiche Entwicklung dieser Technologie – denn SSB versprechen neben verbesserten Sicherheitseigenschaften auch höhere Energiedichten – und damit größere Reichweiten von Elektroautos – sowie kürzere Ladezeiten. Es ist daher keine Überraschung, dass die Forschungsanstrengungen auf diesem Gebiet weltweit weiter zunehmen. Dies zeigt sich auch darin, dass das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) kürzlich einen nationalen ‚Kompetenzcluster für Festkörperbatterien‘ (FestBatt) ins Leben gerufen hat (siehe Artikel auf Seite 18), der von Prof. Dr. Jürgen Janek (Physikalisch-Chemisches Institut und Zentrum für Materialforschung, JLU Gießen) koordiniert wird und an dem 14 Hochschulen und außeruniversitäre Partnereinrichtungen beteiligt sind.

Prof. Saiful Islam (University of Bath) präsentiert neueste Ergebnisse auf dem Gebiet der oxidischen Festelektrolyt-Materialien



Auf dem Weg zur konkurrenzfähigen Festkörperbatterie sind allerdings noch einige grundsätzliche wissenschaftliche und technologische Fragestellungen ungelöst: Beispielsweise gibt es bisher nur wenige feste Elektrolyte mit ionischer Leitfähigkeit vergleichbar zu flüssigen Elektrolyten. Außerdem führen chemische Reaktionen an den internen Grenzflächen der verschiedenen Zellkomponenten in vielen Fällen zu hohen Widerständen, was einen negativen Einfluss auf die Leistung der Batteriezelle haben kann. Der Einsatz von ausschließlich festen Komponenten führt wiederum zu neuen chemo-mechanischen Herausforderungen. Und schließlich erfordert die Herstellung von Festkörperbatterien neue und möglicherweise kostenintensive Produktionsprozesse, was die spätere Massenfertigung zweifellos erschweren würde.

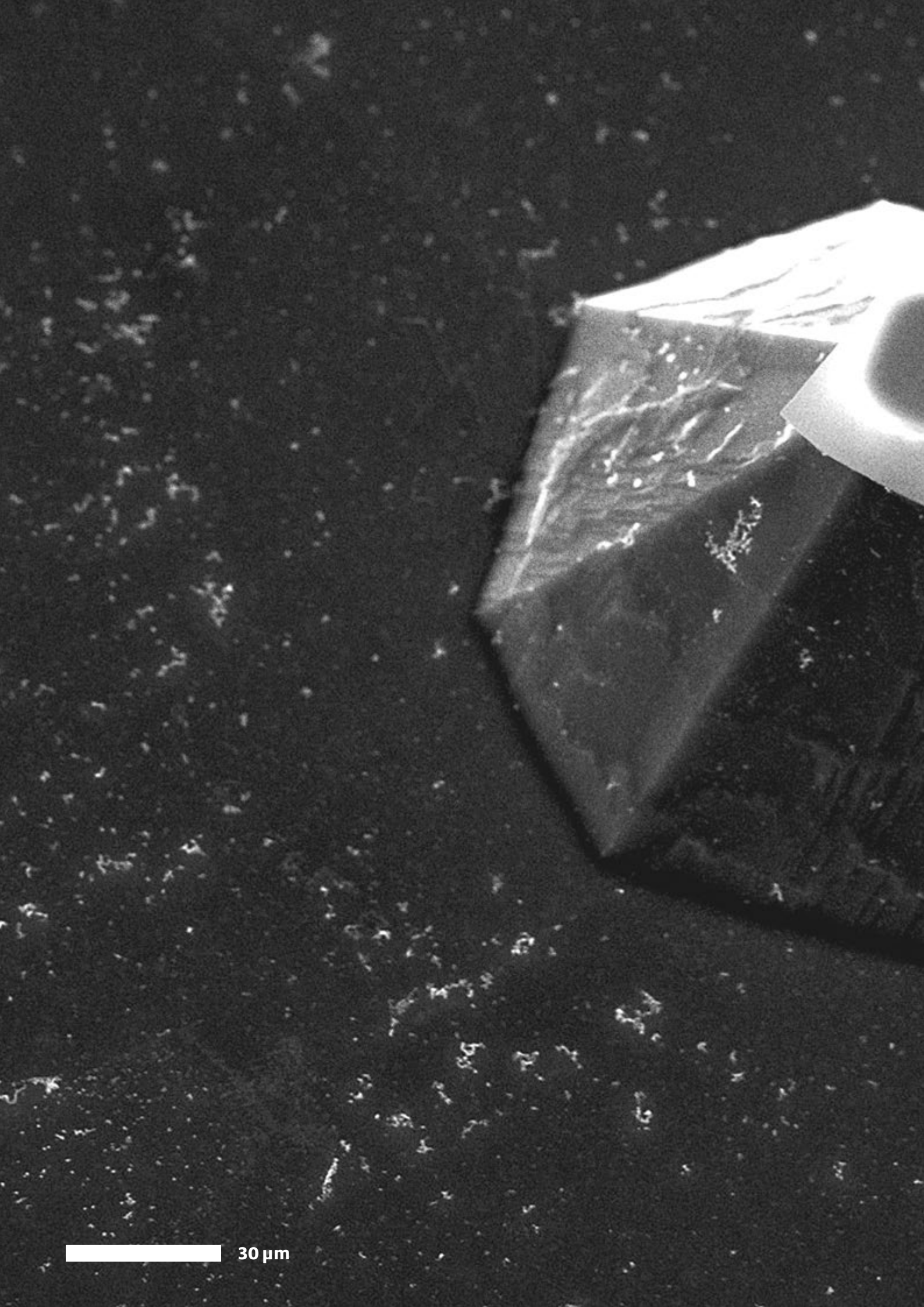
Aufgrund dieses Spannungsfelds zwischen Grundlagenforschung und industriellem Interesse lag ein wichtiger Schwerpunkt des Kolloquiums darauf, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Universitäten und Forschungsinstituten mit Expertinnen und Experten aus der Industrie zu vernetzen. Der intensive Austausch der Teilnehmerinnen und Teilnehmer über die theoretischen und praktischen Grenzen von Festkörperbatterien und über die bisher erzielten Ergebnisse förderte neue Ideen und bot auch dem wissenschaftlichen Nachwuchs einen attraktiven Rahmen für die Vorstellung eigener Arbeiten. Für viele der Teilnehmerinnen und Teilnehmer war es bereits das dritte Bunsen-Kolloquium zu diesem Thema, und am Ende der Veranstaltung waren sich alle einig, dass das Treffen wieder ein hervorragender Rahmen für die intensive Diskussion der wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen von Feststoffbatterien war.

Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Kolloquiums während der Dinner@Poster-Session auf der Empore des HOLM

Das Kolloquium ‚Solid-state batteries III – From Fundamentals to Application‘ wurde gemeinsam von der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e. V. (DBG) und dem Zentrum für Materialforschung der JLU Gießen organisiert und erneut im HOLM (House of Logistics and Mobility, Frankfurt/Main) durchgeführt. Die wissenschaftliche Vorbereitung und Organisation wurde von Dr. Wolfgang Zeier (JLU Gießen), Dr. Pascal Hartmann (BASF SE), Dr. Peter Lamp (BMW Group) und Dr. Mareike Wolter (Fraunhofer IKTS) übernommen.

Bunsen-Kolloquien sind seit Jahrzehnten eine sehr erfolgreiche Veranstaltungsform der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie, die hochaktuelle Forschungsthemen aufgreifen und bei begrenzter Teilnehmerzahl die intensive Auseinandersetzung von Expertinnen und Experten fördern.





30 μm



# METHODEN- PLATTFORMEN

**070**  
Die Methodenplattformen

**072**  
Methodenplattform DünE

**073**  
Methodenplattform OpuS

**074**  
Charakterisierung nanoskaliger  
Systeme (NanoSys)

**075**  
Elektrochemie- & Grenzflächenlabor  
(ElCh)

**076**  
Mikro- & Nanostrukturierungslabor  
(MiNaLab)

# Die Methodenplattformen

**Die Begleitung und Koordination interdisziplinärer Forschung gehört zu den wichtigsten Aufgaben des ZfM. Viele Methoden zur Materialpräparation und -charakterisierung der am Zentrum beteiligten Arbeitsgruppen werden von mehreren Gruppen genutzt und sind zu sogenannten Methodenplattformen zusammengefasst. Diese Plattformen garantieren den barrierefreien Zugang zu den am Standort vorhandenen Techniken und stellen dadurch ein starkes, profilbildendes Standbein des Zentrums dar.**

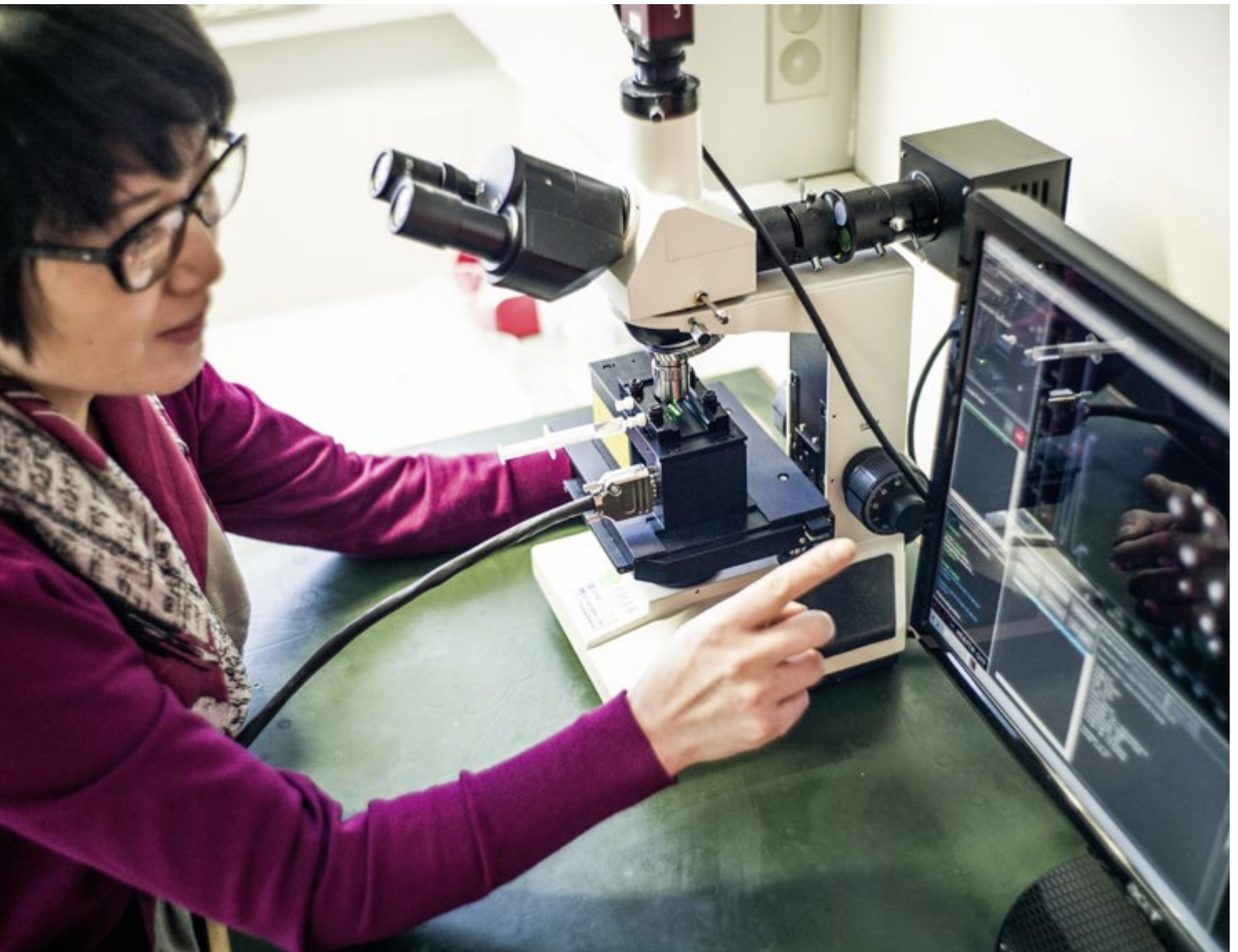
**S**tudierende, Promovierende und die Leiterinnen und Leiter der Nachwuchsgruppen profitieren in besonderem Maße von diesen Strukturen und erhalten schon während der Ausbildung Einblick und Erfahrungen in einer Vielzahl von Techniken.

Grundsätzlich steht die Nutzung neben den im Zentrum organisierten Gruppen nach individueller Absprache auch weiteren Gruppen offen – innerhalb der JLU, aber auch an anderen Hochschulen oder Forschungseinrichtungen. So sind beispielsweise auch Forscherinnen und Forscher der mittelhessischen Partnerhochschulen, THM und Philipps-Universität Marburg, häufig zu Gast in den Laboren des ZfM. Der Grundstein für dieses Konzept wurde in der Gießener Materialforschung bereits im Jahr 2006 mit der Einrichtung des Reinraums in der Physik gelegt, der heute die Methodenplattform ‚Mikro- und Nanostrukturierungslabor‘ (MiNaLab) bildet.

Jede Methodenplattform wird von einer oder mehreren Professuren mit besonderer Kompetenz auf dem betreffenden Gebiet geleitet. So wird eine optimale Betreuung sichergestellt, da Erhalt und kontinuierliche Erneuerung einer jeden Methode im ureigenen Interesse der verantwortlichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler liegen. Die Plattformen umfassen keineswegs nur vorkonfektionierte Großgeräte – auch eine Vielzahl individuell für die Bearbeitung konkreter Forschungsthemen in Eigenleistung aufgebauter Geräte ist für die gemeinsame Nutzung zugänglich und wird in enger Absprache mit den Nutzergruppen ständig an die aktuellen wissenschaftlichen Erfordernisse angepasst.

Die gemeinsame Gerätenutzung in den Methodenplattformen stellt insbesondere die optimale Auslastung der Forschungsgrößgeräte sicher, deren Anschaffung und Unterhalt hohe Kosten verursachen. Die Einbindung von Methoden in Plattformen vergrößert somit entscheidend die Chancen, Investitionsmittel für die Erst- und Wiederbeschaffung von Geräten zu erhalten. So wurde im Zuge der Integration in die Plattform DünE (siehe Seite 72) des ZfM beispielsweise die in der AG Prof. Chatterjee betriebene Atomlagenabscheidung (ALD) durch neue Quellen, Reaktorkammern und Pumpen erheblich aufgerüstet. Nun können auch Vorläuferverbindungen mit geringem Dampfdruck wie z. B. Ceroxid abgeschieden sowie poröse und pulverförmige Materialien beschichtet werden. Für die Plattform EICH wird demnächst – mit Co-Finanzierung durch die DFG – ein Sekundärionen-Massenspektrometer (SIMS) mit einem sogenannten Orbitrap-Detektor beschafft, das besonders gut zur Untersuchung der Zusammensetzung von Bio- und organisch-anorganischen Hybrid-Materialien geeignet ist. Die Nutzung und die finanziellen Aufwandsentschädigungen, die den jeweiligen Betreiber-Arbeitsgruppen zufließen, werden durch Nutzungsordnungen geregelt, die mit den Grundsätzen der DFG konform sind.

Im Berichtszeitraum wurden drei neue Methodenplattformen gegründet. Diese umfassen mit dem Dünnschicht- und Epitaxielabor (DünE) einerseits essentielle Methoden zur kontrollierten Abscheidung der in fast allen Bereichen der Gießener Materialforschung benötigten Dünnschichten. Andererseits wurden mit der Plattform zur Charakterisierung nanoskaliger Systeme (NanoSys) sowie dem Optik- und Spektroskopielabor (OpuS) allen ZfM-Gruppen weitere wichtige Untersuchungsmethoden bereitgestellt.



Auf einem stark durch experimentelle Forschung geprägten Gebiet wie den Materialwissenschaften verfügen die einzelnen Arbeitsgruppen naturgemäß über eine kaum zu überblickende Zahl an Präparations- und Untersuchungsmethoden. In vielen Fällen sind deren laufende Kosten gering, so dass der Aufwand einer formellen Aufnahme in eine ‚verfasste‘ Methodenplattform nicht gerechtfertigt wäre. Um auch diese – soweit es sinnvoll möglich erscheint – arbeitsgruppenübergreifend nutzen zu können, werden auf Initiative des Direktoriums des ZfM seit Frühjahr 2019 fast 50 dieser Geräte auf der Webseite des ZfM aufgeführt.

Der kontinuierliche Ausbau der Methodenplattformen stellt aus Sicht des ZfM ein zentrales Element der interdisziplinären Zusammenarbeit dar. Sie bündeln Fachkompetenz, ermöglichen solide untermauerte Forschungsergebnisse und optimieren die Beschaffung und die Nutzung kostenintensiver Großgeräte.

## Methodenplattform DünE

**D**as Dünnschicht- und Epitaxielabor (DünE) bündelt die Kompetenzen zur Herstellung hochwertiger funktioneller Dünnschichten mittels physikalischer Depositionsmethoden im ZfM. Einerseits bietet es niederschweligen Zugang zur Herstellung und Optimierung etablierter Materialsysteme, andererseits erlaubt die umfassende Wachstums- und Anwendungskompetenz der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch das gemeinsame Erarbeiten neuer, innovativer Materialien oder Schichtsysteme. Die benötigte apparative Ausstattung sowie die wissenschaftliche Betreuung der Geräte wird von den Arbeitsgruppen des I. Physikalischen Instituts und des Physikalisch-Chemischen Instituts getragen. Zu den Hauptanwendungsgebieten funktionaler Dünnschichten zählen derzeit die Thermochromie und Elektrochromie auf der Basis oxidischer Materialien, photovoltaische sowie optoelektronische Anwendungen und die elektrochemische Energiespeicherung.

Im Bereich der Deposition mittels Kathodenzerstäubung – des sogenannten Sputterns – stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, so dass entsprechend der Problemstellung die optimale Anlage ausgewählt werden kann. Bei den konventionellen Methoden wird das Ausgangsmaterial durch ein Plasma verdampft und dann auf Substraten abgeschieden. Mehrere Anlagen können für das ‚Magnetron-Sputtern‘ im ‚kontinuierlichen‘ Radiofrequenz- (RF) oder im gepulsten Betrieb genutzt werden. Darüber hinaus ist beispielsweise die Abscheidung von bis zu fünf verschiedenen Materialien in einem Schichtsystem bei hohen Substrattemperaturen sowie – durch den Anschluss einer Glove-Box an die Sputteranlage – auch ohne Luftkontakt möglich.

Diese Methoden werden durch das Ionenstrahl-Sputtern ergänzt. Hier haben die zu deponierenden Schichten keinen direkten Kontakt zum Plasma, sondern ein Ionenstrahl erzeugt einen sekundären Materialstrom, der auf den Substratmaterialien abgeschieden wird. Beispielsweise können hier Dreischichtsysteme ohne Luftkontakt bei geheiztem Substrat hergestellt oder mittels eines Dualstrahlensystems kombinatorische Materialabscheidung durchgeführt werden. Die Kompetenzen werden in Zukunft weiter in Richtung simultaner beidseitiger Abscheidung komplexer Mehrschichtsysteme hin erweitert.

Als alternatives Herstellungsverfahren für Dünnschichten steht das Laserstrahl-Verdampfen (*pulsed laser deposition, PLD*) zur Verfügung, bei dem das Ausgangsmaterial mittels eines Hochleistungs-Ultraviolettlasers verdampft und anschließend auf Substraten abgeschieden wird.

Für sehr dünne Schichten bietet die Plattform DünE eine Anlage zur Atomlagenabscheidung (*atomic layer deposition, ALD*). Hier können typischerweise Oxide zur Passivierung, als Haftvermittlerschichten oder als Funktionsschicht z. B. zur Katalyse aufgebracht werden. Neben Standardprozessen etwa für Schichten aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder  $\text{TiO}_2$  steht eine Vielzahl von Materialien wie  $\text{CeO}_2$ , Pt oder  $\text{MoO}_3$  zur Verfügung. Weiterhin sind auch Mehrschichtsysteme oder Legierungen wie  $(\text{Zn},\text{Mg})\text{O}$  herstellbar.

Abgerundet wird das Methodenportfolio durch die Molekularstrahlepitaxie. Hier werden GaN-basierte Schichten und Heterostrukturen mit höchster struktureller Qualität für zukünftige Bauelementkonzepte realisiert. Ein Ziel ist dabei, zu den Entwicklungen in der Hochleistungselektronik und der Sensorik beizutragen. Dazu zählen neben Höchstgeschwindigkeitstransistoren, die bis in den Bereich vieler hunderter GHz reichen, auch Hochstromschalter, um beispielsweise die für die Elektromobilität benötigten großen Ströme handhaben zu können.





## Methodenplattform OpuS

**D**as Optik- und Spektroskopielabor (OpuS) ist die jüngste Ergänzung der Methodenplattformen des ZfM. Es wird derzeit primär von den in der Festkörperforschung tätigen Arbeitsgruppen am I. Physikalischen Institut betrieben. Ihre Geräteinfrastruktur soll in den Folgejahren weiter ausgebaut werden. Dies soll zum einen im Rahmen des kontinuierlichen Auf- und Ausbaus der Heisenbergprofessur von Prof. Chatterjee erfolgen, andererseits soll die Plattform über die Institutsgrenzen hinaus erweitert werden.

Bereits derzeit bietet OpuS eine breite Auswahl von Methoden, um Funktionsmaterialien mit Hilfe ihrer Wechselwirkungen mit elektromagnetischen Wellen zu charakterisieren. Ergänzt werden die optischen Methoden durch die elektrische Charakterisierung mittels Messungen des Halleffektes und einen voll ausgestatteten Halbleiterparameteranalysator, der verschiedenste Kennlinien von Bauelementen und Prototypen bestimmen kann.

Den Nutzern stehen diverse Geräte zur Absorptions- und Emissionsmessung zur Verfügung. Dazu zählen mehrere kommerzielle Geräte, wie UV-VIS- bzw. UV-VIS-NIR- oder FTIR-Spektrometer. Diese wurden vielfach an die Bedürfnisse der betreibenden Arbeitsgruppen individuell angepasst und weiterentwickelt, so dass beispielsweise Messungen bei kryogenen Temperaturen ab 4 Kelvin genauso möglich sind wie Messungen bei mehreren hundert Grad Celsius oder in der Gasphase.

Potentielle Materialverunreinigungen können durch die Charakterisierung der paramagnetischen Defekte mittels der Elektronenspinresonanz identifiziert werden. Gleichzeitig erlaubt die Methode die Identifizierung von Singulett- oder Triplett-Zuständen beispielsweise in der organischen Photovoltaik.

Emissionsmessungen können mit modernen Hochleistungskameras zeitaufgelöst durchgeführt werden. OpuS verfügt über diverse Kameras mit Zeitauflösungen von Millisekunden bis in den Sub-Picosekunden-Bereich. Typischerweise sind die Aufbauten zur Messung der Photolumineszenz als Mikroskope realisiert, sodass kleine Proben ab etwa 1  $\mu\text{m}$  Kantenlänge untersucht werden können. Zusammen mit Messungen der externen Quantenausbeute können so strahlende und nichtstrahlende Lebensdauern von Festkörper-Anregungen bestimmt werden.

Drei Raman-Mikroskope, die in den Arbeitsgruppen Prof. Klar und Prof. Smarsly betrieben werden, ermöglichen das Identifizieren unterschiedlichster Substanzen, funktioneller Gruppen und Verunreinigungen. Dabei können die Proben für spezielle Untersuchungen thermisch induzierter Zersetzungsreaktionen oder lokaler Gittereigenschaften erhitzt oder auch unter hydrostatischen Druck gesetzt werden.

Neben den eigentlichen Standardaufbauten liegt die große Kompetenz von OpuS in der Möglichkeit, spezielle Messverfahren gemeinsam mit Nutzern zu entwickeln und in den Spektroskopielaboren der JLU umzusetzen.



## Charakterisierung nanoskaliger Systeme (NanoSys)

In der Methodenplattform NanoSys sind physikalisch-chemische Analysemethoden zur Größenbestimmung von nanoskaligen Systemen zusammengefasst. Hierzu gehören die Ermittlung von Porengrößenverteilungen im Bereich von ca. 0,5 nm–60 µm, die Messung innerer Oberflächen und Volumina poröser Feststoffe und die Bestimmung von Partikelgrößenverteilungen im Bereich von ca. 0,3 nm–40 µm. Der Großteil der Geräte ist in den Laboren der Arbeitsgruppe von Prof. Smarsly im Physikalisch-Chemischen Institut zu finden, unter dessen Leitung die Methodenplattform auch betrieben wird. Zur Wartung der Geräte, Durchführung der Messungen, Einweisung von Studierenden, sowie zur Unterstützung von Auswertung und Interpretation der Messungen ist in der Arbeitsgruppe ein promovierter Materialwissenschaftler dauerhaft eingestellt.

Die Abdeckung der großen Messbereiche wird durch den komplementären Betrieb mehrerer Methoden erreicht. Neben der Bestimmung von inneren Oberflächen ab einem Absolutwert von ca. 1 m<sup>2</sup> deckt die Physisorption (Quantachrome, Quadrasorb evo und Quantachrome, AUTOSORB-iQ) die Messung von Porengrößen ab, die einen Durchmesser von ca. 0,5 nm–100 nm haben. Hierbei ist aktuell die Sorption mit den folgenden Gasen durchführbar: N<sub>2</sub>, Ar, Kr, CO<sub>2</sub>, sowie Dampfmessungen mit H<sub>2</sub>O und Alkoholen. Die Analyse größerer Poren erfolgt mittels Quecksilberporosimetrie (Thermo Fisher Scientific, PASCAL 140/440), welche die Bestimmung von Poren im Größenbereich von ca. 3,5 nm–60 µm ermöglicht.



Der Nanopartikel-Analysator (Malvern Instruments Ltd., Zetasizer Nano ZS) liefert neben der Größe von Partikeln im Bereich von 0,3 nm–10 µm durch dynamische Lichtstreuung auch das Zeta-Potential der vermessenen Partikel. Im Modus der statischen Lichtstreuung lässt sich außerdem das Molekulargewicht von Polymeren bestimmen. Zur Untersuchung größerer Partikel steht die Ultra-Scheibenzentrifuge (CPS Instruments Inc., 24000 DC) bereit, die einen Partikelgrößenbereich von ca. 10 nm–40 µm abdeckt (dichteabhängig).

Die Nanoparticle Tracking Analysis (kurz NTA, Malvern Instruments Ltd. Nanosight) erlaubt es, Nanopartikel der Größe von ca. 10–1000 nm (probenabhängig) in flüssigen Medien in ihrer Größe, Größenverteilung und Konzentration zu bestimmen. Dabei wird jedes einzelne Partikel charakterisiert und geht in die Berechnung ein. Die Methode ist visuell nachvollziehbar und erlaubt eine schnelle Auswertung. Außerdem ermöglicht sie es, Änderungen der Eigenschaften von Partikelpopulationen in Echtzeit zu überwachen. Die NTA ist eine der komplementären Analysemethoden für Nanomaterialien und wird nicht nur in Chemie und Physik angewendet, sondern auch sehr gerne im Bereich der Umweltforschung und Lebenswissenschaft benutzt.

Die Geräte der Plattform NanoSys werden auch regelmäßig von nicht ZfM-Gruppen, z. B. aus dem Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, genutzt.

## Elektrochemie- & Grenzflächenlabor (ElCh)

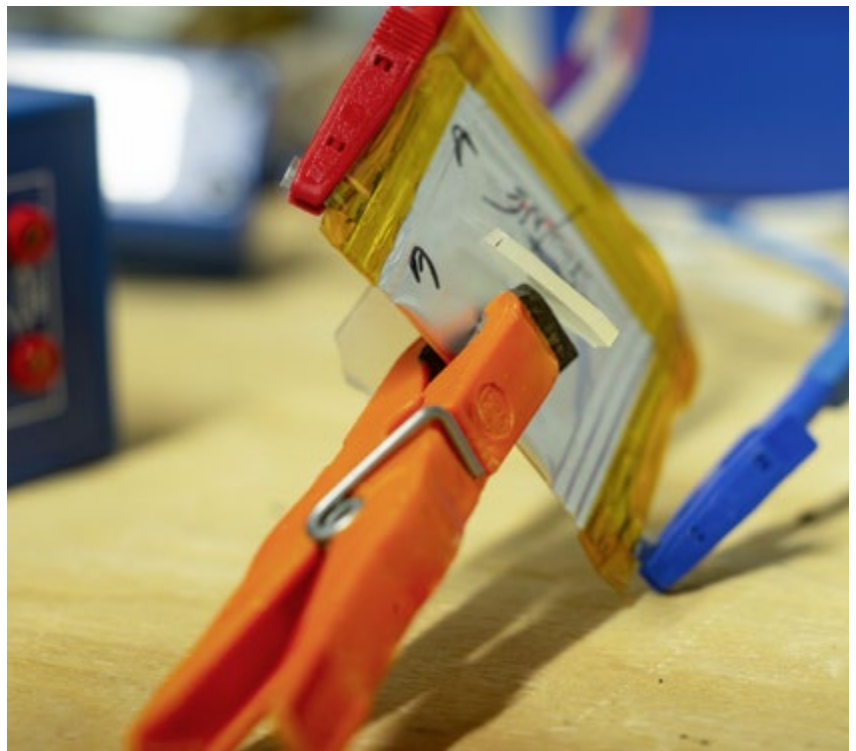
**D**ie Methodenplattform ElCh unter der Leitung der Arbeitsgruppe von Prof. Janek bietet verschiedenste Analysemethoden und umfassendes Anwendungs-Know-How im Bereich der elektrochemischen Material- und Oberflächenanalyse. Die Großgeräte für die Materialanalytik verfügen ausnahmslos über Transfersysteme zum Arbeiten unter Atmosphärenausschluss, Heizprobenhalter bis mindestens 600 °C sowie elektrische Kontaktmöglichkeiten für elektrochemische in-situ-Experimente. Für die Probenpräparation stehen Argon-Handschuhboxen zur Verfügung.

Die Sekundärionen-Massenspektroskopie (ToF-SIMS) liefert Informationen über die atomare bzw. molekulare Zusammensetzung der ersten 1–3 Monolagen eines Festkörpers mit einer lateralen Auflösung im Sub-Mikrometer-Bereich. Zur Gewinnung zusätzlicher Tiefeninformation können Proben durch Ionenbeschuss abgetragen werden.

Mit den beiden Rasterelektronenmikroskopen lassen sich Oberflächen mit hoher Auflösung bis 0,7 nm abbilden. Mithilfe von Detektoren für energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) und Elektronenrückstreubeugung (EBSD) sind in den oberflächennahen Bereichen zudem quantitative chemische Analysen sowie Untersuchungen der kristallinen Strukturen möglich.

Das 2018 in Betrieb genommene FIB-REM nutzt einen fokussierten Ionenstrahl, um Materialien mit höchster Präzision senkrecht zur Oberfläche einzuschneiden, so dass tiefer gelegene Schichten elektronenmikroskopisch erfasst werden können und ermöglicht so die dreidimensionale Analyse von Proben.

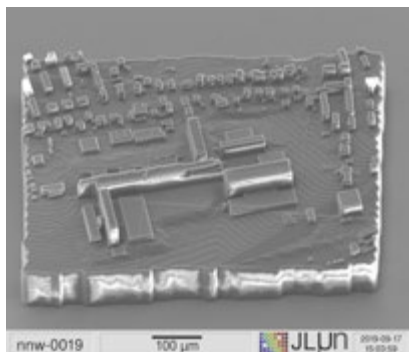
Die chemische Zusammensetzung und die Bindungsverhältnisse in oberflächennahen Bereichen können mittels Photoelektronenspektroskopie (XPS) aufgeklärt werden. Darüber hinaus verfügt die Methodenplattform über zwei Röntgendiffraktometer, diverse Impedanzmessbrücken sowie Multikanal-Zyklisierer für elektrochemische Zellen.



## 3D- Mikro & Nano-Lithografie

### Testreihe zur Parameter-optimierung bei der 3D-Mikrolithografie in SU-8

Seit Januar 2019 verfügt die Methodenplattform MiNaLab (Mikro- und Nanostrukturierungslabor) über ein Gerät zur Mikro- und Nanolithografie in drei Dimensionen auf Grundlage der Zwei-Photonen-Lithografie (Photonics Professional GT von Nanoscribe aus Eggenstein-Leopoldshafen). Bei der Zwei-Photonen-Lithografie wird ein Laserstrahl, dessen Photonenenergie zur Belichtung eines Fotolacks nicht ausreicht, durch eine Mikroskop-Optik fokussiert. Um den Brennpunkt herum entsteht in einem Volumenelement (Voxel), das in lateraler Richtung kleiner ist als die Wellenlänge des Lichtes und in vertikaler Richtung im Bereich eines Mikrometers liegt, eine solch hohe Intensität, dass gleichzeitig zwei Photonen absorbiert werden und dadurch der Fotolack belichtet wird. Das Voxel wird in drei Dimensionen durch den Fotolack gescannt. Nach der Entwicklung bleibt (im Fall eines ‚negativen‘ Fotolacks) die belichtete Struktur zurück. Die Rasterelektronenmikrografie zeigt ein in SU-8 Photolack geschriebenes 3D-Modell des naturwissenschaftlichen Campus. Natürlich kann man auch andere Strukturen mit dem Gerät schreiben. Das Photonics Professional GT wurde von der DFG kofinanziert und ist im Rahmen der Methodenplattform MiNaLab des ZfM/LaMa zugänglich.

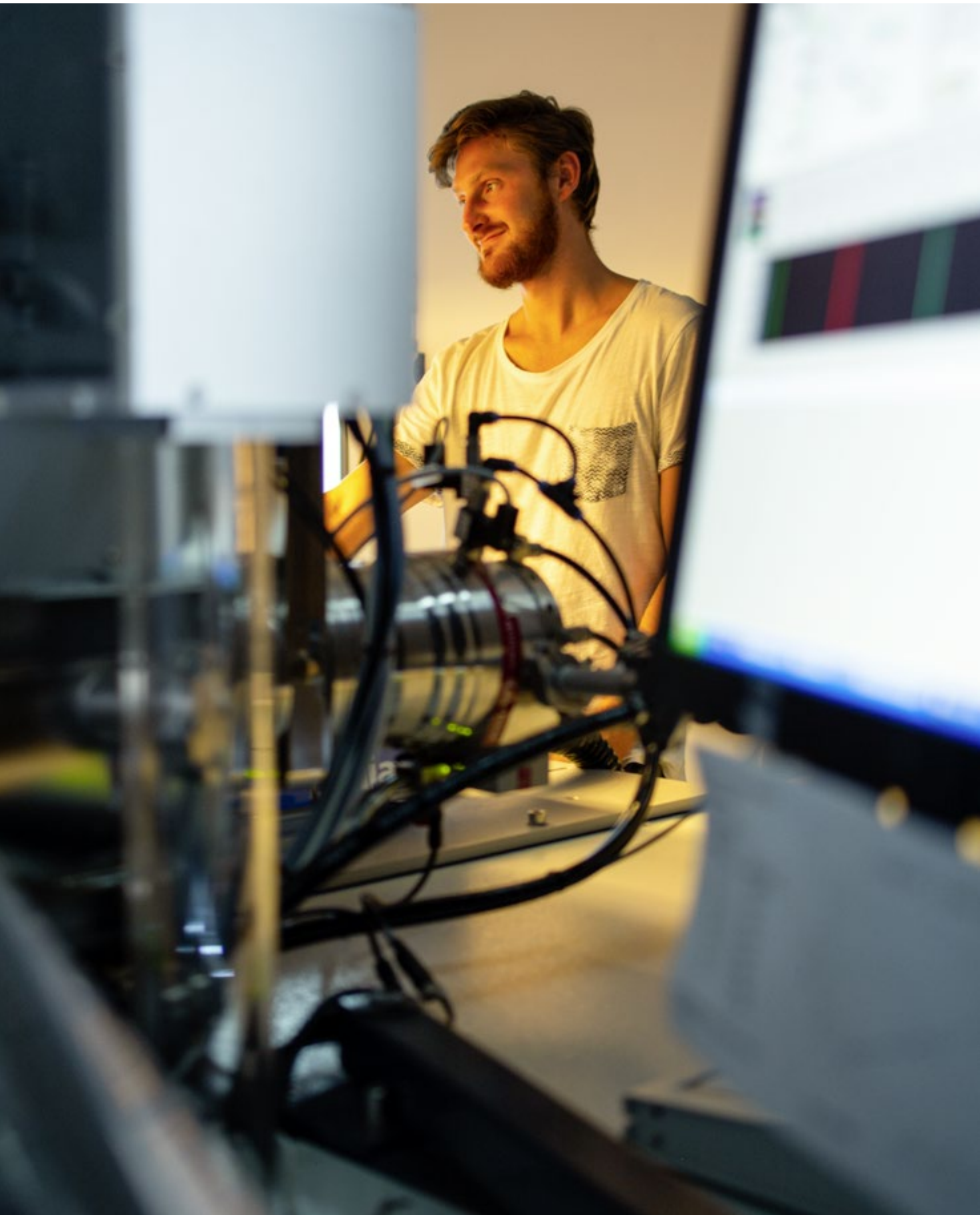


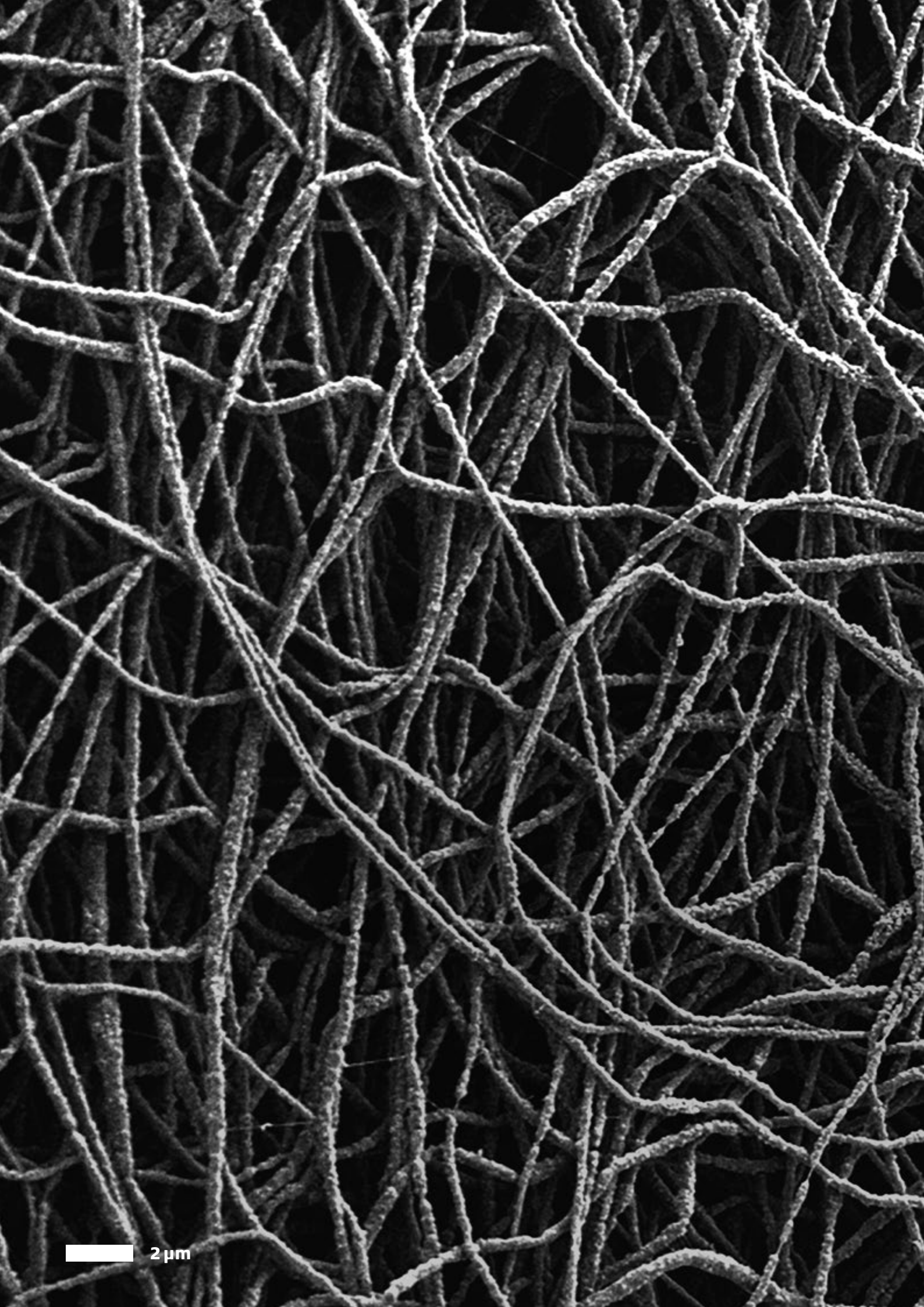
## Mikro- & Nanostrukturierungslabor (MiNaLab)

Das bereits 2006 ins Leben gerufene MiNaLab war die erste institutsübergreifend genutzte Methodenplattform in der Materialforschung an der JLU und wird von der Arbeitsgruppe Prof. Klar im Institutsgebäude der Physik betrieben. Die Herzstücke des Reinraumlabor bilden Geräte für die ein Fotolithografie (Typ ‚Maskaligner MA-56‘ von Suss) und für die Elektronenstrahlithografie (Typ ‚JSM 7001-F‘ von JEOL mit Schreibzusatz ‚XeDraw 2‘ von XENOS). Mit dieser Ausstattung können auf verschiedenen Festkörperoberflächen Strukturen mit Längenskalen zwischen einigen Mikrometern und wenigen 10 Nanometern erzeugt werden. Seit 2018 ist zudem eine 3D-Lithografie (Photonics Professional GT von Nanoscribe GmbH) im Einsatz.

Für die Strukturübertragung von der Fotolack-Maskierung auf die Funktionsschicht kommen neben nasschemischen Ätzmethoden auch Reaktivionen- und Ionenstrahlätzen zum Einsatz. Strukturierbare metallische Dünnschichten können im Reinraum mithilfe thermischen Aufdampfens bzw. einer Elektronenkanone erzeugt werden. Daneben wird für die Schichterzeugung die ganze in der neuen Methodenplattform DüNE vertretene Palette von Verfahren zur physikalischen oder zur chemischen Schichtabscheidung verwendet, durch die eine große Vielfalt oxidischer und halbleitender Materialien für die Strukturierung erschlossen wird.







2  $\mu\text{m}$



# NETZWERKE & KOOPERATIONEN

**080**  
Netzwerke & Kooperationen

**081**  
Arbeitskreis Elektromobilität  
Mittelhessen zu Gast am ZfM

**082**  
LaMa meets Industry

# Netzwerke & Kooperationen

**D**as ZfM vernetzt die Gießener Materialforschung mit Forschungseinrichtungen, Förderorganisationen und Interessensverbänden und ist Anlaufstelle für Unternehmen, die an Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Bereich der Materialforschung interessiert sind. Dies kann von ‚einfachen‘ analytischen Fragestellungen, die mit Hilfe der ZfM-Methodenplattformen gelöst werden können, bis hin zu großen gemeinsamen FuE-Projekten reichen. Beispielhaft seien hier Kooperationen und Projekte mit den Firmen Schunk, PVA TePla, Umicore und Heraeus aus der näheren Umgebung sowie BASF SE, Bosch, Toyota MC und Volkswagen AG genannt.

Darüber hinaus wird mit dem geplanten EFRE-Innovationslabor ‚Physik unter harschen Bedingungen‘ derzeit die Brücke zu weiteren Forschungsschwerpunkten der JLU-Gruppen aus Physik und Chemie geschlagen und eine breite Basis sowie die experimentelle Infrastruktur für Industrieprojekte in den Themenfeldern Strahlungshärte, elektromagnetische Verträglichkeit und Materialentwicklung geschaffen.

Das ZfM ist in Verbänden und Netzwerken aktiv und sorgt so für den kontinuierlichen Kontakt zu Firmen, die an materialwissenschaftlichen Fragestellungen interessiert sind, sowie zu weiteren Stakeholdern wie Förderorganisationen. So begleitet das ZfM die regionalen Arbeitskreise Elektromobilität und Sensorik der IHK Gießen-Friedberg oder auch die DPG-Industriegespräche Mittelhessen wissenschaftlich und vertritt die JLU Gießen im Wetzlar Network – einem Industrienetzwerk für die Bereiche Optik, Elektronik und Mechanik – sowie im Materials Valley e. V. als Zusammenschluss von Industrieunternehmen, Hochschulen und Forschungsinstituten zur Profilierung der Region Rhein Main als High Tech-Standort für Materialforschung und Werkstofftechnologie. Auf nationaler Ebene ist das ZfM für die JLU Gießen Mitglied im nationalen Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien (KLiB e. V.), in dem sich Industrieunternehmen und anwendungsnahe Forschungsinstitute für die gesamte Wertschöpfungskette von Lithium-Batterien zusammengeschlossen haben.

In der hessischen Forschungslandschaft steht das ZfM für das Gebiet ‚Funktionsmaterialien für Energietechnologien‘ und bildet die Schnittstelle der Materialforschung in Hessen zum House of Energy, welches im Auftrag der Landesregierung die hessischen Akteure im Bereich der sogenannten Energiewende vernetzt.

Im Forschungscampus Mittelhessen (FCMH) bildet das ZfM gemeinsam mit dem inhaltlich an vielen Stellen komplementär ausgerichteten Wissenschaftlichen Zentrum für Materialwissenschaften (WZMW) an der benachbarten Phillips-Universität Marburg sowie den material- und werkstofforientierten Gruppen der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM) den Campus-Schwerpunkt ‚Materialforschung‘. Die langfristig gewachsene Kooperation der drei Hochschulen manifestiert sich in zahlreichen kleinen und großen Forschungsprojekten sowie im jährlich gemeinsam durchgeführten Materialforschungstag Mittelhessen.





# Arbeitskreis Elektromobilität Mittelhessen zu Gast am ZfM

**D**as Zentrum für Materialforschung und die Arbeitsgruppe von Prof. Jürgen Janek begleiten seit vielen Jahren den Arbeitskreis Elektromobilität Mittelhessen, der von der IHK Hessen innovativ organisiert wird, auf wissenschaftlicher Ebene. Der Arbeitskreis beschäftigt sich mit den unterschiedlichen Aspekten rund um die Elektromobilität – von Energieerzeugung, über Logistik, Materialien bis hin zu Batterien. Neben der branchenübergreifenden Vernetzung will der Arbeitskreis den Gedankenaustausch anregen, gemeinsame Ideen entwickeln, Projekte umsetzen und Unternehmen bei ihren Aktivitäten in diesem Zukunftsmarkt unterstützen. Das ZfM bringt hier seine Kompetenz in den Bereichen Batterieforschung und Materialien für die Speicherung und Wandlung von Energie ein. Somit bietet der Arbeitskreis einen idealen Rahmen zur Vernetzung mit Unternehmen aus der Region.

Ende 2018 waren die Mitglieder des Arbeitskreises Elektromobilität Mittelhessen an der JLU Gießen zu Gast. Prof. Dr. Janek stellte das Zentrum für Materialforschung und die Aktivitäten der JLU-Gruppen im Gebiet der Forschung an Festkörperbatterien vor. Dr. Joachim Sann (Physikalisch-Chemisches Institut) gab im Anschluss einen Überblick über den aktuellen Stand der Batterietechnologie und die Implikationen für die Elektromobilität. Einer lebhaften Diskussion schloss sich eine Führung durch die Batterielabore der AG Janek an.

# LaMa meets Industry

Text  
Dirk Filzek, House of Energy

## Strom aus (Ab-)Wärme: Anwendungen & Perspektiven der Thermoelektrik

**Am 28. Februar 2018 haben das Zentrum für Materialforschung (ZfM) und das House of Energy e. V. (HoE) zur ersten gemeinsamen Veranstaltung in der Reihe ‚LaMa meets Industry‘ eingeladen. Das House of Energy verkörpert die Denkfabrik für die Energiewende des Landes Hessen und befasst sich – im Sinne der Schaffung neuer technischer Optionen für die Gestaltung von Energiesystemen – auch mit Fragen der Grundlagenforschung. Die Veranstaltung war als wissenschaftlicher Workshop mit hochkarätigen Vorträgen und intensiven Diskussionsmöglichkeiten konzipiert.**

**U**nter der Überschrift ‚Strom aus (Ab-)Wärme: Anwendungen und Perspektiven der Thermoelektrik‘ spannten die vier Referenten Prof. Dr. Anke Weidenkaff (Universität Stuttgart), Dr. Christian Stiewe (DLR Köln), Dr. Jan König (Fraunhofer IPM Freiburg), sowie Daniel Zuckermann (Isabellenhütte Dillenburg) den Bogen von Grundlagenforschung über Anwendungspotentiale bis hin zu einer ersten industriellen Pilotfertigung für thermoelektrische Module.

Nach der Begrüßung, einer systematischen Einordnung des Themenbereichs in den Kontext der Energie- und Effizienzende, sowie einer Einführung in die Thermoelektrik durch Dr. Wolfgang Zeier (JLU Gießen) und Prof. Dr. Peter Birkner (House of Energy e. V.) referierte zunächst Prof. Dr. Anke Weidenkaff (Universität Stuttgart) über Möglichkeiten und Grenzen thermoelektrischer Materialien. Sie stellte die aktuellen Herausforderungen an das Materialdesign vor, wie etwa die Stabilität unter hohen Temperaturen oder den Einsatz von nichttoxischen Stoffen mit guter Verfügbarkeit aus ethisch einwandfreien Bezugsquellen.

Anschließend gab Dr. Christian Stiewe (DLR Köln) einen Überblick über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten thermoelektrischer Materialien von der Kühlung und Temperatursteuerung, über den Einsatz in autarken Systemen, wie sie z. B. in der Raumfahrt benötigt werden, bis hin zu Optionen der Nutzung von Abwärme von Produktionsprozessen und Verbrennungsmotoren. Letzteres wird für die Umsetzung der Energie- und Effizienzende immer wichtiger.

Im zweiten Block der Veranstaltung befassten sich die Referenten dann mit der industriellen Produktion von thermoelektrischen Modulen: Dr. Jan König (Fraunhofer IPM) stellte eine Kleinserienproduktion im Labormaßstab vor. Mit den so hergestellten sogenannten Halb-Heusler-Modulen werden Prototypen für erste Feldversuche ausgestattet. Dieser Modultyp verwendet eine optimierte Geometrie, die es erlaubt bei gleicher Leistung und Effizienz mit der Hälfte des üblicherweise eingesetzten thermoelektrischen Materials auszukommen.





Damit konnte Fraunhofer IPM der Marktreife einen großen Schritt näherkommen. Das dem Einsatzzweck angepasste Design spielt eine bedeutende Rolle. Dabei ist einerseits der Wärmestrom nicht zu behindern und andererseits gleichzeitig eine gute Energienutzung zu gewährleisten. Dr. König berichtete weiterhin über eine branchenübergreifende Expertenbefragung des IPM, die Aufschluss über geeignete Einsatzgebiete für die Thermoelektrik gibt.

Zum Abschluss gab Daniel Zuckermann (Isabellenhütte Dillenburg) einen Einblick in die industrielle Pilotfertigung von Halbleiterbauelementen und in ein darauf aufbauendes automatisierbares Fertigungskonzept für thermoelektrische Module am Traditionsstandort Dillenburg. Je nach Einsatzzweck sind die thermoelektrischen Module passend auszulegen. Eine große Flexibilität besteht darin, dass die Module zu Arrays zusammengefügt werden und frei verschaltet werden können, wodurch unterschiedliche Geometrien möglich werden. So sollen Erfahrungen für die Massenerzeugung gewonnen werden. Ziel ist, die Kosten auf unter 250 €/kW zu senken. Wiederum kommt das Halb-Heusler-Design zum Einsatz.

Unter den ca. 50 Anwesenden, auch internationalen Experten aus Wissenschaft und Industrie entwickelte sich eine lebhafte Diskussion über Potentiale und Herausforderungen der Thermoelektrik im Kontext der Energiewende. Im Anschluss an das Vortragsprogramm gab es eine ergänzende wissenschaftliche Poster-Ausstellung. Die Teilnehmer nutzten die Gelegenheit zum zwanglosen Austausch und zur Vernetzung mit Blick auf mögliche künftige gemeinsame Projekte.

Der Workshop war ein gelungener Auftakt des Formats HoE-Dialog ‚LaMa meets Industry‘. Für die Zukunft sind weitere gemeinsame Veranstaltungen des Zentrums für Materialforschung und dem House of Energy e. V. (HoE) geplant.

ZfM und House of Energy danken dem Technologieland Hessen für die freundliche Unterstützung der Veranstaltung, den Referenten für Ihre hervorragenden Beiträge und nicht zuletzt den Teilnehmern für Ihr Interesse und ihre engagierten Diskussionsbeiträge.

Kooperationspartner:





3 μm



# OUTREACH

**087**  
Outreach

**088**  
Experimentierzelt ‚Physik bewegt‘ bei  
der Gießener ‚Straße der Experimente‘

**091**  
Zwei DRIVE-E Studienpreise für wis-  
senschaftlichen Nachwuchs aus dem  
Zentrum für Materialforschung

# 'CAUSE WE ARE LIVING IN A MATERIAL WORLD

JUSTUS-LIEBIG-  
UNIVERSITÄT  
GIESSEN

Glas besteht zu einem wesentlichen Teil aus Silizium und Sauerstoff. Durch Zusatz anderer Elemente und Variation des Herstellungsprozesses lassen sich Glas für die jeweilige Anwendung als Fensterglas, Brillenglas oder als Schutzglas zuschneiden. Immer neue Anwendungen kommen hinzu.

unsichtbar [Si]

Die meisten Kunststoffe basieren im Kern auf Kohlenstoffen bzw. Kohlenwasserstoffen. Die Chemie des Kohlenstoffs ist besonders reichhaltig, und diese Besonderheit ist die Basis für die Vielfalt polymerbasierter Kunststoffe. Deren Eigenschaften können maßgeschneidert werden, und sie haben Polymere auf vielerlei Weise in unser Leben Einzug gehalten. Holz ist übrigens ein besonders raffiniertes (Bio-) Polymer.

kreativ [C]

mobil [Li]

Lithium ist das leichteste feste und gleichzeitig eines der reaktivsten Elemente. Es bildet die Grundlage für moderne Lithium-Ionen-Batterien, in denen die sehr kleinen Lithiumionen sehr mobil sind und Ladung zwischen den Elektroden der Batterie transportieren können.

Eisen ist wesentlicher Bestandteil aller Stähle und damit die Basis vieler massiver Konstruktionen. Moderner Stahl ist besteht aus mehreren Phasen und ist ein „Element-Cocktail“. Durch Zusatz geringer Anteile anderer Elemente wie z. B. Mn, Cr, Ni oder C lassen sich die Eigenschaften von Stahl weitgehend einstellen und so kann Stahl auch rostfrei gemacht werden.

unverwüstlich [Fe]

Erforsche die Welt der Materialien.  
[www.uni-giessen.de/mawi](http://www.uni-giessen.de/mawi)

MaWi

Materialwissenschaft  
Bachelor of Science  
Master of Science

# Outreach

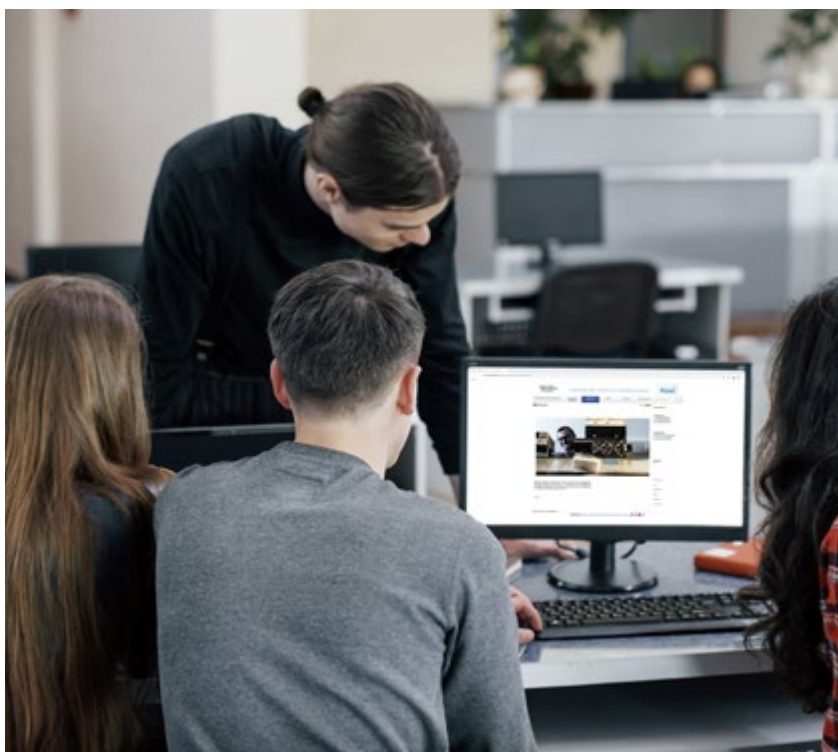
**D**er Mangel an Nachwuchskräften in den MINT-Fächern ist eine der größten Herausforderungen für die Zukunft. Gut ausgebildete Fachkräfte im MINT-Bereich sind essentiell für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie im Hochtechnologiesektor und damit ein wichtiger Baustein des Fundaments für unseren gesellschaftlichen Wohlstand. Materialwissenschaft zählt zu den MINT-Fächern. Das ZfM als ein universitäres Zentrum setzt sich auf vielfältige Weise dafür ein, nach Kräften zum Schließen dieser Lücke beizutragen.

Werbung für Materialwissenschaften hat also am ZfM einen hohen Stellenwert, denn sie stellt die Basis für höhere Studierendenzahlen in unseren materialwissenschaftlichen Studiengängen dar. Ein noch so gutes und forschungsnahes Ausbildungskonzept kann nur erfolgreich sein, wenn es auch wahrgenommen wird.

Unsere Werbemaßnahmen sind breit gefächert und wir versuchen verschiedene Altersgruppen anzusprechen. Auf der Straße der Experimente oder bei den Workshops für Mädchen begeistern wir Schülerinnen und Schüler für materialwissenschaftliche Fragestellungen. Mit öffentlichen Vorträgen oder auch öffentlich wirksamen Präsentationen von Forschungserfolgen in verschiedensten Medien sprechen wir ein breiteres Publikum an.

Insbesondere für die Anwerbung von Studierenden ist der Internet-Auftritt entscheidend. Hierzu haben wir ein neues Konzept entwickelt, das Materialien und ihre Eigenschaften in Bezug zu alltäglichen Dingen setzt. Dies Konzept haben wir in Form von Webseiten, Flyern und Werbebannern professionell umgesetzt und entsprechende Links auf Werbeportalen wie studieren.de eingestellt.

Auch hier gilt es natürlich Dinge zu verbessern und Feinschliff wird auch in Zukunft erforderlich sein. Geplant sind schon jetzt, die Webseiten Mobiltelefon gerecht zu gestalten und einen Werbefilm für die Materialwissenschaften an der JLU zu drehen. Zum jetzigen Zeitpunkt können wir aber sagen, dass der Anfang für ein umfangreiches zeitgemäßes Werbekonzept gemacht ist. Wir hoffen, dass es auch Sie anspricht. Geben Sie uns gerne Rückmeldung!





## Experimentierzelt ,Physik bewegt‘ bei der Gießener ,Straße der Experimente‘

**U**nter dem Motto ‚Physik bewegt‘ beteiligten sich Promovierende, Studierende und Mitarbeitende des Zentrums für Materialforschung und aus den Arbeitsgruppen der Physikalischen Institute am Sonntag, dem 26. Mai 2019, mit großem persönlichem Engagement an der ‚Straße der Experimente‘. Das Wissenschafts-Volksfest, das unter Federführung von Mathematikum und Gießen Marketing seit Jahren eine Fülle spannender Mitmach-Experimente für Jung und Alt präsentiert, fand auch diesmal in einer attraktiven Zeltlandschaft auf dem Universitätsplatz in der Ludwigstraße statt.

Neben spektakulären Demonstrationsversuchen zum Rückstoßprinzip anhand einer Wasserrakete sorgten vor allem die Experimente zur Elektromobilität und zur elektrochemischen Energieumwandlung für große Augen und interessierte Nachfragen.

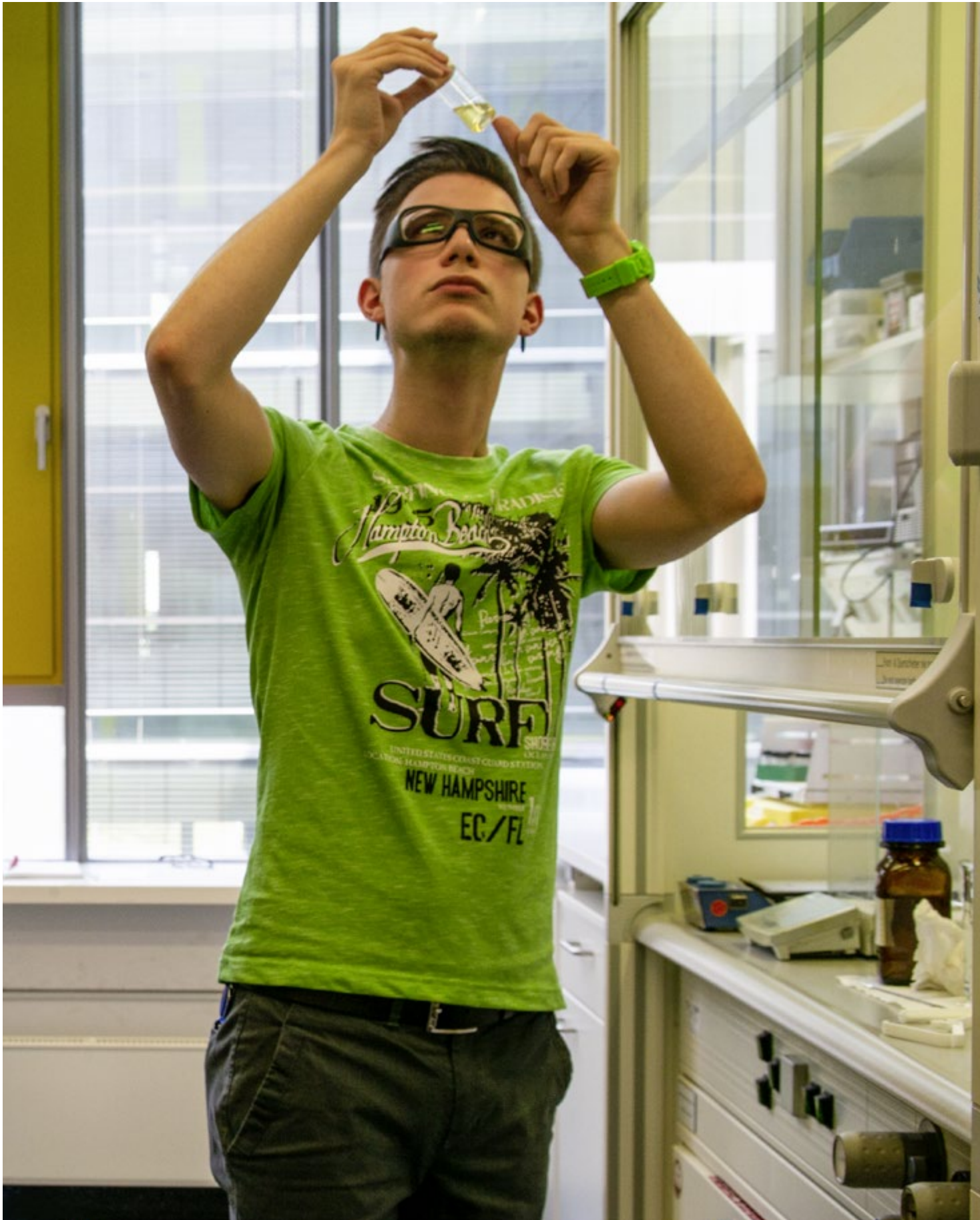


So hätte kaum ein neugieriger Besucher zuvor geglaubt, dass man einen Elektromotor ganz einfach aus einer handelsüblichen Batterie, einem Supermagneten und einem von Hand gebogenen Kupferdraht herstellen kann. Ebenso groß war bei vielen das Erstaunen, als zwei Kartoffeln, in die je zwei Metallstäbe eingestochen wurden, eine Digitaluhr zum Laufen brachten und sogar einen Mini-Ventilator in Bewegung versetzten.

Dass es zum Aufbau einer Batterie noch nicht einmal der frischen Sättigungsbeilage bedarf, demonstrierten die Material-Experten mit der sogenannten Volta-Säule. Dabei handelt es sich um die vor mehr als 200 Jahren erfundene Urform der ‚Batterie‘, die sich ganz geschwind aus gestapelten 5 Cent-Münzen, Unterlegscheiben und mit Essig getränkten Pappscheibchen realisieren und eine Leuchtdiode erstrahlen ließ. Als unbestrittener technischer Höhepunkt des Experimentierzeltes stellte sich aber erwartungsgemäß das Brennstoffzellen-Modellauto heraus, das nur mit den ungiftigen Gasen Wasserstoff und Sauerstoff betankt werden musste und dessen ‚Abgas‘ lediglich aus Wasser bestand. Auch die supraleitende Magnetbahn verdeutlichte die Bedeutung der modernen Materialforschung für die Mobilität. Dabei schwebte ein Schiffchen nahezu reibungsfrei, und wie von Geisterhand in der Luft gehalten, über eine Unterlage.

Dr. Martin Güngerich vom ZfM/LaMa, der den Stand gemeinsam mit Dr. Eric Gutz vom Dekanat des Fachbereichs 07 organisiert und selbst eine zweistündige Betreuungsschicht übernommen hatte, betonte die besondere Verantwortung, der sich Wissenschaftler in der Öffentlichkeitsarbeit stellen müssen: ‚So unkompliziert und spielerisch die Grundprinzipien einer sauberen Energie- und Verkehrswirtschaft in den Demo-Experimenten realisierbar sind, so komplex gestaltet sich ihre technische Umsetzung unter praktischen und wirtschaftlichen Randbedingungen.‘ Melanie Sieland, Doktorandin im DFG-Graduiertenkolleg ‚Substitutionsmaterialien‘ konkretisierte: ‚Ja – vom freidrehenden Experimentiermotor bis zum Elektrobus, der zuverlässig und preisgünstig über viele Jahre bei Wind und Wetter Menschen und Fracht über Berge und durch Täler transportiert, ist es ein weiter Weg. Um die riesigen Herausforderungen der Energiewende zu meistern, brauchen wir viel mehr wissbegierige junge Menschen, die Materialwissenschaft studieren und damit die unverzichtbaren Methodenkompetenzen an der Schnittstelle zwischen Chemie und Physik erwerben.‘





# Zwei DRIVE-E Studienpreise für wissenschaftlichen Nachwuchs aus dem Zentrum für Materialforschung

Im Rahmen des studentischen Nachwuchsprogramms für Elektromobilität des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Fraunhofer-Gesellschaft, DRIVE-E, werden jährlich hervorragende und innovative Projekt-, Studien- und Abschlussarbeiten aus dem Bereich Elektromobilität mit dem DRIVE-E-Studienpreis ausgezeichnet. 2019 waren Studierende aus der Nachwuchsgruppe von Dr.-Ing. Daniel Schröder und der Arbeitsgruppe von Prof. Jürgen Janek (Physikalisch-Chemisches Institut und Zentrum für Materialforschung) gleich doppelt erfolgreich: Anlässlich der DRIVE-E-Akademie, die im September in Nürnberg stattgefunden hatte, erhielt Ronja Haas den ersten Preis für Ihre Bachelorarbeit, zudem wurde Julian Kreißl in der Kategorie ‚Beste Masterarbeit‘ ebenfalls mit dem ersten Preis ausgezeichnet.

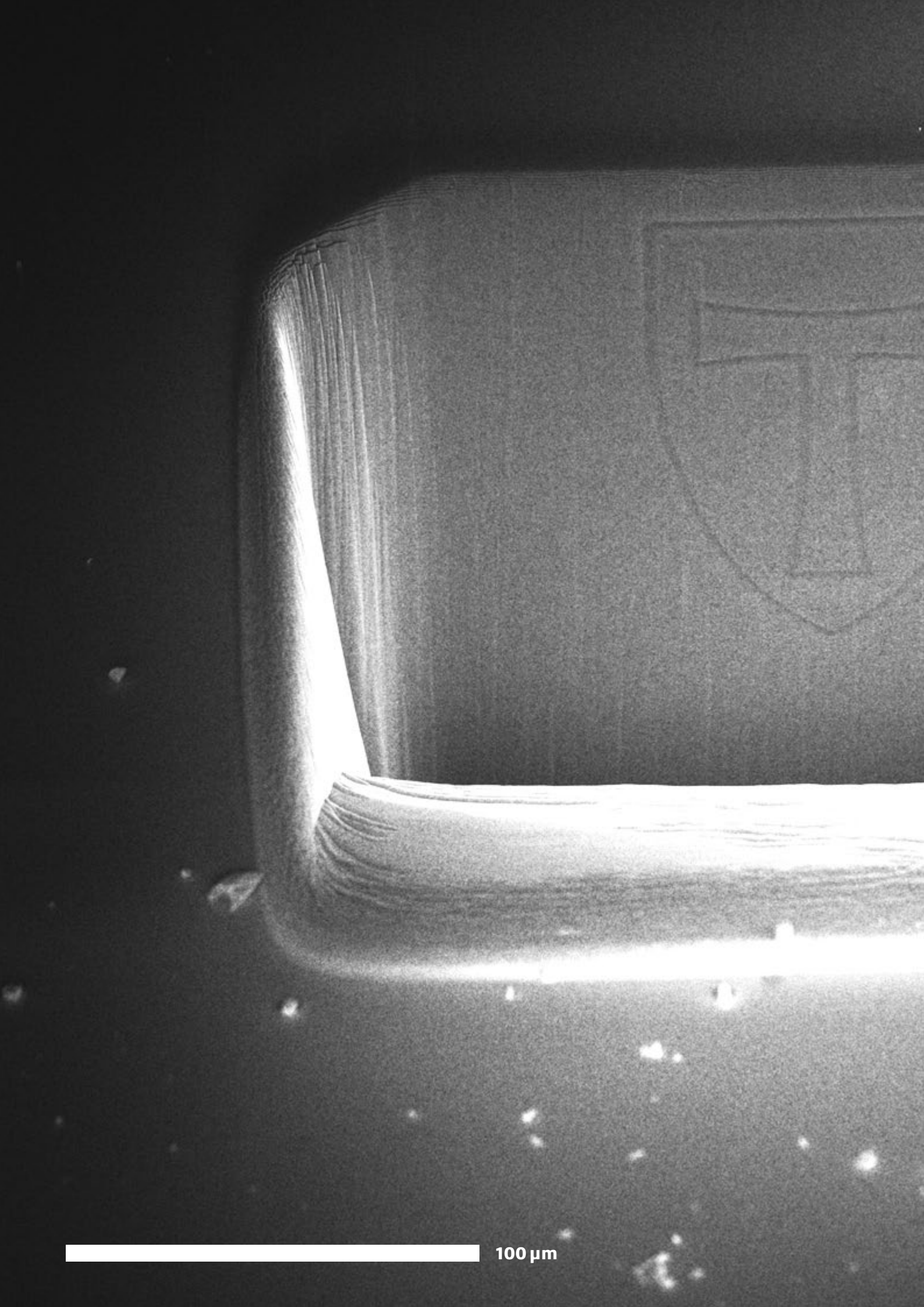
Beide Arbeiten befassten sich mit Natrium-Sauerstoff-Batterien, einem alternativen Zellkonzept, das aufgrund der hohen theoretischen Energiedichte eine mögliche Alternative zur aktuellen Lithium-Ionen-Batterie-Technologie darstellen könnte. Durch den Einsatz von metallischem Natrium als Anodenmaterial könnten bei Anwendung in Elektrofahrzeugen deutliche größere Reichweiten erzielt werden. Die Forschung an Natrium-Sauerstoff-Batterien steht allerdings noch vor vielen grundlegenden Herausforderungen: So wird Natriummetall beim Ladeprozess nicht planar auf der Anode abgeschieden, sondern es kommt zum Wachstum von Ablagerungen aus Natrium-Metall, sogenannten Dendriten. Diese stellen ein bedeutendes Sicherheitsrisiko dar, da sie zum Kurzschluss der Batterie führen können.

Das Dendritenwachstum mit verschiedenen chemischen ‚Tricks‘ zu vermeiden, war Inhalt der beiden jetzt ausgezeichneten Arbeiten: In der Bachelorarbeit von Ronja Haas konnte gezeigt werden, dass eine flüssige Natrium-Kalium-Legierung als Elektrode sowie eine Natrium-Zinn-Legierung als Schutzschicht auf der Natriumelektrode das Dendritenwachstum während des Ladens verzögern können. Im Zuge seiner Masterthesis hat Julian Kreißl – unter anderem in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. Peter R. Schreiner – zeigen können, dass durch die Verwendung von ‚molekularen Diamanten‘ als Additiv im flüssigen Elektrolyten der Batterie das Wachstum von Dendriten erfolgreich unterdrückt – jedoch leider nicht komplett verhindert – werden konnte.

Am Physikalisch-Chemischen Institut und am Zentrum für Materialforschung der JLU wird in der Arbeitsgruppe um Prof. Janek und in den assoziierten Nachwuchsgruppen seit einigen Jahren intensiv an Konzepten für Energiespeicher der nächsten Generation geforscht. Ein Arbeitsschwerpunkt der Nachwuchsgruppe von Dr.-Ing. Daniel Schröder ist die Erforschung von Metall-Sauerstoff-Batterien.

**Ronja Haas und Julian Kreißl wurden für ihre Abschlussarbeiten zu Natrium-Sauerstoff-Batterien ausgezeichnet**






100  $\mu\text{m}$



**EXPERTINNEN &  
EXPERTEN DES ZFM & IHRE  
FORSCHUNGSTHEMEN**



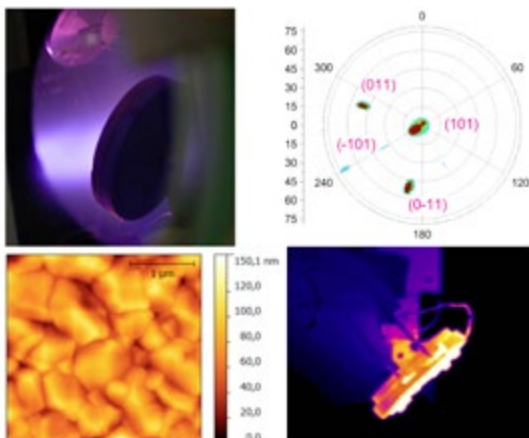
Kompetenz ist ein weit gefasster Begriff. Jeder der sich mit einer aktuellen Forschungsfragestellung befasst, sei es im Rahmen einer Bachelorarbeit oder als Leiter eines großen Forschungsverbundes, ist natürlich in irgendeiner Art und Weise Experte für diese Sache – ob nun klein oder groß. Hier führen wir nur einige der Expertinnen und Experten im ZfM auf – nämlich solche, die permanente Stützen der Forschungsstruktur innerhalb des Zentrums darstellen. Das heißt wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die eine Universitätskarriere anstreben oder eine permanente Stelle innehaben, die Nachwuchsgruppenleiterinnen und -leiter sowie die Professorinnen und Professoren.



Dünnschicht-  
technologie

#### Dr. Martin Becker

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am I. Physikalischen Institut. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der vergleichenden Herstellung funktionaler Dünnschichten mit unterschiedlichen Methoden. Diese umfassen sowohl rein physikalische Verfahren wie Kathoden- und Ionenstrahlzerstäubung, als auch Verfahren, welche auf Basis von Gasphasenreaktionen ablaufen. Hierbei kommen verschiedene Sputterdepositionsmethoden, plasma-assistierte Molekularstrahlepitaxie (PAMBE) sowie Atomlagenabscheidung (ALD) – ein verändertes CVD-Verfahren, in welchem zyklisch die Ausgangsstoffe in die Reaktionskammer eingelassen werden – zum Einsatz. Zur Analyse der Dünnschichteigenschaften (strukturell, optisch, elektrisch, thermisch) nutzt er eine Vielzahl von Charakterisierungsmethoden, welche größtenteils im Rahmen der Methodenplattform ELCH bereitgestellt werden. Zur Strukturierung der hergestellten Schichten nutzt er die Angebote des MiNaLabs. Untersuchte Materialklassen sind optoelektronische und photovoltaische Beschichtungen sowie Materialien zur Energiespeicherung und -wandlung.



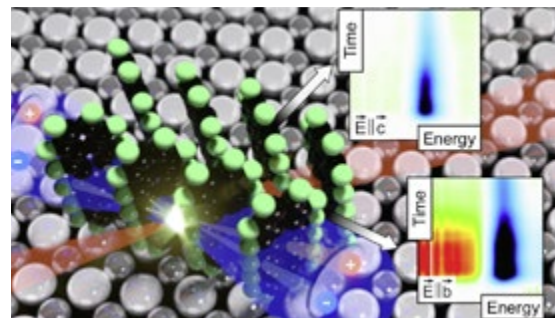
Dr. Martin Becker  
AG Chatterjee/I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 33 103  
Martin.Becker@exp1.physik.uni-giessen.de



Spektroskopie &  
Optik

#### Prof. Dr. Sangam Chatterjee

ist Professor am I. Physikalischen Institut. Seine Arbeitsgruppe untersucht den Zusammenhang der optodynamischen Eigenschaften halbleitender Materialien mit ihrer mikroskopischen Struktur wie der lokalen Ordnung oder dem Einfluss innerer Grenzflächen. Neben Modellsystemen wie klassischen anorganischen Halbleitern oder molekularen Kristallen, arbeitet sie an der Charakterisierung neuer Materialien für aktive und passive optische Elemente beispielsweise in der Hochleistungsphotovoltaik oder für Anwendungen im Mittelinfraroten. Optische Methoden mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung erlauben die Kontrolle und Abfrage dielektrischer, struktureller, elektronischer und magnetischer Eigenschaften dieser Systeme. Die Wechselwirkungen der (Quasi-)Teilchen elementarer Anregungen mit Photonen entsprechender Energie erlauben damit Rückschlüsse auf Korrelationen und kollektive Phänomene.



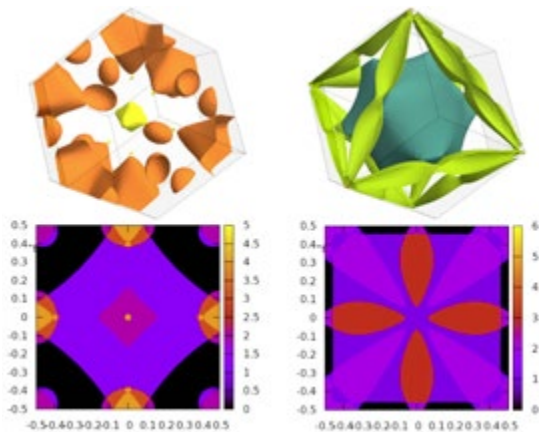
Prof. Dr. Sangam Chatterjee  
I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 33 100  
Sangam.Chatterjee@exp1.physik.uni-giessen.de



Theoretische  
Festkörperphysik

#### Dr. Michael Czerner

ist Akademischer Rat am Institut für Theoretische Physik. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der methodischen Weiterentwicklung der theoretischen Verfahren, insbesondere der Korringa-Kohn-Rostoker Green-Funktions Methode. Die KKR ermöglicht voll-relativistische Bandstrukturberechnungen von komplexen Systemen und deren spinabhängigem Transport. Weitere Forschungsschwerpunkte liegen auf Spindynamik-Simulationen und Phononentransport.



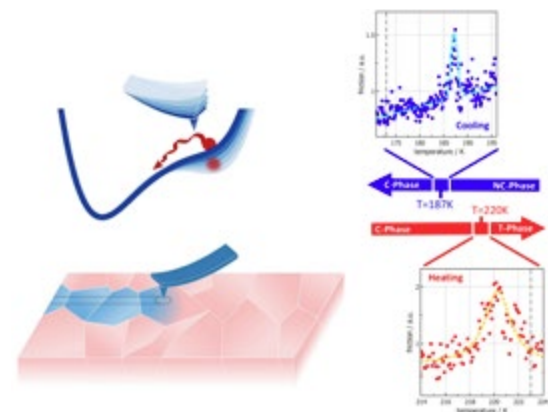
Dr. Michael Czerner  
Institut für Theoretische Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 370  
Michael.Czerner@theo.physik.uni-giessen.de



Tribologie,  
Nanotribologie &  
Ionenleitung auf  
Nanometerskalen

#### PD Dr. Dirk Dietzel

ist Heisenberg-Stipendiat am Institut für Angewandte Physik. In seinem Team ‚Nano-Tribologie und Nano-Ionik‘ werden Rastersondenmikroskopiemethoden eingesetzt, um Reibungs- und Ionenleitungsphänomene mit hoher lateraler Auflösung zu analysieren. Im Rahmen der Nanotribologie stehen dabei speziell Fragestellungen im Vordergrund, die sich beim Übergang von atomaren zu ausgedehnten Kontakten ergeben, wie z. B. Kontakalterung und Superlubrizität, ein neuartiger Zustand nahezu verschwindender Reibung. Im Bereich der Nanolonik werden basierend auf der Rastersondenmikroskopie neuartige Messmethoden entwickelt und angewendet, die eine hochauflösende Analyse nanostrukturierter Festkörperelektrolyten ermöglichen. Ergänzt werden diese Aktivitäten im Bereich der Nanotechnologie durch makroskopische Tribologieuntersuchungen, bei denen besonders die Übertragung nanoskaliger Konzepte auf reale Systeme eine wesentliche Motivation darstellt.



Dr. Dirk Dietzel  
Institut für Angewandte Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 402  
Dirk.Dietzel@ap.physik.uni-giessen.de

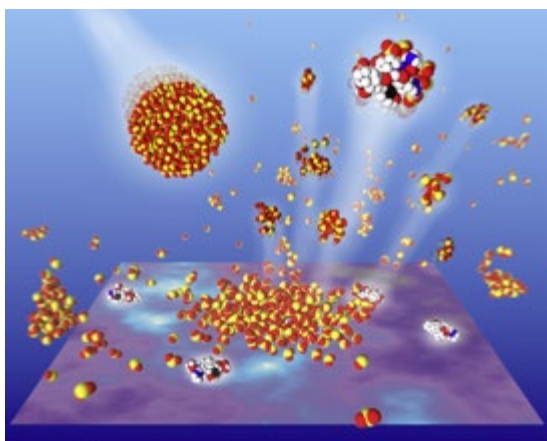




Reaktionen  
an Oberflächen –  
Oberflächen-  
funktionalisie-  
rung & Analyse

#### Prof. Dr. Michael Dürr

ist Professor am Institut für Angewandte Physik. Seine Arbeitsgruppe beschäftigt sich zum einen mit der Untersuchung von Oberflächenreaktionen auf Halbleiteroberflächen. In Experimenten mit dem Rastertunnelmikroskop (STM) und der Photoelektronenspektroskopie (XPS) steht dabei die Adsorption organischer Moleküle mit dem Ziel der kontrollierten Funktionalisierung der Oberfläche im Vordergrund. Dazu nutzt die Gruppe ihre Kenntnisse der Reaktionsdynamik zur Steuerung der Oberflächenreaktionen. Ein zweiter Schwerpunkt der Arbeitsgruppe ist die Untersuchung clusterinduzierter Desorptionsphänomene, insbesondere der Desorption organischer Moleküle und Biomoleküle zur weiteren Analyse mittels Massenspektrometrie. Dabei sind sowohl die zu Grunde liegenden Reaktionsmechanismen als auch mögliche Anwendungen in der Bio- und Oberflächenanalytik von Interesse. So können auch analytisch schwierig zugängliche Reaktionen größerer (Bio-)Moleküle auf Oberflächen in Echtzeit untersucht werden.



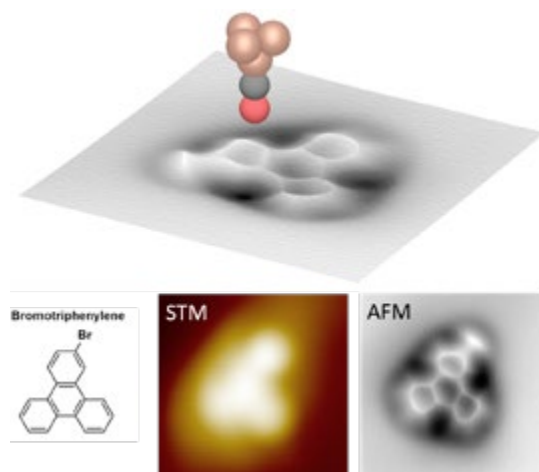
Prof. Dr. Michael Dürr  
Institut für Angewandte Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 490  
Michael.Duerr@ap.physik.uni-giessen.de



Tiefemperatur-  
Rasterkraft-  
mikroskopie

#### Dr. Daniel Ebeling

ist Akademischer Rat auf Zeit am Institut für Angewandte Physik und strebt eine Habilitation an. In seinem Team werden einzelne auf einer Oberfläche adsorbierte Moleküle mit Hilfe der Tieftemperatur-Rasterkraftmikroskopie studiert. Durch die Anwendung der sog. ‚Bond-Imaging-Technik‘ können einzelne Moleküle mit submolekularer Auflösung abgebildet und sowohl intra- als auch intermolekulare Bindungen sichtbar gemacht werden. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Erforschung von Reaktionsmechanismen auf Oberflächen, Bestimmung von Adsorptionsgeometrien, Selbstassemblierungsprozessen und der Dynamik adsorbierter Moleküle. Darüber hinaus werden neue experimentelle Techniken, wie z. B. Multifrequenz-Betriebsmodi entwickelt, mit denen die Abbildungseigenschaften der verwendeten Methode verbessert werden können.



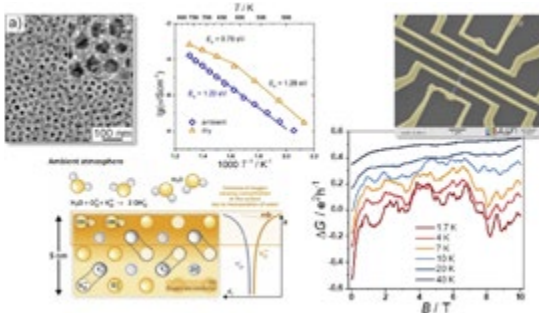
Dr. Daniel Ebeling  
Institut für Angewandte Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 482  
Daniel.Ebeling@ap.physik.uni-giessen.de



Nanoionik &  
Nanoelektronik

### Dr. Matthias Elm

ist Akademischer Rat auf Zeit am Zentrum für Materialforschung, wo er seit 2017 Leiter der vom BMBF geförderten NanoMatFutur-Nachwuchsgruppe ‚Nanoelektronik und Nanoionik‘ ist. In seiner Arbeitsgruppe werden vor allem elektronische und ionische Transportprozesse in nano- und mikrostrukturierten Materialien für Anwendungen im Bereich der Halbleiternanotechnologie sowie moderner Energiespeichermaterialien untersucht. Hierzu gehören unter anderem mesoskopische Transportphänomene in Halbleiternanodrähten, die ionische und elektronische Leitfähigkeit in (meso-)porösen Oxiden oder die Transport- und Speichereigenschaften von strukturierten Kathodenmaterialien für Anwendungen im Bereich der Lithium-Ionenbatterien. Im Vordergrund des Forschungsinteresses steht hierbei insbesondere, wie die Transport- und Speichereigenschaften der unterschiedlichen Materialsysteme durch Oberflächen- und Grenzflächenmodifikationen optimiert werden können.



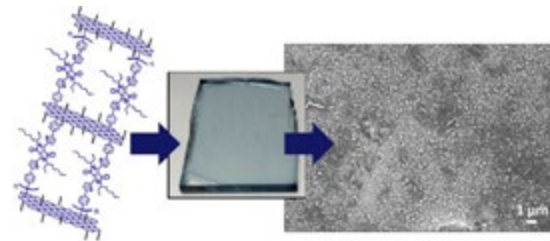
Dr. Matthias Elm  
Zentrum für Materialforschung  
Tel. +49 (0) 641 99 33 132  
Matthias.Elm@exp1.physik.uni-giessen.de



Funktionelle  
Komposit-  
materialien  
für die  
Optoelektronik

### Dr. Teresa Gatti

ist Nachwuchsgruppenleiterin am Zentrum für Materialforschung und am Physikalisch-Chemischen Institut. Die Herstellung und die physiko-chemische Charakterisierung funktionalisierter Kompositmaterialien für die Optoelektronik stehen im Fokus ihrer Arbeiten. Insbesondere wird compositional engineering eingesetzt. Aufgrund ihrer guten Prozessierbarkeit zu Dünnschichten oder auch elektrogesponnenen Nanofasern werden insbesondere halbleitende Polymere als Wirtsmaterialien eingesetzt. Ihre intrinsischen Eigenschaften werden gezielt durch das Einbringen von Kohlenstoff-Nanomaterialien und/oder anorganischen hybriden Nanopartikeln modifiziert. Die Füllmaterialien müssen funktionalisiert werden, um Kompatibilität mit dem Wirtsmaterial herzustellen und um Defekte zu vermeiden. In Kooperation mit anderen Gruppen werden die neuen Materialien in Bauelementen getestet.



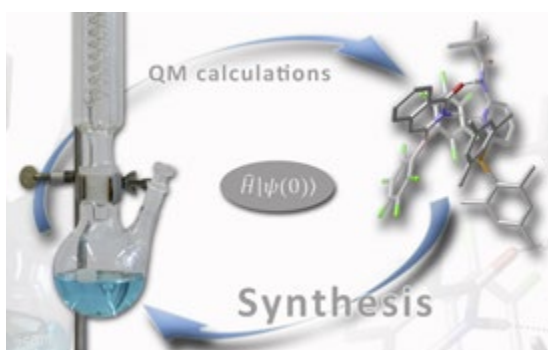
Dr. Teresa Gatti  
Zentrum für Materialforschung &  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 34 592  
Teresa.Gatti@phys.Chemie.uni-giessen.de



In Silico Design  
und Synthese  
neuartiger me-  
tallfreier Systeme  
für Bindungs-  
aktivierung &  
Katalyse

#### Dr. Urs Gellrich

ist Leiter einer Emmy-Noether Nachwuchsgruppe am Institut für Organische Chemie. Seine Gruppe beschäftigt sich mit der Aktivierung chemischer Bindungen durch metallfreie Systeme und der Anwendung dieser Systeme in der molekularen Katalyse. Dafür wird das Konzept der frustrierten Lewis Paare mit dem neuen Konzept der Bor-Ligand-Kooperation kombiniert. Quantenmechanische Berechnungen, die die experimentelle Arbeit begleiten, sind ein zentraler Aspekt der Forschung.



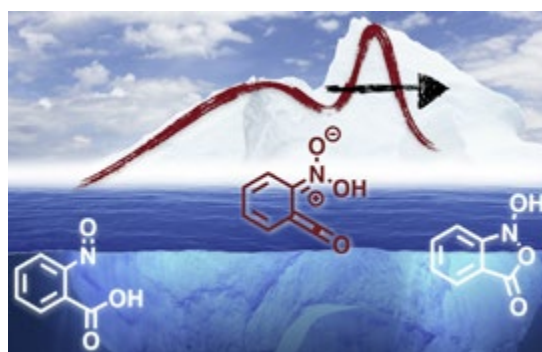
Dr. Urs Gellrich  
Institut für Organische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 99 34 345  
Urs.Gellrich@org.Chemie.uni-giessen.de



Reaktive  
Intermediate –  
Tunnel-  
phänomene/  
Matrixlabort

#### Dr. Dennis Gerbig

ist Akademischer Rat am Institut für Organische Chemie. Sein Team beschäftigt sich mit der Erzeugung, Isolation und Untersuchung reaktiver Intermediate mittels Matrixisoliations-Infrarotspektroskopie (MI-IR), insbesondere zur Erforschung von Leicht- und Schweratomtunneln. Außerdem werden die Chiralitätstransfermechanismen kleiner (bio)organischer Moleküle mittels Vibrationscirculardichroismus unter Matrixisoliationsbedingungen (MI-VCD) untersucht.



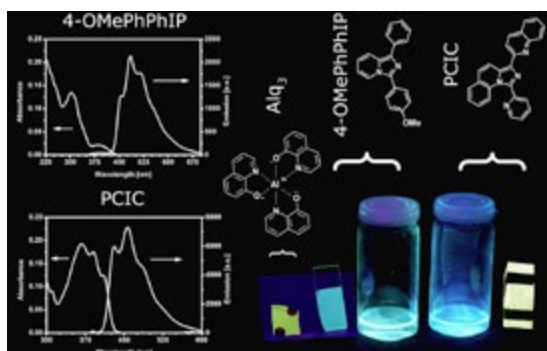
Dr. Dennis Gerbig  
Institut für Organische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 99 34 380  
Dennis.Gerbig@org.chemie.uni-giessen.de



Organische  
Synthese

### Prof. Dr. Richard Göttlich

ist Professor am Institut für Organische Chemie. Seine Arbeitsgruppe entwickelt Methoden zur selektiven und effizienten Synthese von Zielverbindungen. Im Fokus der Forschung stehen folgende Themen: Alkylierungsmittel für Chemotherapie, DNA-Alkylierung, Urolithine und Derivate sowie deren biologische Aktivitäten, Imidazopyridine und deren optische Eigenschaften sowie Methylene-verbrückte Heterocyclen als Liganden.



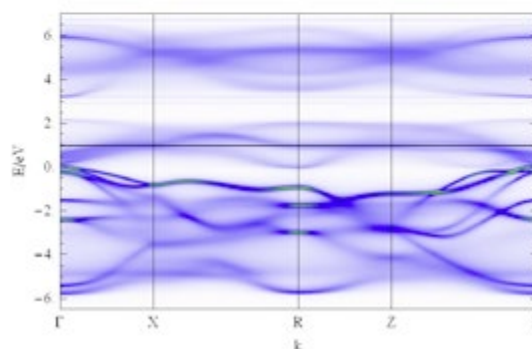
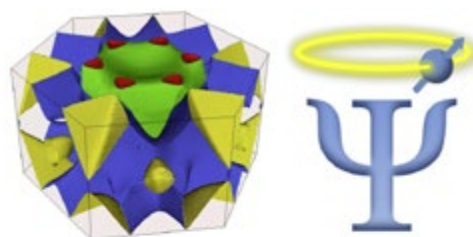
Prof. Dr. Richard Göttlich  
Institut für Organische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 99 34 340  
Richard.Goettlich@org.chemie.uni-giessen.de



Theorie der  
kondensierten  
Materie

### Prof. Dr. Christian Heiliger

ist Professor am Institut für Theoretische Physik. Seine Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der theoretischen Beschreibung von Festkörpern. Dabei kommen vor allem ab initio Methoden zur Berechnung der Elektronenstruktur zum Einsatz. Speziell stehen dabei Transportphänomene von Elektronen, Phononen und Ionen im Vordergrund. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Beschreibung der Gitter- und Elektronenstruktur von oxidischen Halbleitern, insbesondere die Berechnung von Ramanspektren. Neben reinen Berechnungen liegt der Augenmerk auf der methodischen Weiterentwicklung der verwendeten Verfahren und der Klärung fundamentaler Fragestellungen.



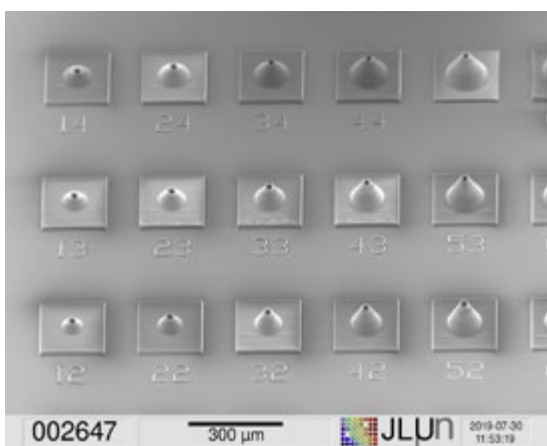
Prof. Dr. Christian Heiliger  
Institut für Theoretische Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 360  
Christian.Heiliger@theo.physik.uni-giessen.de



Mikro- & Nano-  
strukturierung

#### Dr. Torsten Henning

ist Akademischer Rat am I. Physikalischen Institut. Er hat die technische Leitung der Methodenplattform MiNaLab inne. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der Mikro- und Nanotechnologie insbesondere in der Entwicklung neuer Strukturierungsverfahren und der Anwendung, zum Beispiel zur Herstellung miniaturisierter elektrischer Weltraumantriebe. Darüber hinaus leitet er die Ausbildung der Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen am ZfM.



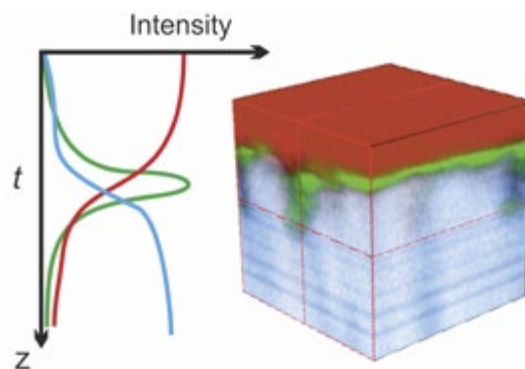
Dr. Torsten Henning  
I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9933191  
Torsten.Henning@physik.uni-giessen.de



Administrative  
& technische  
Leitung der Me-  
thodenplattform  
,Elektrochemie  
und Grenzflä-  
chenlabor' im  
Rahmen des ZfM

#### Dr. Anja Henß

ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Physikalisch-Chemischen Institut. Sie ist Expertin für die Methode der Flugzeit-Sekundärionenmassenspektrometrie (ToF-SIMS). Sie bearbeitet Projekte im Bereich der elektrochemischen Energietechnologie und zu Materialien für Energiewandlung und -speicherung und führt physikalisch-chemische Experimente mittels instrumenteller Material- und Oberflächenanalytik durch. In-situ Experimente mittels ToF-SIMS und XPS stehen dabei besonders im Fokus. Zudem setzt Sie die klassische materialwissenschaftliche Methode des ToF-SIMS auch für Anwendungen in den Lebenswissenschaften ein.



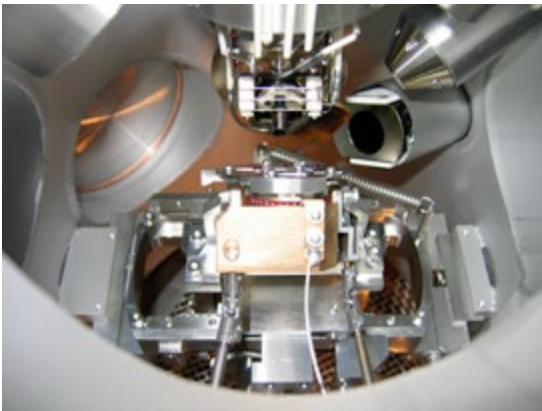
Dr. Anja Henß  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9934515  
Anja.Henss@phys.chemie.uni-giessen.de



Festkörper-  
Charakterisierung

#### Prof. Dr. Detlev Hofmann

ist außerplanmäßiger Professor am I. Physikalischen Institut. Er ist ausgewiesener Experte für Defekte in Festkörpern und deren Charakterisierung mittels optischer Spektroskopie und Elektronenspinresonanz-Spektroskopie. In seinem Team werden funktionelle Dünnschichten und Festkörper untersucht, die zuvor mit einem der einschlägigen Depositionsverfahren synthetisiert wurden (z. B. mittels Sputterdeposition oder Molekularstrahlepitaxie). Zur Analyse der elektrischen, optischen, kristallinen und magnetischen Eigenschaften steht eine Vielzahl an Messmethoden zur Verfügung.



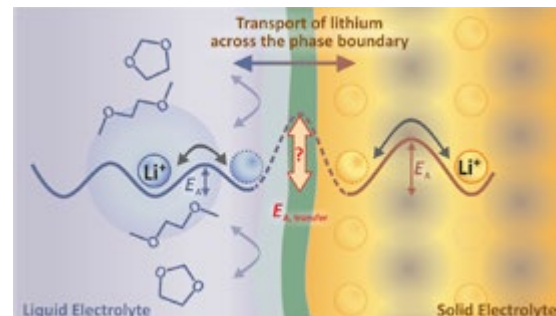
Prof. Dr. Detlev Hofmann  
I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 33 105  
Detlev.M.Hofmann@exp1.physik.uni-giessen.de



Physikalische  
Festkörperchemie  
& Festkörperionik

#### Prof. Dr. Jürgen Janek

ist Professor am Physikalisch-Chemischen Institut. Seine Arbeitsgruppe forscht im Bereich der Physikalischen Festkörperchemie, speziell der Festkörperelektrochemie, der Festkörperreaktionen und atomaren Transportprozesse. Zu den besonderen Arbeitsschwerpunkten gehören die Kinetik des Ionentransports im Volumen und an Grenzflächen, die Kinetik von Festkörperreaktionen, Degradations- und Alterungsphänomene elektrochemischer Funktionsmaterialien, elektrochemo-mechanische Kopplungseffekte, thermoelektrische Effekte und diffusionskontrollierte Phänomene, Materialien und Konzepte für Batterien und Brennstoffzellen. Die AG Janek betreibt eine ganze Reihe von Methoden der Festkörperanalytik (XPS/UPS, ToF-SIMS, HREM, in-situ XRD) in Kopplung mit elektrochemischen Methoden, die in die Methodenplattform ELCH eingebunden sind.



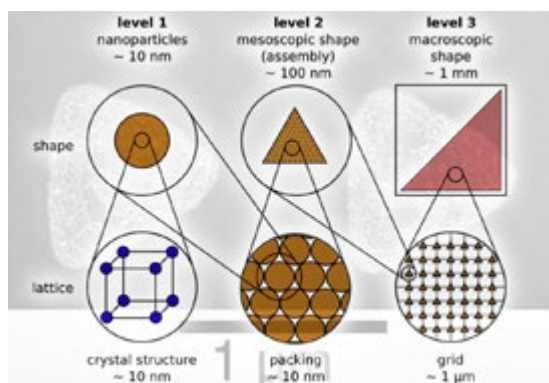
Prof. Dr. Jürgen Janek  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 34 500  
Juergen.Janek@phys.chemie.uni-giessen.de



Mikro- & Nanostrukturphysik

### Prof. Dr. Peter J. Klar

ist Professor am I. Physikalischen Institut. Im Forschungsinteresse seiner Arbeitsgruppe ‚Mikro- und Nanostrukturphysik‘ liegen die physikalischen Eigenschaften nanostrukturierter Materialien. Dies sind insbesondere die elektronischen, phononischen, magnetischen und plasmonischen Eigenschaften sowie deren Zusammenspiel. Die Untersuchungen umfassen: die Charakterisierung und das physikalische Verständnis der Eigenschaften der Volumenmaterialien und ihrer Nanostrukturen, die gezielte Manipulation der Eigenschaften durch Kontrolle von Form, Größe und Anordnung der Nanostrukturen und schließlich die Anwendungsmöglichkeiten solcher Strukturen in neuartigen Bauelementen. Voraussetzung für solche Studien sind die kontrollierte Herstellung der Nanostrukturen durch Selbstorganisation oder top-down Verfahren und die Entwicklung von geeigneten Untersuchungsmethoden für Nanostrukturensembles und auch einzelne Nanostrukturen mittels optischer Spektroskopie oder elektrischen Messungen.



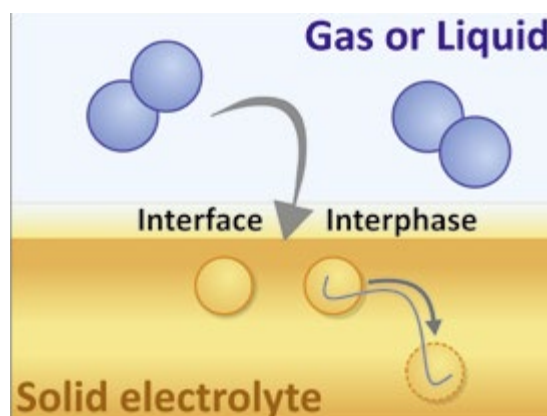
Prof. Dr. Peter J. Klar  
I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9933190  
Peter.J.Klar@exp1.physik.uni-giessen.de



Physikalische Festkörperchemie, Festkörperionik & Grenzflächenkinetik

### Dr. Bjoern Luerßen

ist Akademischer Oberrat am Physikalisch-Chemischen Institut. Seine Forschungsinteressen liegen auf den Gebieten der Kinetik von Grenzflächenreaktionen, insbesondere der Reduktion/Oxidation von Sauerstoff an Metall/Festelektrolyt-Grenzflächen (z. B. Pt/YSZ), aber auch der Grenzschicht-(SEI)-Bildung in Lithiumionenbatterien. Hierbei steht die Kombination elektrochemischer Messungen mit Methoden zur Oberflächencharakterisierung (XPS, SIMS) im Vordergrund, um Reaktionsmechanismen aufzuklären. In jüngerer Zeit ist die Untersuchung der Kinetik der Wasserspaltung an Mangankatalysatoren als Interessensgebiet hinzugekommen. Zudem ist Dr. Luerßen Ansprechpartner für die Röntgendiffraktometer der Methodenplattform ELCH zur Charakterisierung von Pulverproben und Dünnschichten. Ein weiteres Interessensgebiet ist schließlich die Erstellung wissenschaftlicher Grafiken und Abbildungen.



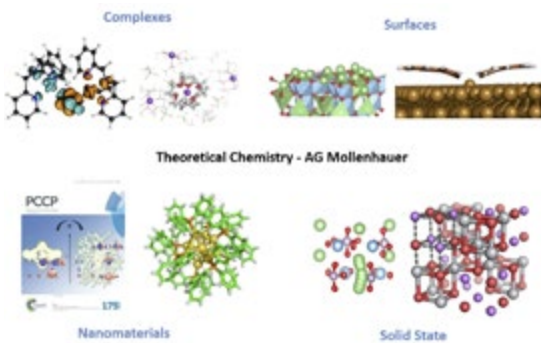
Dr. Bjoern Luerßen  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9934504  
Bjoern.Luerssen@phys.chemie.uni-giessen.de



Theoretische Chemie, Materialmodellierung, Modellierung von Nanomaterialien

### Prof. Dr. Doreen Mollenhauer

ist Junior-Professorin am Physikalisch-Chemischen Institut. Die Kernarbeitsgebiete ihrer Arbeitsgruppe liegen im Bereich der Theoretischen Chemie, nämlich in der quantenchemischen Berechnung und Modellierung stofflicher und energetischer Speichersysteme und Nanomaterialien. Weiterhin forscht sie an Oberflächen- und Grenzflächenphänomenen. Darüber hinaus sind materialchemische und komplexchemische Fragestellungen Gegenstand ihres Interesses. Dem besseren Verständnis der Natur chemischer Bindungen kommt hierbei besondere Bedeutung zu. Methodisch finden sowohl hochkorrelierte wellenfunktionsbasierte Ansätze als auch die Dichtefunktionaltheorie mit aktuellen Dispersion-Korrekturen Anwendung. Ab initio Molekulardynamische Simulationen als auch Multiskalenansätze werden ebenso verwendet.



Prof. Dr. Doreen Mollenhauer  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 34 560  
Doreen.Mollenhauer@phys.chemie.uni-giessen.de



Thermoelektrische Materialien

### Prof. Dr. Eckhard Müller

ist Professor am Institut für Anorganische und Analytische Chemie und als Gruppenleiter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) in Köln tätig. Er untersucht hocheffektive Materialien zur thermoelektrischen Energieumwandlung, substanzspezifische verbindungstechnische Materialprobleme sowie kontinuumstheoretische Systemaspekte thermoelektrischer Generatoren (TEG) und Sensoren. Diese sind für den Einsatz bei mittleren und hohen Temperaturen in Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, in Fahrzeugen und Energieanlagen, ausgelegt. Die Materialentwicklung konzentriert sich auf nanostrukturierte Thermoelektrika, darunter komplexe Chalkogenide, Antimonide, Silizide und Halb-Heusler-Verbindungen. Neue Charakterisierungsverfahren für temperatur- und ortsabhängige Funktionseigenschaften sowie zur Untersuchung von TEG-Modulen werden eingesetzt und weiterentwickelt. Mit dem Ziel der industriellen Herstellbarkeit werden pulverbasierte Materialtechnologien und hochtemperaturtaugliche Fügeverfahren für thermoelektrische Module entwickelt.



Prof. Dr. Eckhard Müller  
Institut für Anorganische und Analytische Chemie  
Tel. +49 (0) 2203 60135 56  
Eckhard.Mueller@dlr.de

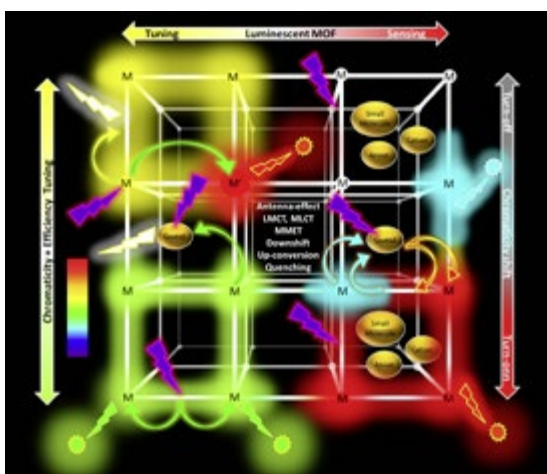




Festkörper-  
chemie &  
Anorganische  
Materialien

### Prof. Dr. Klaus Müller-Buschbaum

ist Professor für Anorganische Chemie am Institut für Anorganische und Analytische Chemie. Die Forschung der Gruppe von Klaus Müller-Buschbaum beschäftigt sich mit anorganischer Synthesechemie von Festkörpern und Materialien. Dabei liegen Forschungsschwerpunkte im Bereich optischer sowie Stimuli-sensitiver und schaltbarer Materialien. Im Fokus liegen z. B. die sog. MOFs (Metal-Organic Frameworks), deren Lumineszenz und Optionen für Sensorik. Dabei umspannt die Forschung Volumenmaterialien, strukturierte Materie, dünne Filme, bis hin zu multifunktionalen Kompositen.



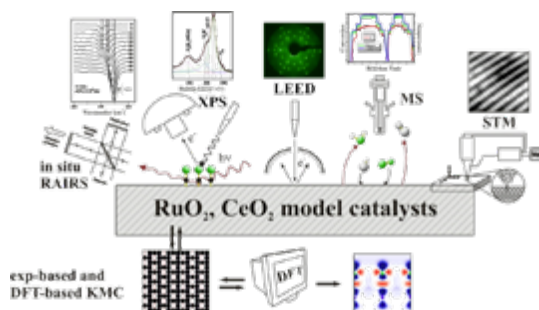
Prof. Dr. Klaus Müller-Buschbaum  
Institut für Anorganische und Analytische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 99 34 100  
Klaus.Mueller-Buschbaum@anorg.chemie.uni-giessen.de



Oberflächen-  
chemie &  
Modellkatalyse

### Prof. Dr. Herbert Over

ist Professor am Physikalisch-Chemischen Institut. Seine Arbeitsgruppe nutzt oberflächenchemische Methoden und Techniken zur Untersuchung molekularer Prozesse, wie sie bei heterogen katalysierten Reaktionen vorkommen, etwa der HCl-Oxidation über  $\text{RuO}_2$ - oder  $\text{CeO}_2$ -basierten Materialien. Um neue Erkenntnisse über die zu Grunde liegenden mikroskopischen Prozesse zu erlangen, werden an diesen Katalysatoren für korrosive Reaktionen auf Basis dieser Materialien Stabilitäts- und Aktivitätsstudien durchgeführt. Ergänzt werden diese durch kinetische ab initio Monte-Carlo-Simulationen. In der Oberflächen-Elektrokatalyse entwickelt und charakterisiert die Arbeitsgruppe neuartige, ultradünne, einkristalline Metalloxid-Elektroden, die in Kinetik- und Stabilitätsuntersuchungen von Sauerstoff- und Chlorentwicklungsreaktionen eingesetzt werden. Eines der zentralen Forschungsziele ist es, die elementaren Reaktionsschritte in diesen Gasentwicklungsreaktionen zu entschlüsseln und durch Kombination elektrochemischer Techniken mit theoretischen ab-initio-Methoden deren Freie-Energie-Profile zu ermitteln. Außerdem werden Synchrotron-Experimente durchgeführt, um in-situ die Korrosionsprozesse solcher Modellelektroden unter stark oxidierenden Bedingungen zu untersuchen.



Prof. Dr. Herbert Over  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 34 550  
Herbert.Over@phys.chemie.uni-giessen.de



Elektronen-  
mikroskopie &  
Elektrochemie

### Dr. Klaus Pepler

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Physikalisch-Chemischen Institut und befasst sich mit Fragestellungen der Festkörperelektrochemie insbesondere im Bereich Metallelektroden. Er ist Experte für elektronenmikroskopische Methoden und ist Operateur der Elektronenmikroskope der Methodenplattform ELCH.



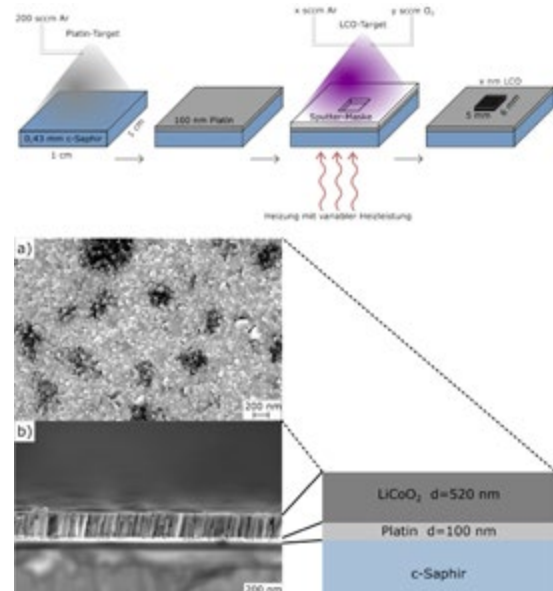
Dr. Klaus Pepler  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 34 505  
Klaus.Pepler@phys.chemie.uni-giessen.de



Funktionelle  
Dünnschichten

### PD Dr. Angelika Polity

ist Akademische Rätin am I. Physikalischen Institut. In ihrem Team werden funktionale Dünnschichten mittels Kathoden- und Ionenstrahlzerstäubung synthetisiert, anschließend charakterisiert und anwendungsorientiert optimiert. Zur Analyse der Transporteigenschaften und der optischen und kristallinen Charakteristika wird eine Vielzahl von Messmethoden verwendet, die in den anderen Arbeitsgruppen des Zentrums für Materialforschung zur Verfügung stehen. Die wichtigsten Forschungsthemen sind funktionale Dünnschichten für Energiespeichersysteme, thermo- und elektrochrome Beschichtungen für energieeffiziente Technologien sowie Materialien zum Einsatz in der Optoelektronik und Photovoltaik.



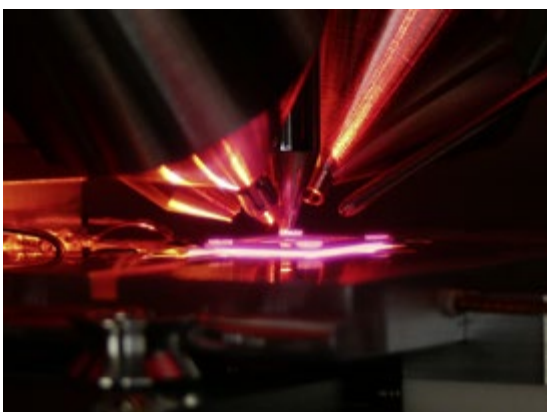
PD Dr. Angelika Polity  
I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 33 117  
Angelika.Polity@exp1.physik.uni-giessen.de



Biomaterialien,  
Plasmen &  
ToF-SIMS

#### Dr. Marcus Rohnke

Ist Akademischer Oberrat am Physikalisch-Chemischen Institut und beabsichtigt zu habilitieren. In seinem Team wird die physikalisch-chemische Kompetenz zur Herstellung und Modifikation neuer Biomaterialien für den Knochenersatz genutzt. Die Themen reichen von der Plasmaoberflächenbehandlung bis zur Wirkstoffdetektion mittels ToF-SIMS im Knochen. Ein weiterer Fokus liegt auf der ToF-SIMS Analytik von SOFC Elektroden mittels in-situ Experimenten.



Dr. Marcus Rohnke  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9934 502  
Marcus.Rohnke@phys.chemie.uni-giessen.de



Festkörper-  
analytik &  
dünne Schichten

#### Dr. Joachim Sann

Ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Physikalisch-Chemischen Institut. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Feststoffbatterien, wobei hier insbesondere die Entwicklung von Dünnschicht-Modellsystemen mittels gepulster Laserabscheidung (PLD) und Ionenstrahlputtern (IBS) sowie die Charakterisierung von Grenzflächen in Feststoffbatterien mittels Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) im Vordergrund stehen. Zu diesem Zweck wird auch intensiv an in-situ sowie operando-Experimenten im XPS gearbeitet. Dr. Sann ist auch der Ansprechpartner der AG Janek für XPS und Dünnschichtabscheidung.



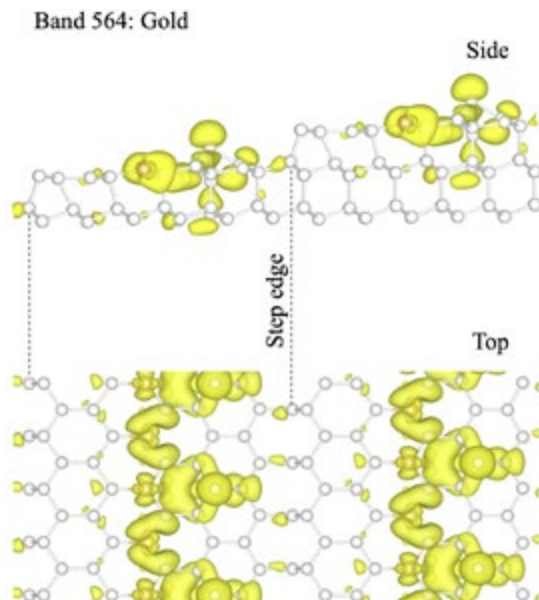
Dr. Joachim Sann  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9934 506  
Joachim.Sann@phys.chemie.uni-giessen.de



Theoretische  
Festkörper-  
spektroskopie

#### Prof. Dr. Simone Sanna

ist Professor am Institut für Theoretische Physik. In seiner Arbeitsgruppe ‚Theoretische Festkörperspektroskopie‘ werden quantenmechanische Simulationen durchgeführt, um die Eigenschaften komplexer Materialien anhand ihrer atomaren Struktur vorauszusagen und zu verstehen. Der elektronische Grundzustand des untersuchten Systems wird im Rahmen der Dichtefunktionaltheorie (DFT) modelliert. Darauf aufbauend können sowohl strukturelle als auch elektronische Anregungen und spektroskopische Signaturen berechnet werden. Ab initio Molekulardynamik wird benutzt, um die zeitliche Entwicklung atomarer Systeme zu verfolgen und Erkenntnisse über Phasenübergänge zu gewinnen. Festkörperoberflächen, Grenzflächen und Ferroelektrika stehen im Fokus der Untersuchungen.



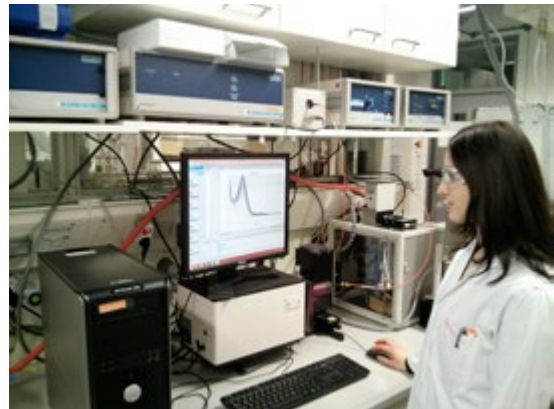
Prof. Dr. Simone Sanna  
Institut für Theoretische Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 362  
Simone.Sanna@theo.physik.uni-giessen.de



Koordinations-  
chemie

#### Prof. Dr. Siegfried Schindler

ist Professor am Institut für Anorganische und Analytische Chemie. Seine Arbeitsgruppe synthetisiert und untersucht Modellkomplexe für Kupfer- und Eisenzymen, die für die selektive Oxidation organischer Substrate mit Sauerstoff verantwortlich sind. Reaktive Intermediatkomplexe werden spektroskopisch detektiert, aber auch falls möglich präpariert. Mit Hilfe der Tieftemperatur-, Stopped-Flow-Technik werden reaktionskinetische Analysen durchgeführt. Ein weiteres Interessengebiet sind homogene und heterogene Katalysen von Oxidationen mit Sauerstoff.



Prof. Dr. Siegfried Schindler  
Institut für Anorganische und Analytische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 99 34 140  
Siegfried.Schindler@anorg.Chemie.uni-giessen.de



Atom- &  
Molekülphysik

#### Prof. Dr. Stefan Schippers

ist außerplanmäßiger Professor am I. Physikalischen Institut. Sein Team beschäftigt sich mit der Physik atomarer Stoßprozesse. Dabei geht es sowohl um grundlegende Fragen der atomaren und molekularen Struktur und Stoßdynamik als auch um Anwendungen in der Atom- und Molekülspektroskopie, der Astro- und Plasmaphysik sowie der Oberflächenphysik. Die Gruppe experimentiert mit geladenen Teilchenstrahlen (Elektronen, hochgeladene atomare Ionen, Molekül- und Clusterionen) an hauseigenen Apparaturen und an externen Großforschungseinrichtungen wie den Ionenspeicherringen bei FAIR/GSI und am Heidelberger MPI für Kernphysik sowie der Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III bei DESY. Um für diese Experimente intensive Elektronen- und Ionenstrahlen bereitstellen zu können, werden entsprechende Quellen für geladene Teilchenstrahlen fortlaufend weiterentwickelt. Zusätzlich betreibt die Gruppe hochauflösende Spektrometer zum Nachweis von Elektronen und von Röntgenstrahlung.



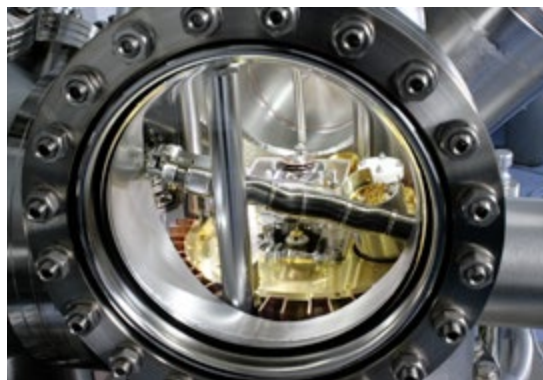
Prof. Dr. Stefan Schippers  
I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9915 203  
Stefan.Schippers@exp1.physik.uni-giessen.de



Rasterkraft-  
mikroskopie,  
Nanotribologie &  
Ionenleitung

#### Prof. Dr. André Schirmeisen

ist Professor am Institut für Angewandte Physik. Die Forschungsarbeit seiner AG ist fokussiert auf die Entwicklung und Anwendung von Rastersondenmethoden für die Analyse von nanoskaligen Materialien. Untersuchte Materialklassen sind zum einen organische Moleküle auf Oberflächen, mit Fokus auf die chemischen Reaktionspfade in 2D, des weiteren tribologisch aktive Oberflächen, sowie Grenzflächen für die Energiespeicherung. Methoden umfassen die Sondenanalyse und -modifikation, Feldionenmikroskopie (FIM), molekulare Manipulationsstrategien mittels Rasterkraftmikroskopie (AFM), Tip-enhanced Raman scattering (TERS) und Flüssigkeitszellen-AFM. Zudem entwickelt die Arbeitsgruppe Pulsrohrkleinkühler, die zur Kühlung von wissenschaftlichen Instrumenten im sub-4K Bereich eingesetzt werden.



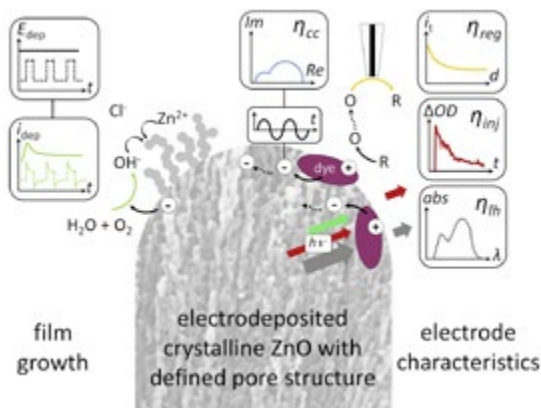
Prof. Dr. André Schirmeisen  
Institut für Angewandte Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 411  
Andre.Schirmeisen@ap.physik.uni-giessen.de



Molekulare  
Materialien

### Prof. Dr. Derck Schlettwein

ist Professor am Institut für Angewandte Physik. Themen seiner Forschung sind die Präparation und Charakterisierung von neuen Elektrodenmaterialien aus organischen oder organisch-anorganischen Hybridmaterialien und zielen auf die Entwicklung von Bauteilen für die Photovoltaik, organische Feldeffekttransistoren, organische Leuchtdioden oder elektrochrome Beschichtungen ab. Filme werden mittels physikalischer Dampfphasenabscheidung oder lösungsbasiert bei niedrigen Prozesstemperaturen präpariert. Hergestellte Systeme reichen von ultradünnen leitfähigen Schichten für die Verwendung in organischen Feldeffekttransistoren über schnell schaltende organische elektrochrome Schichten über nachhaltig bei niedrigen Temperaturen und basierend auf wässrigen Lösungen prozessierte farbstoffsensibilisierte Elektroden bis hin zu bleifreien und chemisch stabilisierten Perovskitschichten zur Lichtabsorption. Es wurden Details zum Ladungsinjektions- und Rekombinationsverhalten von farbstoffsensibilisierten Solarzellen, zur Kontakteinstellung zwischen organischen Halbleiterschichten und zur persistenten Polarisation in organisch-anorganischen Perovskitschichten erarbeitet.



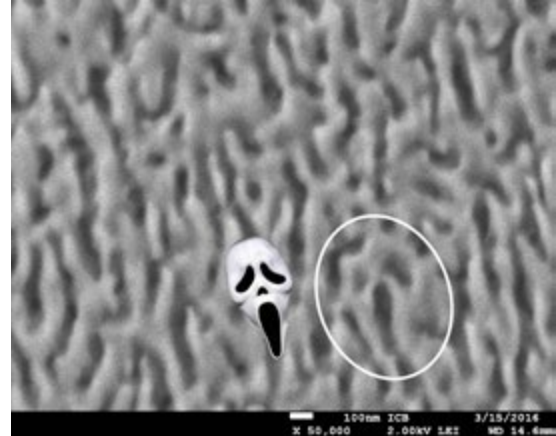
Prof. Dr. Derck Schlettwein  
Institut für Angewandte Physik  
Tel. +49 (0) 641 99 33 401  
Derck.Schlettwein@ap.physik.uni-giessen.de



Physikalisch-  
organische  
Chemie

### Prof. Dr. Peter R. Schreiner

ist Professor am Institut für Organische Chemie. Seine Arbeitsgruppe ist besonders an neuen organokatalytischen Reaktionen und Methoden (Thioharnstoffe, Oligopeptide), Nanodiamanten (Diamantoide) als Bausteine für neue organische Materialien (z. B. organische Elektronik), der Matrixisolation reaktiver Zwischenstufen (z. B. Carbene) und der *Computational Chemistry* interessiert. Im Bereich der ‚experimentellen Quantenchemie‘ verfolgt sie äußerst spannende Tunneleffekte und Auswirkungen der Londonschen Dispersionswechselwirkung. Grundsätzlich kommen synthetische, spektroskopische und quantenmechanische Rechenmethoden zum Einsatz.



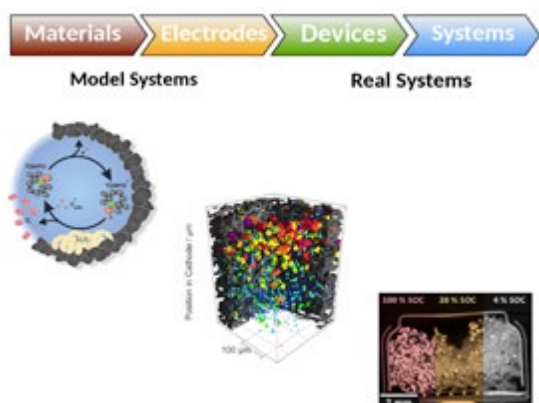
Prof. Dr. Peter R. Schreiner  
Institut für Organische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 99 34 300  
PRS@uni-giessen.de



Kombination  
von Operando  
Analyse &  
Modellierung/  
Simulation elek-  
trochemischer  
Energiespeicher

### Dr. Daniel Schröder

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Physikalisch-Chemischen Institut und strebt eine Habilitation an. Die Forschungsschwerpunkte seines Teams liegen auf der operando Analyse und der Modellierung/Simulation von elektrochemischen Energiespeichern (vor allem Lithium-, Natrium-, Zink-Sauerstoff-Batterien und organische Redox-Flow-Batterien), um gezielt ein tieferes Verständnis der ablaufenden Reaktions- und Transportvorgänge, sowie über das Degradationsverhalten der Batterien zu erhalten. Hierfür werden spezielle operando Zellen (z. B. für XRD oder Tomography) designt und betrieben, sowie einfache, maßgeschneiderte mathematische Modelle der Energiespeicher aufgestellt und mit Simulationen zusätzliche Informationen gewonnen. Letztlich können mit der Kombination beider Methoden anwendungsorientierte Vorhersagen über das Optimierungspotential der elektrochemischen Systeme und der eingesetzten Materialien gegeben werden.



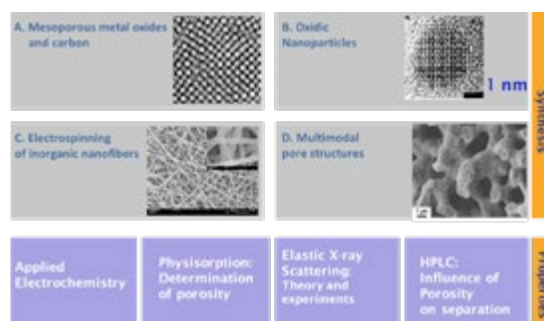
Dr. Daniel Schröder  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 34 515  
Daniel.Schröder@phys.chemie.uni-giessen.de



Funktionelle  
Nanomaterialien

### Prof. Dr. Bernd Smarsly

ist Professor am Physikalisch-Chemischen Institut. Die Forschungsarbeiten seiner Arbeitsgruppe konzentrieren sich zum einen auf die Entwicklung nasschemischer Methoden zur Nanostrukturierung von Materialien in Form von Schichten, Pulvern und Formkörpern („Monolithen“). Neben Metalloxiden stehen Synthesestrategien für so genannte ‚nicht-graphitische‘ Kohlenstoffe in meso- und makroporöser Form im Vordergrund. Zum anderen stellt die strukturelle und physikochemische Charakterisierung dieser Materialien einen langjährigen Schwerpunkt der Arbeitsgruppe dar, und wird sowohl als Routineanalytik als auch im Sinne der Methoden-Weiterentwicklung betrieben. Die Charakterisierung umfasst dabei die quantitative Untersuchung von Kristallinität und Nanostruktur mittels Röntgenbeugung (XRD, SAXS), Porosität (Physisorption, Hg-Porosimetrie), Elektronenmikroskopie, sowie auch elektrochemischer Methodik (Zyklovoltammetrie).



Prof. Dr. Bernd Smarsly  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 34 590  
Bernd.Smarsly@phys.chemie.uni-giessen.de



Atom-, Plasma- & Raumfahrtphysik

### Prof. Dr. Markus Thoma

ist Professor am I. Physikalischen Institut. Seine Arbeitsgruppe untersucht komplexe (staubige) Niedertemperaturplasmen im Labor und in der Schwerelosigkeit (ISS, Parabelflüge) als Modell für stark gekoppelte Vielteilchensysteme. Im Bereich der Plasmamedizin werden Plasmaquellen, die bei atmosphärischem Druck arbeiten, entwickelt und ihre Anwendung zur Sterilisation untersucht. Außerdem führt die Arbeitsgruppe mikrobiologische Versuche mit Plasmen durch und analysiert die Oberflächen von plasma-behandelten Materialien.



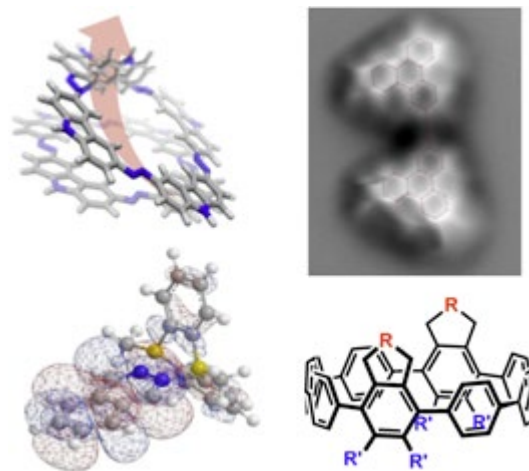
Prof. Dr. Markus Thoma  
I. Physikalisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 99 3310  
Markus.H.Thoma@exp1.physik.uni-giessen.de



Organische  
Synthese &  
molekulare  
Materialien

### Prof. Dr. Hermann A. Wegner

ist Professor am Institut für Organische Chemie. Seine Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Entwicklung neuer effizienter Prozesse für die organische Synthese und deren Anwendung zur Kontrolle von Funktionsmaterialien auf molekularer Ebene.



Prof. Dr. Hermann A. Wegner  
Institut für Organische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 99 34 330  
Hermann.A.Wegner@org.chemie.uni-giessen.de

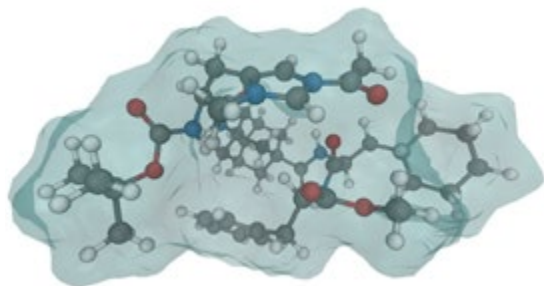




Peptidsynthese &  
Organokatalyse

#### Dr. Raffael C. Wende

ist Akademischer Rat am Institut für Organische Chemie. Sein Team synthetisiert neuartige Oligopeptide und untersucht deren Einsatz in der (Multi-)Katalyse und als potentielle Biomaterialien. Weitere Interessengebiete sind die Immobilisierung von Katalysatoren sowie die Untersuchung von Reaktionen mittels quantenmechanischer Rechenmethoden, Chromatographie und Massenspektrometrie.



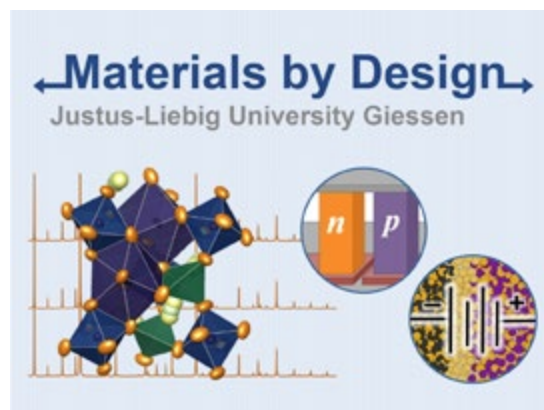
Dr. Raffael C. Wende  
Institut für Organische Chemie  
Tel. +49 (0) 641 9934 317  
Raffael.Wende@org.chemie.uni-giessen.de



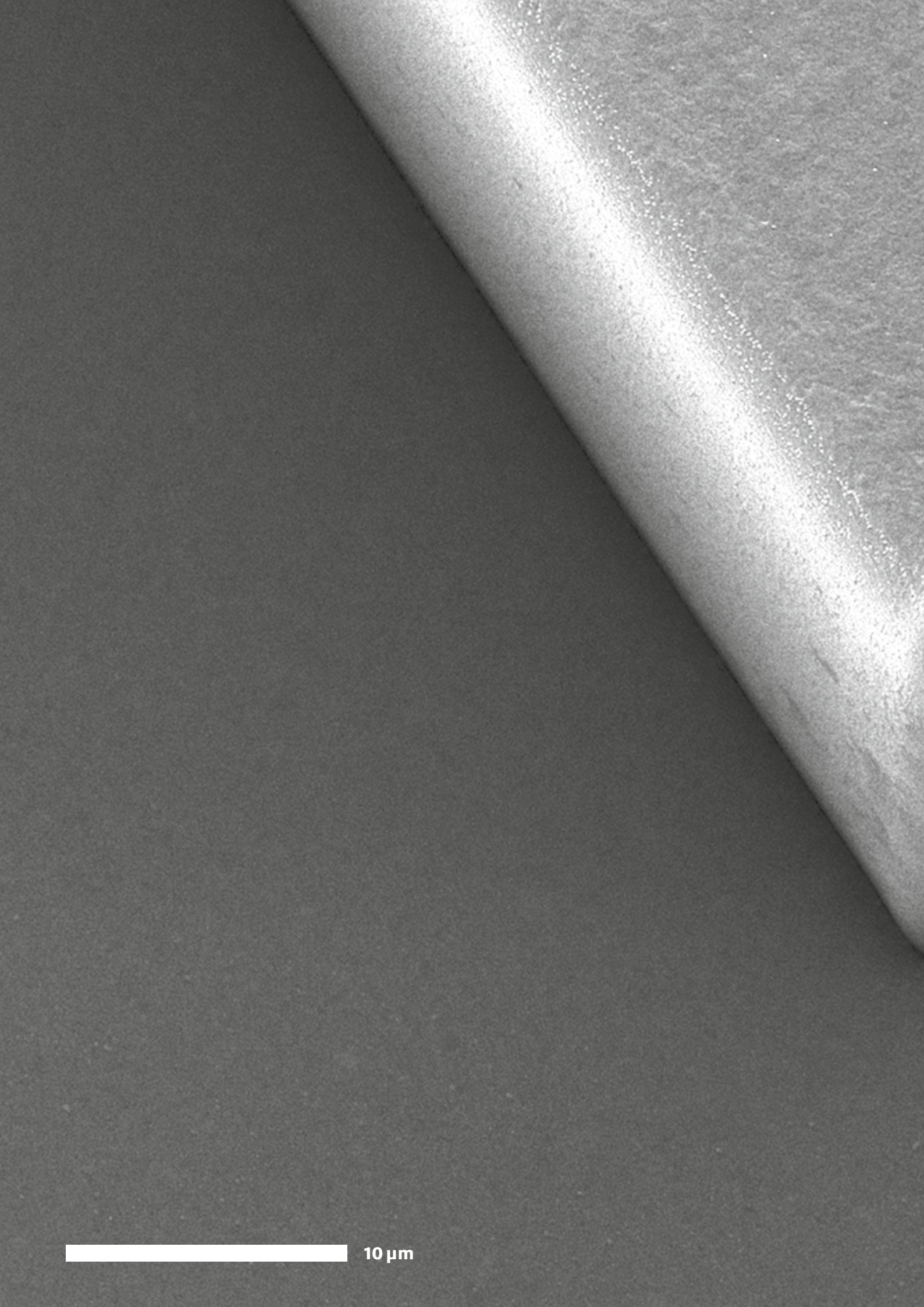
Materials by  
Design: Struktur-  
Eigenschafts-  
beziehungen in  
Ionenleitern &  
Thermoelektrika

#### Dr. Wolfgang Zeier

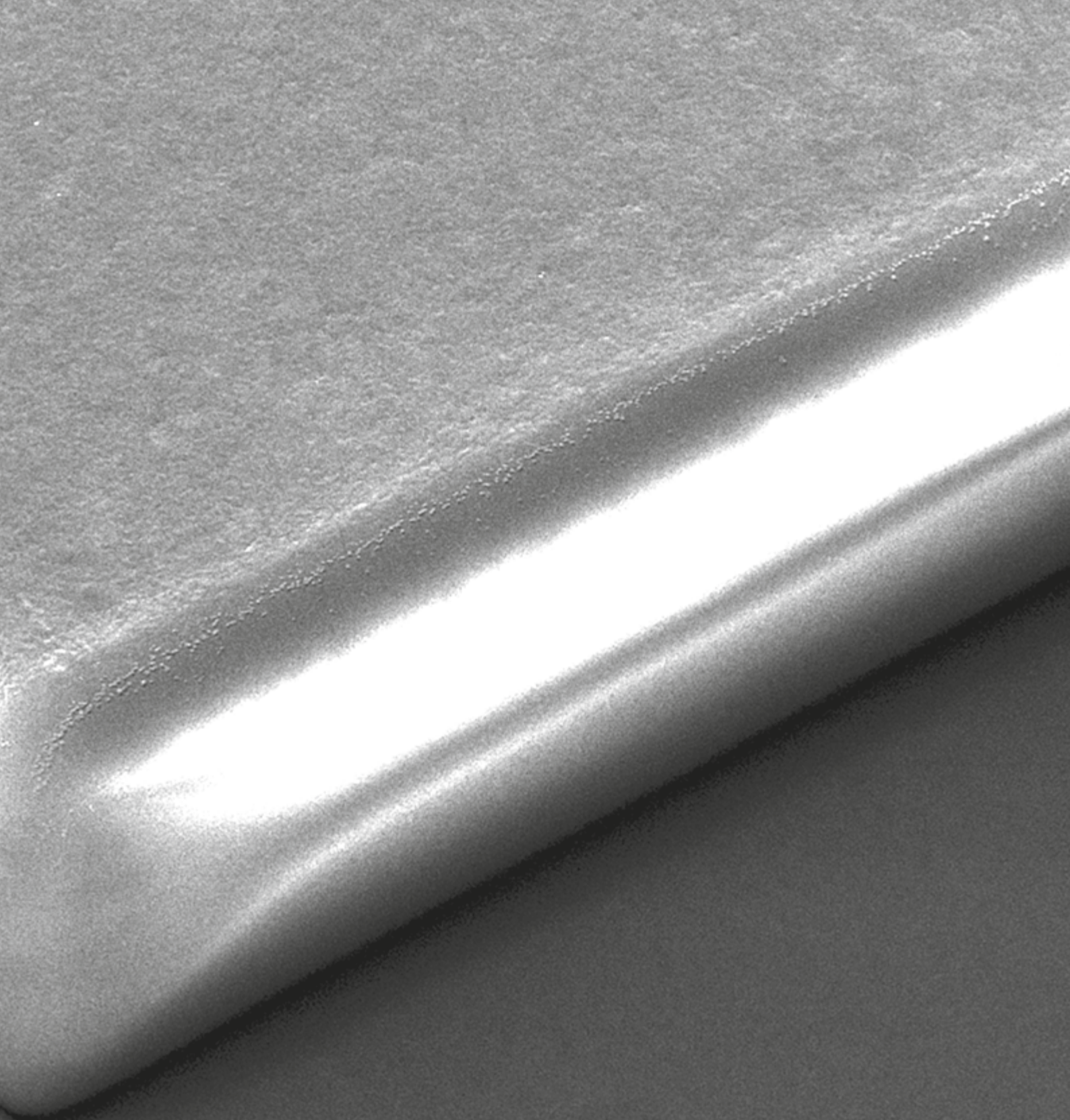
ist Leiter einer Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe am Physikalisch-Chemischen Institut. Seine Arbeitsgruppe untersucht die Struktur-Eigenschaftsbeziehungen in anorganischen Festkörpern für die Entwicklung von Materialien für die saubere Energiespeicherung und Energiegewinnung. Im Speziellen fokussiert sie sich auf thermoelektrische Anwendungen sowie Feststoff-Batterie-Konzepte. Im Kern der Forschung stehen die Materialsynthese und die Strukturaufklärung. An den Proben durchgeführte Messungen und entsprechende Modellierungen der ionischen, elektronischen und thermischen Transporteigenschaften werden mit den Struktureigenschaften in Bezug gesetzt.



Dr. Wolfgang Zeier  
Physikalisch-Chemisches Institut  
Tel. +49 (0) 641 9934 508  
Wolfgang.G.Zeier@phys.chemie.uni-giessen.de



10 μm



**PUBLIKATIONEN**

# Publikationen 2018/2019

**2018 Peter Adler, Peter Jeglič, Manfred Reehuis, Matthias Geiß, Patrick Merz, Tilen Knaflič, Matej Komelj, Andreas Hoser, Annette Sans, Jürgen Janek, Denis Arčon, Martin Jansen, Claudia Felser (2018):**  
*Verwey-type charge ordering transition in an open-shell p-electron compound*  
SCIENCE ADVANCES 4 (1), EAAP7581

**Timo Bartsch, Florian Strauss, Toni Hatsukade, Alexander Schiele, A-Young Kim, Pascal Hartmann, Jürgen Janek, Torsten Brezesinski (2018):**  
*Gas Evolution in All-Solid-State Battery Cells*  
ACS ENERGY LETTERS 3 (10), S. 2539–2543

**Martin Becker, Fabian Michel, Angelika Polity, Peter J. Klar (2018):**  
*Analysis of the optical parameters of amorphous ternary oxides  $\text{Sn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$  and  $\text{Sn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}$  processed by combinatorial ion-beam sputter deposition*  
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 124 (15), 155701

**Martin Becker, Fabian Michel, Angelika Polity, Peter J. Klar (2018):**  
*Impact of Composition  $x$  on the Refractive Index of  $\text{Ni}_x\text{O}$*   
PHYSICA STATUS SOLIDI B-BASIC SOLID STATE PHYSICS 255 (3), 1700463

**Martin Becker, Angelika Polity, Peter J. Klar (2018):**  
*On the Growth of Stannic Oxide by Ion Beam Sputter Deposition (IBSD)*  
PHYSICA STATUS SOLIDI A-APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE 215 (1), 1700623

**Tim Bernges, Sean P. Culver, Nicolo Minafra, Raimund Koerver, Wolfgang G. Zeier (2018):**  
*Competing Structural Influences in the Li Superionic Conducting Argyrodites  $\text{Li}_6\text{PS}_5-x\text{Se}_x\text{Br}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) upon Se Substitution.*  
INORGANIC CHEMISTRY 57 (21), S. 13920–13928

**Eva-Maria Bertschler, Christian Dietrich, Thomas Leichtweiss, Jürgen Janek, Wolfgang Schnick (2018):**  
 *$\text{Li}^+$  Ion Conductors with Adamantane-Type Nitridophosphate Anions*  
CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 24 (1), S. 196–205

**Jan O. Binder, Sean P. Culver, Ricardo Pinedo, Dominik A. Weber, Markus S. Friedrich, Katharina I. Gries, Kerstin Volz, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek (2018):**  
*Investigation of Fluorine and Nitrogen as Anionic Dopants in Nickel-Rich Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries*  
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 10 (51), S. 44452–44462

**André Bloesser, Pascal Voepel, Marc O. Loeh, Andreas Beyer, Kerstin Volz, Roland Marschall (2018):**  
*Tailoring the diameter of electrospun layered perovskite nanofibers for photocatalytic water splitting*  
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 6 (5), S. 1971–1978

**Simon Burkhardt, Matthias T. Elm, Bernhard Lani-Wayda, Peter J. Klar (2018):**  
*In Situ Monitoring of Lateral Hydrogen Diffusion in Amorphous and Polycrystalline  $\text{WO}_3$  Thin Films*  
ADVANCED MATERIALS INTERFACES 5 (6), 1701587

**Mirian E. Casco, Felix Badaczewski, Sven Graetz, Aura Tolosa, Volker Presser, Bernd M. Smarsly, Lars Borchardt (2018):**  
*Mechanochemical synthesis of porous carbon at room temperature with a highly ordered  $sp^2$  microstructure*  
CARBON 139, S. 325–333

**Pascal Cop, S. Kitano, K. Niinuma, Bernd M. Smarsly, Hiromitsu Kozuka** (2018):

*In-plane stress development in mesoporous thin films*

NANOSCALE 10 (15), S. 7002–7015

**Paolo Dolcet, Stefano Diodati, Federico Zorzi, Pascal Voepel, Christoph Seitz, Bernd M. Smarsly, Simone Mascotto, Fabrizio Nestola, Silvia Gross** (2018):

*Very fast crystallisation of  $M\text{Fe}_2\text{O}_4$  spinel ferrites ( $M = \text{Co}, \text{Mn}, \text{Ni}, \text{Zn}$ ) under low temperature hydro-thermal conditions: a time-resolved structural investigation*

GREEN CHEMISTRY 20 (10), S. 2257–2268

**Marc Duchardt, Sven Neuberger, Uwe Ruschewitz, Thorben Krauskopf, Wolfgang G. Zeier, Jorn Schmedt auf der Guenne, Stefan Adam, Bernhard Roling, Stefanie Dehnen** (2018):

*Superion Conductor  $\text{Na}_{11.1}\text{Sn}_{2.7}\text{P}_{0.9}\text{Se}_{12}$ : Lowering the Activation Barrier of Na plus Conduction in Quaternary 1-4-5-6 Electrolytes*

CHEMISTRY OF MATERIALS 30 (12), S. 4134–4139

**Daniel Ebeling, Marina Sekutor, Marvin Stieffermann, Jalmar Tschakert, Jeremy E. P. Dahl, Robert M. K. Carlson, Andre Schirmeisen, Peter R. Schreiner** (2018):

*Assigning the absolute configuration of single aliphatic molecules by visual inspection*

NATURE COMMUNICATIONS 9, 2420

**Alexander Fabian, Michael Czerner, Christian Heiliger, Matthias T. Elm, Detlev M. Hofmann, Peter J. Klar** (2018):

*Domain formation in rectangular magnetic nanoparticle assemblies*

PHYSICAL REVIEW B 98, 054401

**Qitang Fan, Simon Werner, Jalmar Tschakert, Daniel Ebeling, Andre Schirmeisen, Gerhard Hilt, Wolfgang Hieringer, J. Michael Gottfried** (2018):

*Precise Monoselective Aromatic C-H Bond Activation by Chemisorption of Meta-Aryne on a Metal Surface*

JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 140 (24), S. 7526–7532

**Carsten Fiedler, Bjoern Luerßen, Brett Lucht, Jürgen Janek** (2018):

*Synthesis and characterization of polyphosphazene electrolytes including cyclic ether side groups*

JOURNAL OF POWER SOURCES 384, S. 165–171

**Ekrem Guenes, Bernadette Landschreiber, Gert Homm, Christoph Wiegand, Petr Tomes, Christian Will, Matthias T. Elm, Silke Paschen, Peter J. Klar, Sabine Schlecht, Mathias S. Wickleder** (2018):

*Structure and Thermoelectric Properties of Nanostructured  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$  Alloys Synthesized by Mechanical Alloying*

JOURNAL OF ELECTRONIC MATERIALS 47 (10), S. 6007–6015

**Ekrem Guenes, Mathias S. Wickleder, Eckhard Mueller, Matthias T. Elm, Peter J. Klar** (2018):

*Improved thermoelectric properties of nanostructured composites out of  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$  nanoparticles and carbon phases*

AIP ADVANCES 8, 075319

**Olivier Guillon, Christian Elsaesser, Oliver Gutfleisch, Jürgen Janek, Sandra Korte-Kerzel,**

**Dierk Raabe, Cynthia A. Volkert** (2018):

*Manipulation of matter by electric and magnetic fields: Toward novel synthesis and processing routes of inorganic materials*

MATERIALS TODAY 21 (5), S. 527–536

**Torsten Henning, Katharina Huhn, Leonard W. Isberner, Peter J. Klar** (2018):

*Miniaturized Electrospray Thrusters*

IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE 46 (2), S. 214–218

**Jonas D. Hofmann, Felix L. Pfanschilling, Nastaran Krawczyk, Peter Geigle, Longcheng Hong, Sebastian Schmalisch, Hermann A. Wegner, Doreen Mollenhauer, Jürgen Janek, Daniel Schröder** (2018):  
*Quest for Organic Active Materials for Redox Flow Batteries: 2,3-Diaza-anthraquinones and Their Electrochemical Properties*  
 CHEMISTRY OF MATERIALS 30 (3), S. 762–774

**Patrick Hofmann, Jama Ariai, Aleksandr Zaichenko, Jürgen Janek, Doreen Mollenhauer, Wolfgang G. Zeier** (2018):  
*Structural analysis and electrical characterization of cation-substituted lithium ion conductors  $\text{Li}_{1-x}\text{Ti}_{1-x}\text{M}_x\text{OPO}_4$  ( $M = \text{Nb}, \text{Ta}, \text{Sb}$ )*  
 SOLID STATE IONICS 319, S. 170–179

**Jie Jiang, Florian Heck, Detlev M. Hofmann, Martin Eickhoff** (2018):  
*Synthesis of  $\text{SnO}_2$  Nanowires Using  $\text{SnI}_2$  as Precursor and Their Application as High-Performance Self-Powered Ultraviolet Photodetectors*  
 PHYSICA STATUS SOLIDI B-BASIC SOLID STATE PHYSICS 255 (3), 1700426

**Vivien Kauschke, Maike Schneider, Annika Jauch, Matthias Schumacher, Marian Kampschulte, Marcus Rohnke, Anja Henß, Coralie Bamberg, Katja Trinkaus, Michael Gelinsky, Christian Heiss, Katrin Susanne Lips** (2018):  
*Effects of a Pasty Bone Cement Containing Brain-Derived Neurotrophic Factor-Functionalized Mesoporous Bioactive Glass Particles on Metaphyseal Healing in a New Murine Osteoporotic Fracture Model*  
 INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES 19 (11), 3531

**Robin Kentsch, Mirko Scholz, Jonas Horn, Derck Schlettwein, Kawon Oum, Thomas Lenzer** (2018):  
*Exciton Dynamics and Electron-Phonon Coupling Affect the Photovoltaic Performance of the  $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$  Double Perovskite*  
 JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 122 (45), S. 25940–25947

**Philip Klement, Christina Steinke, Sangam Chatterjee, Tim O. Wehling, Martin Eickhoff** (2018):  
*Effects of the Fermi level energy on the adsorption of  $\text{O}_2$  to monolayer  $\text{MoS}_2$*   
 2D MATERIALS 5, 045025

**Raimund Koerver, Wenbo Zhang, Lea de Biasi, Simon Schweidler, Aleksandr O. Kondrakov, Stefan Kolling, Torsten Brezesinski, Pascal Hartmann, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2018):  
*Chemo-mechanical expansion of lithium electrode materials - on the route to mechanically optimized all-solid-state batteries*  
 ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE 11 (8), S. 2142–2158

**Max Kracht, Alexander Karg, Martin Feneberg, Jürgen Blaesing, Jörg Schörmann, Rüdiger Goldhahn, Martin Eickhoff** (2018):  
*Anisotropic Optical Properties of Metastable (0112)  $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$  Grown by Plasma-Assisted Molecular Beam Epitaxy*  
 PHYSICAL REVIEW APPLIED 10 (2)

**Marvin A. Kraft, Saneyuki Ohno, Tatiana Zinkevich, Raimund Körver, Sean P. Culver, Till Fuchs, Anatoliy Senyshyn, Sylvio Indris, Benjamin J. Morgan, Wolfgang G. Zeier** (2018):  
*Inducing High Ionic Conductivity in the Lithium Superionic Argyrodites  $\text{Li}_{6+x}\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x\text{S}_5\text{I}$  for All-Solid-State Batteries*  
 JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 140 (47), S. 16330–16339

**Thorben Krauskopf, Sean P. Culver, Wolfgang G. Zeier** (2018):  
*Bottleneck of Diffusion and Inductive Effects in  $\text{Li}_{10}\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x\text{P}_2\text{S}_{12}$*   
 CHEMISTRY OF MATERIALS 30 (5), S. 1791–1798

**Thorben Krauskopf, Sean P. Culver, Wolfgang G. Zeier** (2018):  
*Local Tetragonal Structure of the Cubic Superionic Conductor  $\text{Na}_3\text{PS}_4$*   
 INORGANIC CHEMISTRY 57 (8), S. 4739–4744

**Thorben Krauskopf, Sokseiha Muy, Sean P. Culver, Saneyuki Ohno, Olivier Delaire, Yang Shao-Horn, Wolfgang G. Zeier** (2018):  
*Comparing the Descriptors for Investigating the Influence of Lattice Dynamics on Ionic Transport Using the Superionic Conductor  $\text{Na}_3\text{PS}_{4-x}\text{Se}_x$*   
 JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 140 (43), S. 14464–14473

**Chenwei Li, Yu Sun, Franziska Hess, Igor Djerdj, Joachim Sann, Pascal Vöpel, Pascal Cop, Yanglong Guo, Bernd M. Smarsly, Herbert Over** (2018):  
*Catalytic HCl oxidation reaction: Stabilizing effect of Zr-doping on  $\text{CeO}_2$  nano-rods*  
 APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL 239, S. 628–635

**Marc O. Loeh, Felix Badaczewski, Martin von der Lehr, Rüdiger Ellinghaus, S. Dobrotka, Joachim Metz, Bernd M. Smarsly** (2018):  
*Hard-templating of carbon using porous  $\text{SiO}_2$  monoliths revisited - Quantitative impact of spatial confinement on the microstructure evolution*  
 CARBON 129, S. 552–563

**Christian Lupo, Derck Schlettwein** (2018):  
*Modeling of Dendrite Formation as a Consequence of Diffusion-Limited Electrodeposition*  
 JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 166 (1), D3182–D3189

**Roberto Macchieraldo, Lars Esser, Roman Elfgem, Pascal Voepel, Stefan Zahn, Bernd M. Smarsly, Barbara Kirchner** (2018):  
*Hydrophilic Ionic Liquid Mixtures of Weakly and Strongly Coordinating Anions with and without Water*  
 ACS OMEGA 3 (8), S. 8567–8582

**Zamin Mamiyev, Simone Sanna, Timo Lichtenstein, Christoph Tegenkamp, Herbert Pfnür** (2018):  
*Extrinsic doping on the atomic scale: Tuning metallicity in atomic Au chains*  
 PHYSICAL REVIEW B 98, 245414

**Fabian Michel, Benedikt Kramm, Martin Becker, Karl Phillip Hering, Detlev M. Hofmann, Peter J. Klar** (2018):  
*Band alignment of  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Cu}_2\text{O}$  heterojunctions in dependence on alloy composition x and its effect on the photovoltaic properties*  
 JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 123, 245414

**Julia Migenda, Sebastian Werner, Rüdiger Ellinghaus, Bernd M. Smarsly** (2018):  
*Mesoporous Poly (divinylbenzene) Fibers Based On Crosslinked Nanoparticles*  
 MACROMOLECULAR CHEMISTRY AND PHYSICS 219 (5), 245414

**Nicolo Minafra, Sean P. Culver, Thorben Krauskopf, Anatoliy Senyshyn, Wolfgang G. Zeier** (2018):  
*Effect of Si substitution on the structural and transport properties of superionic Li-argyrodites*  
 JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 6 (2), S. 645–651

**Maren Möller, Nikolay Tarabanko, Claas Wessel, Rüdiger Ellinghaus, Herbert Over, Bernd M. Smarsly** (2018):  
*Electrospinning of  $\text{CeO}_2$  nanoparticle dispersions into mesoporous fibers: on the interplay of stability and activity in the HCl oxidation reaction*  
 RSC ADVANCES 8 (1), S. 132–144

**Sven Neudeck, Felix Walther, Thomas Bergfeldt, Christian Suchomski, Marcus Rohnke, Pascal Hartmann, Jürgen Janek, Torsten Brezesinski** (2018):  
*Molecular Surface Modification of NCM622 Cathode Material Using Organophosphates for Improved Li-Ion Battery Full-Cells.*  
 ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 10 (24), S. 20487–20498.

**Paula Neuderth, Pascal Hille, Sara Marti-Sanchez, Maria de La Mata, Mariona Coll, Jordi Arbiol, Martin Eickhoff** (2018):

*Optical Analysis of Oxygen Self-Diffusion in Ultrathin CeO<sub>2</sub> Layers at Low Temperatures.*  
ADVANCED ENERGY MATERIALS 8 (29), 1802120

**Paula Neuderth, Pascal Hille, Jörg Schörmann, Adina Frank, Christian Reitz, Sara Marti-Sanchez, Maria de La Mata, Mariona Coll, Jordi Arbiol, Roland Marschall, Martin Eickhoff** (2018):

*Passivation layers for nanostructured photoanodes: ultra-thin oxides on InGaN nanowires*  
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 6 (2), S. 565–573

**Jonas J. Neumeier, Matthias T. Elm, Bjoern Luerßen, Jürgen Janek** (2018):

*Platinum microelectrodes on gadolinia doped ceria single crystals – bulk properties and electrode kinetics*  
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 20 (12), S. 8294–8301

**Emanuele Panizon, Torben Marx, Dirk Dietzel, Franco Pellegrini, Giuseppe E. Santoro, Andre Schirmeisen, Erio Tosatti** (2018):

*Friction anomalies at first-order transition spinodals: 1T-TaS<sub>2</sub>*  
NEW JOURNAL OF PHYSICS 20, 023033

**Jana P. Parras, Annalena R. Genreith-Schriever, Haiwu Zhang, Matthias T. Elm, Truls Norby, Roger A. de Souza** (2018):

*Is ReO<sub>3</sub> a mixed ionic-electronic conductor? A DFT study of defect formation and migration in a B<sup>VI</sup>O<sub>3</sub> perovskite-type oxide*  
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 20 (12), S. 8008–8015

**Jan M. Philipps, Sara Holzel, Pascal Hille, Jörg Schörmann, Sangam Chatterjee, Irina A. Buyanova, Martin Eickhoff, Detlev M. Hofmann** (2018):

*Photoelectrochemical response of GaN, InGaN, and GaNP nanowire ensembles*  
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 123, 175703

**Pengfei Qiu, Matthias T. Agne, Yongying Liu, Yaqin Zhu, Hongyi Chen, Tao Mao, Jiong Yang, Wenqing Zhang, Sossina M. Haile, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek, Ctirad Uher, Xun Shi, Lidong Chen, G. Jeffrey Snyder** (2018):

*Suppression of atom motion and metal deposition in mixed ionic electronic conductors*  
NATURE COMMUNICATIONS 9, 2910

**Nils W. Rosemann, Harald Locke, Peter R. Schreiner, Sangam Chatterjee** (2018):

*White-Light Generation through Nonlinear Optical Response of 1,3,5,7-Tetraphenyladamantane Amorphous versus Crystalline States*  
ADVANCED OPTICAL MATERIALS 6 (12), 1701162

**Christian Schneider, Dardan Ukaj, Raimund Koerver, A. Alec Talin, Gregor Kieslich, Sidharam P. Pujari, Han Zuilhof, Jürgen Janek, Mark D. Allendorf, Roland A. Fischer** (2018):

*High electrical conductivity and high porosity in a Guest@MOF material: evidence of TCNQ ordering within Cu<sub>3</sub>BTC<sub>2</sub> micropores*  
CHEMICAL SCIENCE 9 (37), S. 7405–7412

**Adrian Schürmann, Ronja Haas, Michael Murat, Natalia Kuritz, Moran Balaish, Yair Ein-Eli, Jürgen Janek, Amir Natan, Daniel Schröder** (2018):

*Diffusivity and Solubility of Oxygen in Solvents for Metal/Oxygen Batteries: A Combined Theoretical and Experimental Study*  
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 165 (13), A3095-A3099

**Simon Schweidler, Lea de Biasi, Alexander Schiele, Pascal Hartmann, Torsten Brezesinski, Jürgen Janek** (2018):

*Volume Changes of Graphite Anodes Revisited: A Combined Operando X-ray Diffraction and In Situ Pressure Analysis Study*  
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 122 (16), S. 8829–8835



**Fabian J. Simon, Leonard Blume, Matthias Hanauer, Ulrich Sauter, Jürgen Janek** (2018):  
*Development of a Wire Reference Electrode for Lithium All-Solid-State Batteries with Polymer Electrolyte: FEM Simulation and Experiment*  
 JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 165 (7), A1363-A1371

**Daniel Stock, Saustin Dongmo, Dominik Damtew, Martina Stumpp, Anastasiia Konovalova, Dirk Henkensmeier, Derck Schlettwein, Daniel Schröder** (2018):  
*Design Strategy for Zinc Anodes with Enhanced Utilization and Retention: Electrodeposited Zinc Oxide on Carbon Mesh Protected by Ionomeric Layers*  
 ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 1 (10), S. 5579–5588

**Daniel Stock, Saustin Dongmo, Kohei Miyazaki, Takeshi Abe, Jürgen Janek, Daniel Schröder** (2018):  
*Towards zinc-oxygen batteries with enhanced cycling stability: The benefit of anion-exchange ionomer for zinc sponge anodes*  
 JOURNAL OF POWER SOURCES 395, S. 195–204

**Daniel Stock, Saustin Dongmo, Felix Walther, Joachim Sann, Jürgen Janek, Daniel Schröder** (2018):  
*Homogeneous Coating with an Anion-Exchange Ionomer Improves the Cycling Stability of Secondary Batteries with Zinc Anodes*  
 ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 10 (10), S. 8640–8648

**Martina Stumpp, Dominik Damtew, Daniel Stock, Kevin Hess, Daniel Schröder, Derck Schlettwein** (2018):  
*Controlled Electrodeposition of Zinc Oxide on Conductive Meshes and Foams Enabling Its Use as Secondary Anode*  
 JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 165 (10), D461-D466

**Bing Sun, Constantin Pompe, Saustin Dongmo, Jinqiang Zhang, Katja Kretschmer, Daniel Schröder, Jürgen Janek, Guoxiu Wang** (2018):  
*Challenges for Developing Rechargeable Room-Temperature Sodium Oxygen Batteries*  
 ADVANCED MATERIALS TECHNOLOGIES 3 (9, SI)

**Pascal Voepel, Morten Weiss, Bernd M. Smarsly, Roland Marschall** (2018):  
*Photocatalytic activity of multiphase TiO<sub>2</sub>(B)/anatase nanoparticle heterojunctions prepared from ionic liquids*  
 JOURNAL OF PHOTOCHEMISTRY AND PHOTOBIOLOGY A-CHEMISTRY 366, S. 34–40.

**Ievgen Voloshenko, Florian Kuhl, Bruno Gompf, Angelika Polity, Gabriel Schnoering, Audrey Berrier, Martin Dressel** (2018):  
*Microscopic nature of the asymmetric hysteresis in the insulator-metal transition of VO<sub>2</sub> revealed by spectroscopic ellipsometry*  
 APPLIED PHYSICS LETTERS 113 (20), 201906

**Manuel Weiss, Dominik A. Weber, Anatoliy Senyshyn, Jürgen Janek, Wolfgang G. Zeier** (2018):  
*Correlating Transport and Structural Properties in Li<sub>1+x</sub>Al<sub>x</sub>Ge<sub>2-x</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (LAGP) Prepared from Aqueous Solution*  
 ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 10 (13), S. 10935–10944

**Morten Weiss, Thomas Bredow, Roland Marschall** (2018):  
*The Influence of Tin(II) Incorporation on Visible Light Absorption and Photocatalytic Activity in Defect-Pyrochlores*  
 CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 24 (69, SI), S. 18535–18543

**Tobias Weller, Leonie Deilmann, Jana Timm, Tobias S. Dörr, Peter A. Beaucage, Alexey S. Cherevan, Ulrich B. Wiesner, Dominik Eder, Roland Marschall** (2018):  
*A crystalline and 3D periodically ordered mesoporous quaternary semiconductor for photocatalytic hydrogen generation*  
 NANOSCALE 10 (7), S. 3225–3234

**Sebastian Wenzel, Stefan J. Sedlmaier, Christian Dietrich, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2018):  
*Interfacial reactivity and interphase growth of argyrodite solid electrolytes at lithium metal electrodes*  
 SOLID STATE IONICS 318, S. 102–112

**Junpei Yue, Felix M. Badaczewski, Pascal Voepel, Thomas Leichtweiß, Doreen Mollenhauer, Wolfgang G. Zeier, Bernd M. Smarsly** (2018):

*Critical Role of the Crystallite Size in Nanostructured  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  Anodes for Lithium-Ion Batteries*

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 10 (26), S. 22580–22590

**Wenbo Zhang, Felix H. Richter, Sean P. Culver, Thomas Leichtweiß, Juan G. Lozano, Christian Dietrich, Peter G. Bruce, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2018):

*Degradation Mechanisms at the  $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}/\text{LiCoO}_2$  Cathode Interface in an All-Solid-State Lithium-Ion Battery*

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 10 (26), S. 22226–22236

**Zhizhen Zhang, Yuanjun Shao, Bettina Lotsch, Yong-Sheng Hu, Hong Li, Jürgen Janek, Linda F. Nazar, Ce-Wen Nan, Joachim Maier, Michel Armand, Liquan Chen** (2018):

*New horizons for inorganic solid state ion conductors*

ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE 11 (8), S. 1945–1976

**Qigang Zhong, Daniel Ebeling, Jalmir Tschakert, Yixuan Gao, Deliang Bao, Shixuan Du, Chen Li, Lifeng Chi, Andre Schirmeisen** (2018):

*Symmetry breakdown of 4,4''-diamino-p-terphenyl on a Cu(111) surface by lattice mismatch*

NATURE COMMUNICATIONS 9, 3277

**2019 Marcel J. S. Abb, Tim Weber, Lorena Glatthaar, Herbert Over** (2019):

*Growth of Ultrathin Single-Crystalline  $\text{IrO}_2(110)$  Films on a  $\text{TiO}_2(110)$  Single Crystal*

LANGMUIR 35 (24), S. 7720–7726

**Sebastian Ahles, Julia Ruhl, Marcel A. Strauss, Hermann A. Wegner** (2019):

*Combining Bidentate Lewis Acid Catalysis and Photochemistry: Formal Insertion of o-Xylene into an Enamine Double Bond*

ORGANIC LETTERS 21 (11), S. 3927–3930

**Shamail Ahmed, Anuj Pokle, Simon Schweidler, Andreas Beyer, Matteo Bianchini, Felix Walther, Andrey Mazilkin, Pascal Hartmann, Torsten Brezesinski, Jürgen Janek, Kerstin Volz** (2019):

*The Role of Intragranular Nanopores in Capacity Fade of Nickel-Rich Layered  $\text{Li}(\text{Ni}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Mn}_y)\text{O}_2$  Cathode Materials*

ACS NANO 13 (9), S. 10694–10704

**Felix Badaczewski, Marc O. Loeh, Torben Pfaff, S. Dobrotka, Dirk Wallacher, Daniel Clemens, Joachim Metz, Bernd M. Smarsly** (2019):

*Peering into the structural evolution of glass-like carbons derived from phenolic resin by combining small-angle neutron scattering with an advanced evaluation method for wide-angle X-ray scattering*

CARBON 141, S. 169–181

**Timo Bartsch, A-Young Kim, Florian Strauss, Lea de Biasi, Jun Hao Teo, Jürgen Janek, Pascal Hartmann, Torsten Brezesinski** (2019):

*Indirect state-of-charge determination of all-solid-state battery cells by X-ray diffraction*

CHEMICAL COMMUNICATIONS 55 (75), S. 11223–11226

**Giuliana Beck, Melanie Sieland, J. Fabian Beleites, Roland Marschall, Bernd M. Smarsly** (2019):

*Independent Tailoring of Macropore and Mesopore Space in  $\text{TiO}_2$  Monoliths*

INORGANIC CHEMISTRY 58 (4), S. 2599–2609

**Martin Becker, Phillip Riedl, Julian Kaupe, Fabian Michel, Angelika Polity, Slobodan Mitic** (2019):

*Assessing a growth anomaly in ion-beam sputtered non-stoichiometric  $\text{NiO}_x$*

JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 126, 3277

**Martin Becker, Robert Hamann, David Hartung, C. Voget-Grote, Swen Graubner, P. Hoffmann, Carsten Ronning, Angelika Polity, Peter J. Klar** (2019):

*Controlling the p-type conductivity of SnO by doping with nitrogen and hydrogen*

JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 125, 3277

**Martin Becker, Mario Gies, Angelika Polity, Sangam Chatterjee, Peter J. Klar** (2019):

*Materials processing using radio-frequency ion-sources: Ion-beam sputter-deposition and surface treatment*

REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 90, 3277

**Jan-Philipp Berndt, Annika Engel, Radim Hrdina, Stefanie Dehnen, Peter R. Schreiner** (2019):

*Azido-Adamantyl Tin Sulfide Clusters for Bioconjugation*

ORGANOMETALLICS 38 (2), S. 329–335

**Tim Bernges, Jan Peilstöcker, Moinak Dutta, Saneyuki Ohno, Sean P. Culver, Kanishka Biswas, Wolfgang G. Zeier** (2019):

*Local Structure and Influence of Sb Substitution on the Structure-Transport Properties in AgBiSe<sub>2</sub>*

INORGANIC CHEMISTRY 58 (14), S. 9236–9245

**Matteo Bianchini, Maria Roca-Ayats, Pascal Hartmann, Torsten Brezesinski, Jürgen Janek** (2019):

*There and Back Again—The Journey of LiNiO<sub>2</sub> as a Cathode Active Material*

ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 58 (31), S. 10434–10458

**Lea de Biasi, Alexander Schiele, Maria Roca-Ayats, Grecia Garcia, Torsten Brezesinski, Pascal Hartmann, Jürgen Jaenek** (2019):

*Phase Transformation Behavior and Stability of LiNiO<sub>2</sub> Cathode Material for Li-Ion Batteries Obtained from InSitu Gas Analysis and Operando X-Ray Diffraction*

CHEMSUSCHEM 12 (10), S. 2240–2250

**Anja Bielefeld, Dominik A. Weber, Jürgen Janek** (2019):

*Microstructural Modeling of Composite Cathodes for All-Solid-State Batteries*

JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 123 (3), S. 1626–1634

**Chokri Boumrifak, Chong Yang, Silvia Bellotto, Hermann A. Wegner, Josef Wachtveitl, Andreas Dreuw, Chavdar Slavov** (2019):

*Isomerization Dynamics of Electronically Coupled but Thermodynamically Decoupled Bisazobenzenes*

CHEMPHOTOCHEM 3 (6), S. 411–417

**Simon Burkhardt, Markus S. Friedrich, Janis K. Eckhardt, Amalia C. Wagner, Nicole Bohn, Joachim R. Binder, Limei Chen, Matthias T. Elm, Jürgen Janek, Peter J. Klar** (2019):

*Charge Transport in Single NCM Cathode Active Material Particles for Lithium-Ion Batteries Studied under Well-Defined Contact Conditions*

ACS ENERGY LETTERS 4 (9), S. 2117–2123

**Pascal Cop, Markus Goettlicher, Jörg Schörmann, Cedric Boissiere, Andreas Beyer, Celina Becker, Kerstin Volz, Herbert Over, Bernd M. Smarsly** (2019):

*Atomic Layer Deposition of Titania in Ordered Mesoporous Cerium Zirconium Oxide Thin Films: A Case Study*

JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 123 (20), S. 12851–12861

**Sean P. Culver, Raimund Koerver, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2019):

*On the Functionality of Coatings for Cathode Active Materials in Thiophosphate-Based All-Solid-State Batteries*

ADVANCED ENERGY MATERIALS 9 (24), 3277

**Natalie Dehnhardt, Philip Klement, Sangam Chatterjee, Johanna Heine** (2019):

*Divergent Optical Properties in an Isomorphous Family of Multinary Iodido Pentelates*

INORGANIC CHEMISTRY 58 (16), S. 10983–10990

**Stefano Diodati, Jörg Hennemann, Fernando Fresno, Stefano Gialanella, Paolo Dolcet, Urska Lavrencic Stangar, Bernd M. Smarsly, Silvia Gross** (2019):

*Easy and Green Route towards Nanostructured ZnO as an Active Sensing Material with Unexpected H<sub>2</sub>S Dosimeter-Type Behaviour*

EUROPEAN JOURNAL OF INORGANIC CHEMISTRY (6), S. 837–846

**Paolo Dolcet, Kristin Kirchberg, Alice Antonello, Christian Suchomski, Roland Marschall, Stefano Diodati, Rafael Munoz-Espi, Katharina Landfester, Silvia Gross** (2019):

*Exploring wet chemistry approaches to ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel ferrite nanoparticles with different inversion degrees: a comparative study*

INORGANIC CHEMISTRY FRONTIERS 6 (6), S. 1527–1534

**Eike Dornsiepen, Florian Dobener, Nils Mengel, Olena Lenchuk, Christof Dues, Simone Sanna, Doreen Mollenhauer, Sangam Chatterjee, Stefanie Dehnen** (2019):

*White-Light Generation Upon In-Situ Amorphization of Single Crystals of [(Me<sub>3</sub>P)<sub>3</sub>AuSn](PhSn)<sub>3</sub>S<sub>6</sub>] and [(Et<sub>3</sub>P)<sub>3</sub>AgSn](PhSn)<sub>3</sub>S<sub>6</sub>]*

ADVANCED OPTICAL MATERIALS 7 (12), 3277

**Katharina Dort, Kathrin Kroth, Peter J. Klar** (2019):

*A surface-enhanced Raman-spectroscopic study: Verification of the interparticle gap dependence of field enhancement by triangulation of spherical gold nanoparticle trimers*

JOURNAL OF RAMAN SPECTROSCOPY, in print

**Christof Dues, Wolf Gero Schmidt, Simone Sanna** (2019):

*Water Splitting Reaction at Polar Lithium Niobate Surfaces.*

ACS OMEGA 4 (2), S. 3850–3859

**Daniel Ebeling, Qigang Zhong, Tobias Schloeder, Jalmar Tschakert, Pascal Henkel, Sebastian Ahles, Lifeng Chi, Doreen Mollenhauer, Hermann A. Wegner, Andre Schirmeisen** (2019):

*Adsorption Structure of Mono- and Diradicals on a Cu(111) Surface: Chemoselective Dehalogenation of 4-Bromo-3''-iodo-*p*-terphenyl*

ACS NANO 13 (1), S. 324–336

**Hong-Ying Gao, Marina Sekutor, Lacheng Liu, Alexander Timmer, Hannah Schreyer, Harry Moenig, Saeed Amirjalayer, Natalie A. Fokina, Armido Studer, Peter R. Schreiner, Harald Fuchs** (2019):

*Diamantane Suspended Single Copper Atoms*

JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 141 (1), S. 315–322

**Michael Ghidui, Justine Ruhl, Sean P. Culver, Wolfgang G. Zeier** (2019):

*Solution-based synthesis of lithium thiophosphate superionic conductors for solid-state batteries: a chemistry perspective*

JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 7 (30), S. 17735–17753

**Xin Gong, Maurice Taszarek, Luise Schefzig, Hans-Ulrich Reissig, Steffen Thierbach, Bernhard Wassermann, Christina Graf, Doreen Mollenhauer, Eckart Ruehl** (2019):

*Adsorption of Mono- and Divalent 4-(Dimethylamino)pyridines on Gold Surfaces: Studies by Surface-Enhanced Raman Scattering and Density Functional Theory*

LANGMUIR 35 (26), S. 8667–8680

**Ekrem Guenes, Felix Gundlach, Matthias T. Elm, Peter J. Klar, Sabine Schlecht, Matthias S. Wickleder, Eckhard Müller** (2019):

*Nanostructured Composites of Bi<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub> Nanoparticles and Carbon Nanotubes and the Characterization of Their Thermoelectric Properties*

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 9 (51), S. 44756–44765

**Ronja Haas, Constantin Pompe, Markus Osenberg, Andre Hilger, Ingo Manke, Boris Mogwitz, Urmimala Maitra, Daniel Langsdorf, Daniel Schröder** (2019):  
*Practical Implications of Using a Solid Electrolyte in Batteries with a Sodium Anode: A Combined X-Ray Tomography and Model-Based Study*  
 ENERGY TECHNOLOGY 7 (7), 3277

**Benedikt Halbig, Utz Bass, Jean Geurts, Simone Sanna** (2019):  
*Vibration signatures of the structural phase transition of Sn/Ge(111) compared to Sn/Si(111)*  
 PHYSICAL REVIEW B 100, 035437

**Felix Hartmuth, Dirk Dietzel, Astrid S. de Wijn, Andre Schirmeisen** (2019):  
*Friction vs. Area Scaling of Superlubric NaCl-Particles on Graphite*  
 LUBRICANTS 7 (8), 66

**Andreas H. Heindl, Jonathan Becker, Hermann A. Wegner** (2019):  
*Selective switching of multiple azobenzenes*  
 CHEMICAL SCIENCE 10 (31), S. 7418–7425

**Ralph A. Henning, Patrick Uredat, Christopher Simon, Andre Bloesser, Pascal Cop, Matthias T. Elm, Roland Marschall** (2019):  
*Characterization of  $MFe_2O_4$  ( $M = Mg, Zn$ ) Thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposition for Photoelectrochemical Applications*  
 JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 123 (30), S. 18240–18247

**Jasmin Martha Herr, Carina Roessiger, Georg Albrecht, Hisao Yanagi, Richard Göttlich** (2019):  
*Solvent-free microwave-assisted synthesis of imidazo[1,5-a]pyridine and -quinoline derivatives*  
 SYNTHETIC COMMUNICATIONS, S. 2931-2940

**Rasmus Himstedt, Dominik Hinrichs, Joachim Sann, Anica Weller, Georg Steinhauser, Dirk Dorfs** (2019):  
*Halide ion influence on the formation of nickel nanoparticles and their conversion into hollow nickel phosphide and sulphide nanocrystals*  
 NANOSCALE 11 (32), S. 15104–15111

**Jonas D. Hofmann, Daniel Schröder** (2019):  
*Which Parameter is Governing for Aqueous Redox Flow Batteries with Organic Active Material?*  
 CHEMIE INGENIEUR TECHNIK 91 (6, SI), S. 786–794

**Conor Hogan, Kris Holtgrewe, Fabio Ronci, Stefano Colonna, Simone Sanna, Paolo Moras, Polina M. Sheverdyeva, Sanjoy Mahatha, Marco Papagno, Ziya S. Aliev, Mahammad Babanly, Evgeni V. Chulkov, Carlo Carbone, Roberto Flammini** (2019):  
*Temperature Driven Phase Transition at the Antimonene/ $Bi_2Se_3$  van der Waals Heterostructure*  
 ACS NANO 13 (9), S. 10481–10489

**Kris Holtgrewe, Stephan Appelfeller, Martin Franz, Mario Dähe, Simone Sanna** (2019):  
*Structure and one-dimensional metallicity of rare-earth silicide nanowires on Si(001)*  
 PHYSICAL REVIEW B 99, 214104

**Thorben Krauskopf, Boris Mogwitz, Carolin Rosenbach, Wolfgang C. Zeier, Jürgen Janek** (2019):  
*Diffusion Limitation of Lithium Metal and Li-Mg Alloy Anodes on LLZO Type Solid Electrolytes as a Function of Temperature and Pressure*  
 ADVANCED ENERGY MATERIALS 9 (44), 1902568

**Thorben Krauskopf, Rabea Dippel, Hannah Hartmann, Klaus Peppler, Boris Mogwitz, Felix H. Richter, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2019):  
*Lithium-Metal Growth Kinetics on LLZO Garnet-Type Solid Electrolytes*  
 JOULE 3 (8), S. 2030–2049

**Thorben Krauskopf, Hannah Hartmann, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2019):

*Toward a Fundamental Understanding of the Lithium Metal Anode in Solid-State Batteries-An Electrochemo-Mechanical Study on the Garnet-Type Solid Electrolyte  $\text{Li}_{6.25}\text{Al}_{0.25}\text{La}_3\text{Zr}_3\text{O}_{12}$*

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 11 (15), S. 14463-14477

**Anne Kunz, Andreas H. Heindl, Ambra Dreos, Zhihang Wang, Kasper Moth-Poulsen, Jonathan Becker, Hermann A. Wegner** (2019):

*Intermolecular London Dispersion Interactions of Azobenzene Switches for Tuning Molecular Solar Thermal Energy Storage Systems*

CHEMPLUSCHEM, 84 (8), S. 1145-1148

**Francesco Lamberti, Teresa Gatti, Enrico Cescon, Roberto Sorrentino, Antonio Rizzo, Enzo Menna, Gaudenzio Meneghesso, Moreno Meneghetti, Annamaria Petrozza, Lorenzo Franco** (2019):

*Evidence of Spiro-OMeTAD De-doping by tert-Butylpyridine Additive in Hole-Transporting Layers for Perovskite Solar Cells*

CHEM 5 (7), S. 1806-1817

**Olena Lenchuk, Philipp Adelhelm, Doreen Mollenhauer** (2019):

*New insights into the origin of unstable sodium graphite intercalation compounds*

PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 21 (35), S. 19378-19390

**Olena Lenchuk, Philipp Adelhelm, Doreen Mollenhauer** (2019):

*Comparative study of density functionals for the description of lithium-graphite intercalation compounds*

JOURNAL OF COMPUTATIONAL CHEMISTRY 40 (27), S. 2400-24012

**Zhenpin Lu, Henrik Quanz, Julia Ruhl, Georg Albrecht, Christian Logemann, Derck Schlettwein, Peter R. Schreiner, Hermann A. Wegner** (2019):

*Control of Excited-State Conformations in B,N-Acenes*

ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 58 (13), S. 4259-4263

**Valon Lushta, Dirk Dietzel, Bernhard Roling, Andre Schirmeisen** (2019):

*Nanoscale Characterization of Ion Mobility by Temperature-Controlled Li-Nanoparticle Growth*

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 11 (5), S. 5476-5483

**Daniel Martin-Jimenez, Sebastian Ahles, Doreen Mollenhauer, Hermann A. Wegner, Andre Schirmeisen, Daniel Ebeling** (2019):

*Bond-Level Imaging of the 3D Conformation of Adsorbed Organic Molecules Using Atomic Force Microscopy with Simultaneous Tunneling Feedback*

PHYSICAL REVIEW LETTERS 122, 035437

**Nicolo Minafra, Sean P. Culver, Cheng Li, Anatoliy Senyshyn, Wolfgang G. Zeier** (2019):

*Influence of the Lithium Substructure on the Diffusion Pathways and Transport Properties of the Thio-LISICON  $\text{Li}_4\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x\text{S}_4$*

CHEMISTRY OF MATERIALS 31 (10), S. 3794-3802

**Oana Moncea, Juan Casanova-Chafer, Didier Poinso, Lukas Ochmann, Cleve D. Mboyi, Houssein O. Nasrallah, Eduard Llobet, Imen Makni, Molka El Atrous, Stéphane Brandès, Yoann Rousselin, Bruno Domenichini, Nicolas Nuns, Andrey A. Fokin, Peter R. Schreiner, Jean-Cyrille Hierso** (2019):

*Diamondoid Nanostructures as  $sp^3$ -Carbon-Based Gas Sensors*

ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 58 (29), S. 9933-9938

**Robert Müller, Anja Henß, Marian Kampschulte, Marcus Rohnke, Alexander C. Langheinrich, Christian Heiss, Jürgen Janek, Axel Voigt, Hans J. Wilke, Anita Ignatius, Julian Herfurth, Thaqif El Khassawna, Andreas Deutsch** (2019):

*Analysis of microscopic bone properties in an osteoporotic sheep model: a combined biomechanics, FE and ToF-SIMS study*

JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY INTERFACE 16, 20180793

**Sokseiha Muy, Johannes Voss, Roman Schlem, Raimund Koerver, Stefan J. Sedlmaier, Filippo Maglia, Peter Lamp, Wolfgang G. Zeier, Yang Shao-Horn** (2019):  
*High-Throughput Screening of Solid-State Li-Ion Conductors Using Lattice-Dynamics Descriptors*  
 ISCIENCE 16, S. 270-282

**Takashi Nakamura, Koji Amezawa, Joern Kulisch, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2019):  
*Guidelines for All-Solid-State Battery Design and Electrode Buffer Layers Based on Chemical Potential Profile Calculation*  
 ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 11 (22), S. 19968-19976

**Sven Neudeck, Florian Strauss, Grecia Garcia, Hannes Wolf, Jürgen Janek, Pascal Hartmann, Torsten Brezesinski** (2019):  
*Room temperature, liquid-phase Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> surface coating approach for Ni-rich layered oxide cathode material*  
 CHEMICAL COMMUNICATIONS 55 (15), S. 2174-2177

**Saneyuki Ohno, Bianca Helm, Till Fuchs, Georg Dewald, Marvin A. Kraft, Sean P. Culver, Anatoliy Senyshyn, Wolfgang G. Zeier** (2019):  
*Further Evidence for Energy Landscape Flattening in the Superionic Argyrodites Li<sub>6+x</sub>P<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>S<sub>5</sub>I (M = Si, Ge, Sn)*  
 CHEMISTRY OF MATERIALS 31 (13), S. 4936-4944

**Saneyuki Ohno, Raimund Koerver, Georg Dewald, Carolin Rosenbach, Paul Titscher, Dominik Steckermeier, Arno Kwade, Jürgen Janek, Wolfgang G. Zeier** (2019):  
*Observation of Chemomechanical Failure and the Influence of Cutoff Potentials in All-Solid-State Li-S Batteries*  
 CHEMISTRY OF MATERIALS 31 (8), S. 2930-2940

**Torben Pfaff, Felix M. Badaczewski, Marc O. Loeh, Alexandra Franz, Jens-Uwe Hoffmann, Manfred Reehuis, Wolfgang G. Zeier, Bernd M. Smarsly** (2019):  
*Comparative Microstructural Analysis of Nongraphitic Carbons by Wide-Angle X-ray and Neutron Scattering*  
 JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 123 (33), S. 20532-20546

**Ekashmi Rathore, Rinkle Juneja, Sean P. Culver, Nicolo Minafra, Abhishek K. Singh, Wolfgang G. Zeier, Kanishka Biswas** (2019):  
*Origin of Ultralow Thermal Conductivity in n-Type Cubic Bulk AgBiS<sub>2</sub>: Soft Ag Vibrations and Local Structural Distortion Induced by the Bi 6s<sup>2</sup> Lone Pair*  
 CHEMISTRY OF MATERIALS 31 (6), S. 2106-2113

**Raffael Ruess, Jonas Horn, Andreas Ringleb, Derck Schlettwein** (2019):  
*Efficient Electron Collection by Electrodeposited ZnO in Dye-Sensitized Solar Cells with TEMPO<sup>+I0</sup> as the Redox Mediator*  
 JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 123 (36), S. 22074-22082

**Raffael Ruess, Sabina Scarabino, Andreas Ringleb, Kazuteru Nonomura, Nick Vlachopoulos, Anders Hagfeldt, Gunther Wittstock, Derck Schlettwein** (2019):  
*Diverging surface reactions at TiO<sub>2</sub>- or ZnO-based photoanodes in dye-sensitized solar cells*  
 PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 21 (24), S. 13047-13057

**Roman Schlem, Paul Till, Manuel Weiss, Thorben Krauskopf, Sean P. Culver, Wolfgang G. Zeier** (2019):  
*Ionic Conductivity of the NASICON-Related Thiophosphate Na<sub>1+x</sub>Ti<sub>2-x</sub>Ga<sub>x</sub>(PS<sub>4</sub>)<sub>3</sub>*  
 CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 25 (16), S. 4143-4148

**Falko Schmidt, Arthur Riefer, Wolf Gero Schmidt, Arno Schindlmayr, Mirco Imlau, Florian Dobener, Nils Mengel, Sangam Chatterjee, Simone Sanna** (2019):  
*Quasiparticle and excitonic effects in the optical response of KNbO<sub>3</sub>*  
 PHYSICAL REVIEW MATERIALS 3, 054401

**Philipp Schurig, Marcel Couturier, Martin Becker, Angelika Polity, Peter Jens Klar** (2019):

*Optimizing the Stoichiometry of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Grown by RF-Magnetron Sputter Deposition by Correlating Optical Properties and Growth Parameters*

PHYSICA STATUS SOLIDI A-APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE 216 (20), 1900385

**Christoph Seitz, Sebastian Werner, Roland Marschall, Bernd M. Smarsly** (2019):

*Electrospun CuO Nanofibre Assemblies for H<sub>2</sub>S Sensing*

ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIKALISCHE CHEMIE-INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN PHYSICAL CHEMISTRY & CHEMICAL PHYSICS 233 (1), S. 105–116

**Lijuan Song, Juliane Schoening, Christoph Woelper, Stephan Schulz, Peter R. Schreiner** (2019):

*Role of London Dispersion Interactions in Ga-Substituted Dipnictenes*

ORGANOMETALLICS 38 (7), S. 1640–1647

**Daniel Stock, Saustin Dongmo, Jürgen Janek, Daniel Schröder** (2019):

*Benchmarking Anode Concepts: The Future of Electrically Rechargeable Zinc-Air Batteries*

ACS ENERGY LETTERS 4 (6), S. 1287–1300

**Daniel Stock, Constantin Pompe, Daniel Schröder** (2019):

*Operando Analysis of Reactant Conversion and Material Stability in Next-Generation Batteries*

CHEMIE INGENIEUR TECHNIK 91 (5), S. 555–559

**Marcel A. Strauss, Hermann A. Wegner** (2019):

*Influence of an Ammonium Tag on the Switching Dynamics of Azobenzenes in Polar Solvents*

CHEMPHOTOCHEM 3 (6), S. 392–395

**Bing Sun, Pan Xiong, Urmimala Maitra, Daniel Langsdorf, Kang Yan, Chengyin Wang, Jürgen Janek, Daniel Schröder, Guoxiu Wang** (2019):

*Design Strategies to Enable the Efficient Use of Sodium Metal Anodes in High-Energy Batteries*

ADVANCED MATERIALS, 1903891

**He Sun, Raffael Ruess, Derck Schlettwein, Tsukasa Yoshida** (2019):

*Influence of Crystal Facets (102) or (100) on Photoelectrochemical Kinetics of ZnO Nanocrystals in Dye-Sensitized Solar Cells*

JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 166 (9), B3290-B3294

**Yu Sun, Chenwei Li, Igor Djerdj, Omeir Khalid, Pascal Cop, Joachim Sann, Tim Weber, Sebastian Werner, Kevin Turke, Yanglong Guo, Bernd M. Smarsly, Herbert Over** (2019):

*Oxygen storage capacity versus catalytic activity of ceria-zirconia solid solutions in CO and HCl oxidation*

CATALYSIS SCIENCE & TECHNOLOGY 9 (9), S. 2163–2172

**Patrick Uredat, Pascal Hille, Jörg Schörmann, Martin Eickhoff, Peter J. Klar, Matthias T. Elm** (2019):

*Consistent description of mesoscopic transport: Case study of current-dependent magnetoconductance in single GaN:Ge nanowires*

PHYSICAL REVIEW B 100, 085409

**Julian Veletas, Thilo Hepp, Kerstin Volz, Sangam Chatterjee** (2019):

*Bismuth surface segregation and disorder analysis of quaternary (Ga,In)(As,Bi)/InP alloys*

JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 126, 135705

**Felix Walther, Raimund Koerver, Till Fuchs, Saneyuki Ohno, Joachim Sann, Marcus Rohnke, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek** (2019):

*Visualization of the Interfacial Decomposition of Composite Cathodes in Argyrodite-Based All-Solid-State Batteries Using Time-of-Flight Secondary-Ion Mass Spectrometry*

CHEMISTRY OF MATERIALS 31 (10), S. 3745–3755



**Teng Wang, Jinwen He, Jinying Guo, Xinke Wang, Shengfei Feng, Florian Kuhl, Martin Becker, Angelika Polity, Peter J. Klar, Yan Zhang (2019):**

*Thermally switchable terahertz wavefront metasurface modulators based on the insulator-to-metal transition of vanadium dioxide*

OPTICS EXPRESS 27 (15), S. 20347–20357

**Marcel Weinhold, Sangam Chatterjee, Peter J. Klar (2019):**

*Modifying graphene's lattice dynamics by hot-electron injection from single gold nanoparticles*

COMMUNICATIONS PHYSICS 2, 18

**Manuel Weiss, Beatrix-Kamelia Seidlhofer, Matthias Geiss, Clemens Geis, Martin R. Busche, Maximilian Becker, Nella M. Vargas-Barbosa, Luca Silvi, Wolfgang G. Zeier, Daniel Schröder, Jürgen Janek (2019):**

*Unraveling the Formation Mechanism of Solid-Liquid Electrolyte Interphases on LiPON Thin Films*

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 11 (9), S. 9539–9547

**Takahiro Yoshinari, Raimund Koerver, Patrick Hofmann, Yoshiharu Uchimoto, Wolfgang G. Zeier, Jürgen Janek (2019):**

*Interfacial Stability of Phosphate-NASICON Solid Electrolytes in Ni-Rich NCM Cathode-Based Solid-State Batteries*

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 11 (26), S. 23244–23253

**Qigang Zhong, Yunbin Hu, Kaifeng Niu, Haiming Zhang, Biao Yang, Daniel Ebeling, Jalmar Tschakert, Tao Cheng, Andre Schirmeisen, Akimitsu Narita, Klaus Müllen, Lifeng Chi (2019):**

*Benzo-Fused Periacenes or Double Helicenes? Different Cyclodehydrogenation Pathways on Surface and in Solution*

JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 141 (18), S. 7399–7406

## Impressum

### Zentrum für Materialforschung – Center for Materials Research

Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Heinrich-Buff-Ring 16  
 35392 Gießen  
 Telefon +49 641 99 33 601  
 info@lma.uni-giessen.de  
 www.uni-giessen.de/lama

### Herausgeber

Prof. Dr. Jürgen Janek  
*Geschäftsführender Direktor*

### Agentur

NIGGEMANN KOMMUNIKATION, Wetzlar

### Konzeption & Gestaltung

Isabelle Laxa-Breuer

### Bildnachweis

AG Elm, P. Uredat: Seite 14  
 AG Ionenantriebe: Seite 30, 33 oben & mitte  
 AG Schirmeisen, D. Ebeling: Seite 15  
 AG Volz, Uni Marburg: Seite 15  
 Andrea Tschirsch: Seite 23  
 Benjamin Lotz: Seite 27  
 Eric Gutz: Seite 89 unten  
 Hero Images Inc., Alamy Stock Foto: Seite 88 Hintergrund Plakat  
 Hirokazu Tada, University Osaka, Japan: Seite 55 oben & unten  
 Jeweilige Mitarbeiter\*innen: Seite 94–113  
 Jürgen Schmidt-Lohmann: Seite 62, 65 oben, 82, 83  
 KIT, Daniel Meßling: Seite 21  
 Liu Shuang, Jilin University, China: Seite 57 oben  
 Martin Güngerich: Seite 40, 47, 50 oben links & rechts, 63 oben links & rechts, 64 mitte rechts, 74, 88, 89 oben  
 Methodenplattform ELCH, Boris Mogwitz: Seite 36/37, 92/93  
 MiNaLab: Seite 8/9, 16/17, 52/53, 60/61, 68/69, 78/79, 84/85, 114/115  
 Privat: Seite 45, 50, 58 unten, 59 oben & unten, 91  
 Ralf Niggemann: Titel/Umschlag, Seite 7, 10, 12, 13, 19, 22, 29, 34, 38, 39, 43, 44, 48, 51 Hintergrund, 56, 65 unten, 71, 72, 73, 75, 76 rechts, 77, 90  
 Rolf K. Wegst: Seite 27, 28 links, 42, 50 unten links & rechts, 58 oben  
 Standret, © standret – stock.adobe.com: Seite 87  
 Thomas Leichtweiß: Seite 18, 20, 57 oben, 64 oben & unten, 66, 76, 81  
 Torsten Henning: Seite 76 links

### Druck

Jürgen Haas Print Consulting e. K., Bad Endbach

### Auflage

200 Exemplare





Zentrum für Materialforschung – Center for Materials Research  
Heinrich-Buff-Ring 16  
Telefon +49 (0)641 99 33 601  
[info@lma.uni-giessen.de](mailto:info@lma.uni-giessen.de)  
[www.uni-giessen.de/lama](http://www.uni-giessen.de/lama)