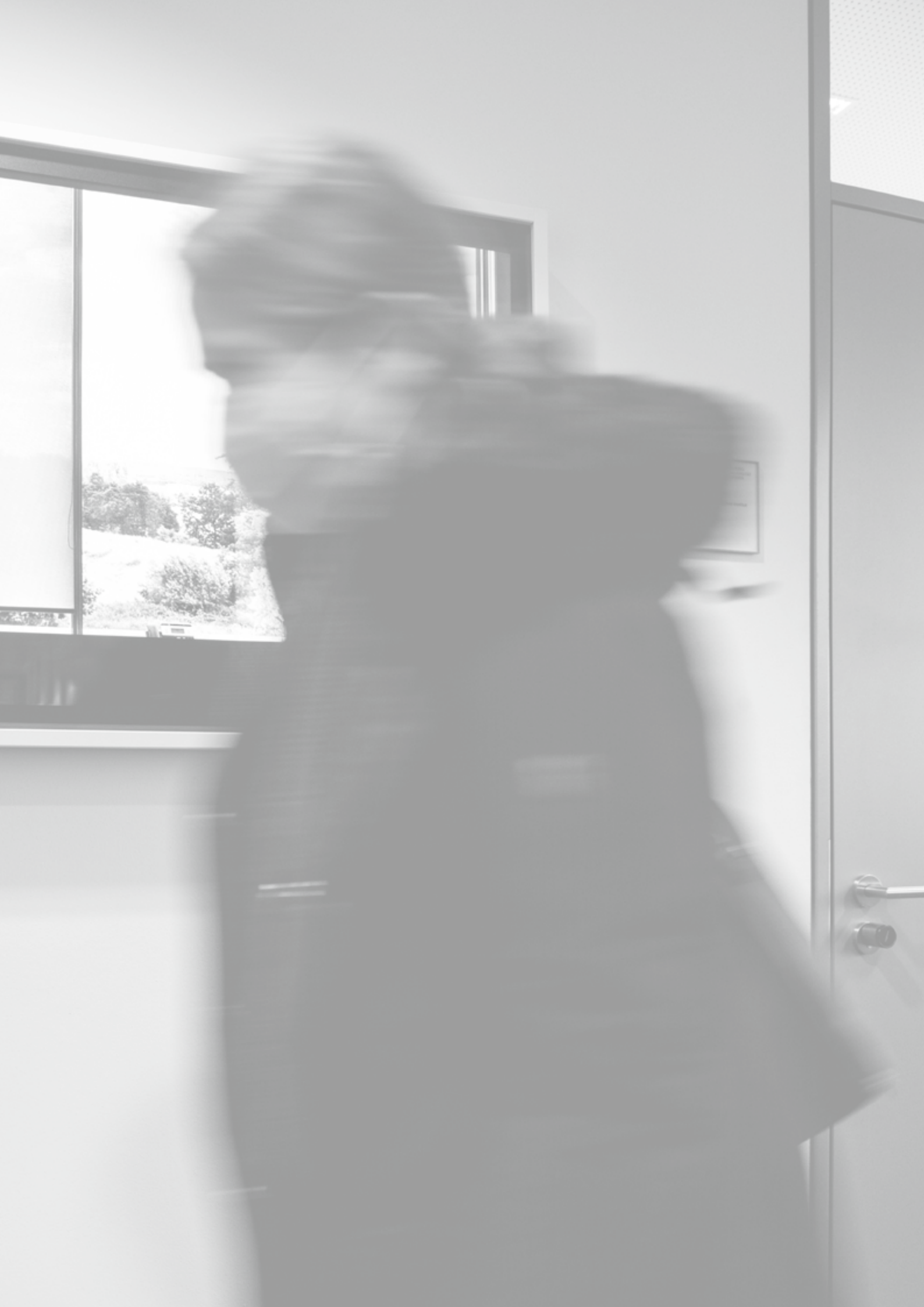


ZENTRUM FÜR MATERIALFORSCHUNG
JAHRESBERICHT 2020/2021



Jahresbericht 2020/2021

des Zentrums für Materialforschung – ZfM

Ein Rückblick

Das Bild auf der Titelseite soll an die besonderen Arbeitsbedingungen im ZfM unter den Einschränkungen der Coronavirus-Pandemie erinnern. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit hat unter den Kontaktbeschränkungen besonders gelitten, und der rückwärtsgerichtete Blick und Schritt soll die Hoffnung auf das erfolgreiche Überstehen einer mehr als zwei Jahre andauernden Krise andeuten.

Inhalt

- 004 Vorwort
- 007 Grußwort des Präsidenten

Das Zentrum für Materialforschung

008-019

- 011 Das Zentrum für Materialforschung
- 012 Aufgaben und Ziele
- 014 Forschungsthemen und Forschungsstrategie im ZfM

Highlights & Projekte

020-037

- 022 Forschungsbau „Giessen Center for Electrochemical Materials Research“
- 024 Prinzipien oberflächengestützter Synthesestrategien „LOEWE-PriOSS“
- 026 EFRE-Innovationslabor „Hochleistungswerkstoffe“
- 029 High-end Oberflächenanalytik für die Batterieforschung
- 030 Grenzflächenanalyse von Energiespeichermaterialien
- 032 „FestBatt II“ – Der nächste Schritt auf dem Weg zur Batterie der Zukunft
- 034 SIMS, Plasmen & Materialien
- 036 Horizon 2020 FET-PROACTIVE Projekt „LIGHT-CAP“

Wissenschaftlicher Nachwuchs

038-051

- 040 Nachwuchsförderung
- 042 Arbeitsgruppe „Quantennanophotonik“
- 044 Arbeitsgruppe „Hybrid-Materialien für elektrochemische Energiespeicher“
- 046 Arbeitsgruppe „Dünnschichttechnologie“
- 048 Data Science - Forschung und Lehre
- 050 Die Promotionsplattform PriMa

Methodenplattformen

052-063

- 055 Die Methodenplattformen
- 056 Die etablierten Plattformen
- 058 Methodenplattform Rastersondenmethoden „Sonde“
- 060 Assoziierte Plattform „Analytik Organischer Materialien“
- 061 Neues M6 Hybrid-SIMS der Plattform „ELCH“
- 063 Ausbau der Atomic Layer Deposition (ALD)

Netzwerke & Kooperationen

064-075

- 066 Netzwerke & Kooperationen
- 068 Kooperation mit der BASF SE
- 070 Kooperation mit der Ariane Group
- 072 Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- 074 Gesprächsrunde des Kompetenznetzwerks Lithiumionen-Batterien zum Thema Festkörperbatterien

Outreach

076-089

- 078 Festkolloquium nach erfolgreicher Begutachtung des ZfM
- 081 DPG-Industriegespräche Mittelhessen
- 083 LaMa-Kolloquium Data Science
- 083 SSB 4.0 – Solid-State Batteries 4.0 from Fundamentals to Application
- 088 „Materials' world“ – der Podcast des ZfM

Internationalisierung

090-099

- 092 Internationalisierung – Ungewollt auf zu neuen Wegen
- 093 Liebig-Professur für Linda Nazar
- 094 Mercator-Professur für Michael M. Haley
- 095 Liebig-Professur für Mogens Brøndsted Nielsen
- 096 Incomings
- 098 Outgoings

Expertinnen & Experten des ZfM & ihre Forschungsthemen

100-115

Publikationen

116-139

- 118 Publikationen 2020/2021

Impressum

140

- 140 Impressum

Vorwort

Die beiden Jahre 2020 und 2021 waren für das Zentrum für Materialforschung von besonderer Bedeutung. Ende 2020 endete die fünfjährige Aufbauphase, die vom Land Hessen im Rahmen eines Projektes des „Innovations- und Strukturentwicklungsbudgets“ gefördert wurde. Sie fand ihren erfolgreichen Abschluss in einer Evaluierung durch hochrangige externe Gutachter. Diese haben dem Präsidium einstimmig die Weiterführung und den weiteren Ausbau des ZfM empfohlen, und so konnte das ZfM Anfang 2021 in den regulären Betrieb übergehen. Diesen Erfolg verdankt das ZfM der Arbeit aller Mitglieder, die durch ihre engagierte wissenschaftliche Arbeit langfristig die Existenz des Zentrums sichern.

Mit seinen 28 Arbeitsgruppen, zu denen 6 drittmittelgeförderte Nachwuchsgruppen zählen, seinen 37 permanent beschäftigten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, zahlreichen Postdocs und fast 180 Doktorandinnen und Doktoranden ist das ZfM mittlerweile eines der Leistungszentren der JLU. Eine seit Jahren zunehmende Drittmittelförderung, die durch Patente und Publikationen weithin sichtbare Forschungsstärke, die starke internationale Vernetzung sowie das Engagement in einer Vielzahl von Verbänden und überuniversitären Aktivitäten belegen die beflügelnde Wirkung des ZfM. Von der hervorragenden Forschungsinfrastruktur, die das ZfM in seinen Methodenplattformen bündelt, profitieren alle Mitglieder — allen voran die im Zentrum arbeitenden Doktorandinnen, Doktoranden, Postdoktorandinnen und Postdoktoranden. Das Direktorium des ZfM ist überzeugt, dass die Bündelung von Ressourcen einerseits und von Forschungsinteressen andererseits einen erheblichen Mehrwert für alle Mitglieder und die JLU als Ganzes besitzt.

Die aus dem ZfM heraus erfolgte Beantragung eines Forschungsbaus auf Basis von zentralen ZfM-Forschungsthemen wurde genehmigt und die Planung des Gebäudes hat begonnen. Der bis voraussichtlich Ende 2026 fertiggestellte Forschungsbau wird zum materialisierten, sichtbaren Beleg der langfristig angelegten, erfolgreichen Strategie des bis dahin als ideeller Zusammenschluss von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern agierenden ZfMs werden — wird aber auch die Verpflichtung sein, immer wieder um neue und zukunftsweisende Forschungsthemen zu ringen; Forschungsthemen, die durch ihre wissenschaftliche Attraktivität und gesellschaftliche Relevanz auch Studierende begeistern müssen, die in den naturwissenschaftlichen Studiengängen der Physik, der Chemie und der Materialwissenschaft den dringend benötigten akademischen und industriellen Nachwuchs bilden. Die Begeisterung der Studierenden für Themen der nachhaltigen Energieversorgung, der nachhaltigen Chemie, der Raumfahrtphysik, des Einsatzes künstlicher Intelligenz in der Materialforschung, aber auch für ganz grundlegende Fragen zur Synthese und zu den Eigenschaften neuer Stoffe ist der „Treibstoff“ unserer Forschung und die fortwährende Quelle neuer und oft unkonventioneller Ideen. Wenn das ZfM es weiterhin schafft, diese kreativen und wissenschaftlich schöpferischen Prozesse zu unterstützen und praktische Hürden auf dem Weg zur Umsetzung von Ideen niedrig zu halten, dann erfüllt es seine Aufgaben bestmöglich.

Das im ZfM gelebte Konzept der individuell organisierten und gemeinsam genutzten Methodenplattformen gehört aus unserer Sicht zu den wesentlichen, wenn auch nicht auf den ersten Blick sichtbaren Erfolgsfaktoren. Etablierte Arbeitsgruppen, die aufgrund ihrer besonderen Erfahrungen und eigenen starken Interessen aufwändige und oft kostenintensive Methoden betreiben, bieten diese Methoden auf der Basis gemeinsam vereinbarter Regeln und Kosten allen Mitgliedern des ZfM an. Im Gegenzug unterstützt das ZfM die Anbieter stark genutzter Methoden. Hierdurch profitieren besonders Nachwuchsgruppen, die noch keine eigenen, kostenintensiven Methoden betreiben können. Wir wissen, dass die hierfür nötige interne Verrechnung immer wieder für Fragen sorgt — sie ist aber die unverzichtbare Basis für eine hochwertige und gut ausgelastete Geräteausstattung, die zum Erhalt der Konkurrenzfähigkeit fortwährend gepflegt und erneuert werden muss. Allein in den Jahren 2016 bis 2021 sind mehr als 6 Mio. Euro in den Erwerb von Großgeräten geflossen, was ein eindrucksvoller Beleg für die Leistungsfähigkeit des ZfM ist. Der Forschungsbau wird mit seinen besonders



Prof. Dr. Jürgen Janek
Geschäftsführender
Direktor

ausgestatteten Laboren diese Methodeninfrastruktur weiter verstärken und den Mitgliedern langfristig international noch wettbewerbsfähigere Möglichkeiten bieten.

Für die nächsten Jahre sieht das ZfM eine Reihe von vordringlichen Aufgaben, die wir gemeinsam lösen müssen. Vordringlich wird es sein, die enorme Bedeutung der Materialforschung in allen Bereichen moderner Technologien in die naturwissenschaftlichen Studiengänge zu transportieren — allen voran in die B.Sc.- und M.Sc.-Studiengänge der Materialwissenschaft. Schülerinnen und Schüler haben oft keine oder sogar falsche Vorstellungen von Materialwissenschaft. Materialwissenschaft ist nicht Thema der grundständigen schulischen Bildung im Bereich der Naturwissenschaften, und es wird unsere Aufgabe sein, die Bedeutung der Materialwissenschaft für die Lösung der drängendsten Probleme der Menschheit zu vermitteln.

In einer Zeit, in der die internationale Konkurrenz auf allen Ebenen schärfer wird, kommt uns auch die Verantwortung zu, den internationalen wissenschaftlichen Austausch umso intensiver zu fördern. Der Blick über den Zaun ist immer hilfreich, wenn es darum geht, eigene und fremde Ideen und Konzepte zu bewerten, zu vergleichen und weiterzuentwickeln. Konkurrenz belebt nicht nur das Geschäft! Wissenschaftliche Konkurrenz fördert immer auch die eigene wissenschaftliche Entwicklung. Das ZfM wird daher die internationalen Aktivitäten seiner Mitglieder nach Kräften unterstützen und dabei helfen, die sich entwickelnden engen Partnerschaften zu fördern.

Wir freuen uns, dass die Aufbauphase des ZfM so erfolgreich verlaufen ist. Wir wissen, dass die daraus resultierende Unterstützung der JLU und des Präsidiums eine Verpflichtung ist, diesen Weg konsequent fortzusetzen.

Prof. Dr. Jürgen Janek
Geschäftsführender Direktor



Grußwort des Präsidenten

In Zeiten weitreichender Veränderungen dienen Lehre und Forschung an Universitäten in jeder Hinsicht der Zukunftssicherung. Langfristig angelegte Forschungsstrategien bieten den Rahmen und die Basis für neue Konzepte und neue Ideen — die wiederum Ausgangspunkt für ganz konkrete Projekte sind. Das Zentrum für Materialforschung hat sich seit seiner Gründung im Jahr 2016 im Sinne einer solchen langfristigen Forschungsstrategie hervorragend entwickelt und wurde mit dem Beginn des Jahres 2021 nach einer fünfjährigen Anlaufphase und einer erfolgreichen externen Evaluierung durch das Präsidium als universitäres Zentrum bestätigt.

Diese langfristige Aufbauarbeit wurde nach mehrjähriger Vorbereitung im Jahr 2021 durch eine weitreichende Entscheidung des Wissenschaftsrats und der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz des Bundes und der Länder besonders belohnt. Im Juni 2021 wurde der Forschungsbau „Gießen Center for Electrochemical Materials Research — GC-EIMaR“ in die Liste der gemeinsam finanzierten Hochschulbauten übernommen. Mit diesem Bau wird die Spitzenforschung im ZfM in wenigen Jahren ein neues Zuhause bekommen, und die beteiligten Arbeitsgruppen werden die Erforschung der Grundlagen moderner Energietechnologien unter erstklassigen Bedingungen intensivieren können.

Diese Entwicklungen sind ohne langen Atem und langfristig angelegte Forschungskonzepte, die mit den Entwicklungen attraktiver Studienangebote einhergehen müssen, nicht denkbar. Ich bin den beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der JLU für ihr Engagement dankbar und freue mich mit ihnen über diese Erfolge. Wie immer sind solche Erfolge Etappensiege, und ich bin gespannt auf die weitere Entwicklung und weitere Initiativen aus dem ZfM heraus.

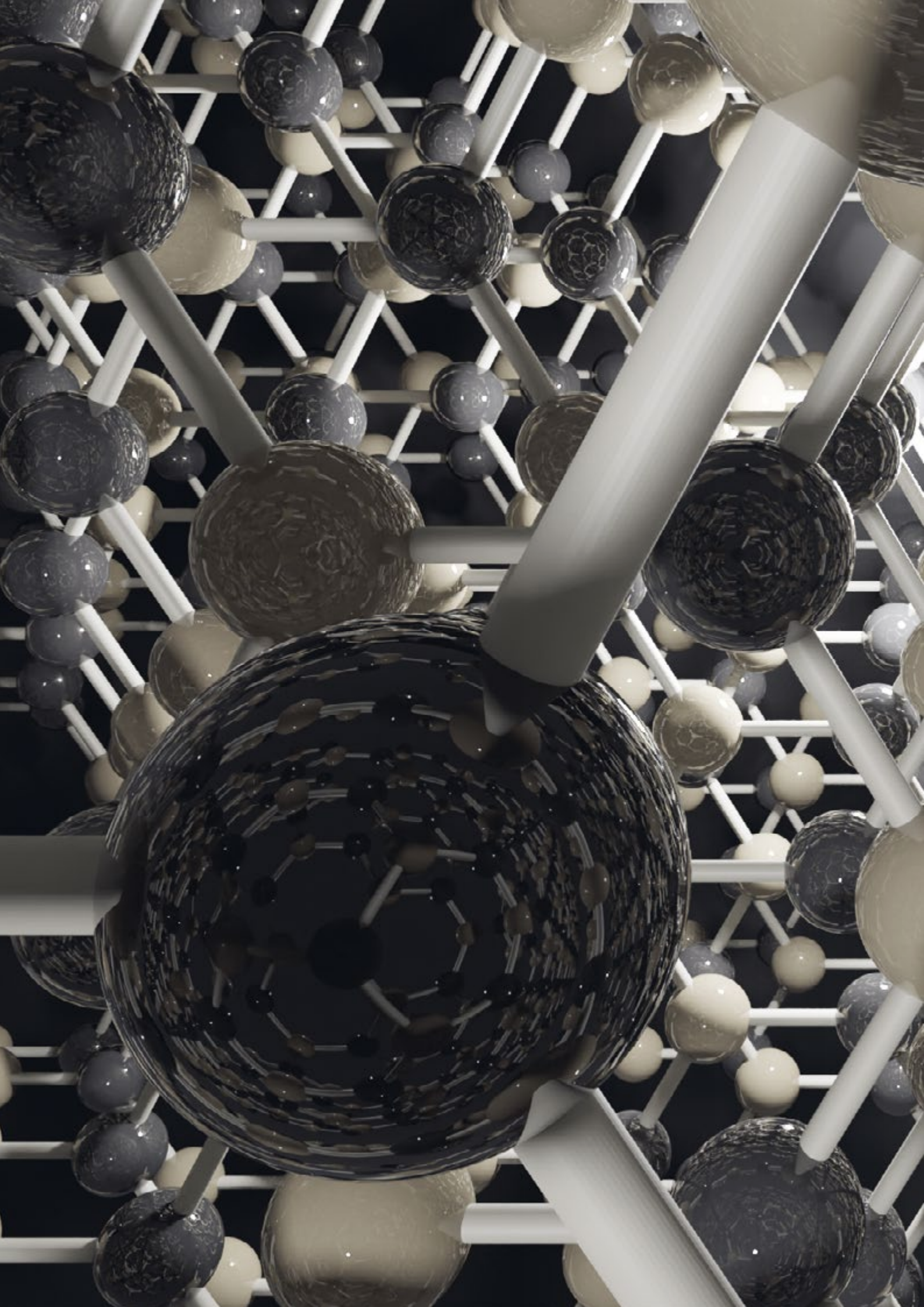
Aufbau und Ausbau des Zentrums für Materialforschung mit dem hier angesiedelten Potentialbereich „Material und Energie (Schwerpunkt: Speichermaterialien)“ sind Teil der gesamtuniversitären Forschungsstrategie, die im „Liebig Concept“ zusammengefasst ist. Dieser Potentialbereich hat herausragende Publikationen, eine Exzellenzcluster-Beteiligung, die Koordination eines BMBF-Verbundes, ein DFG-Graduiertenkolleg und weitere Verbundforschungsvorhaben hervorgebracht und hat damit eine starke internationale Konkurrenzfähigkeit in diesem Forschungsfeld bewiesen.

Darüber hinaus leistet die Arbeit des ZfM einen wichtigen Beitrag zur Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung und somit einen wertvollen Beitrag im Kampf gegen den Klimawandel. An der JLU sind wir uns unserer institutionellen Verantwortung bewusst, durch wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zur Entwicklung von innovativen Lösungen für ein nachhaltiges politisches, soziales, wirtschaftliches und ökologisches Handeln beizutragen. Dies umfasst Maßnahmen in alle Leistungsdimensionen: Forschung, Lehre, und Transfer. Ein wichtiger Baustein dieses Maßnahmenpakets liegt in der Verantwortung des ZfM: die dort koordinierte Materialforschung berührt praktisch jede moderne Technologie.

Ich bin überzeugt, dass die mehr als 250 Mitglieder des ZfM auch künftig ihren Beitrag zu einer nachhaltigen Zukunft leisten und die Spitzenforschung an der JLU weiter stärken werden.

Prof. Dr. Joybrato Mukherjee

Präsident der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU)





DAS ZENTRUM FÜR MATERIALFORSCHUNG

011

Das Zentrum für Materialforschung

012

Aufgaben und Ziele

014

Forschungsthemen und Forschungsstrategie im ZfM



Das Zentrum für Materialforschung

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 DEN IM THEMENFELD DER MATERIALWISSENSCHAFT ARBEITENDEN GRUPPEN ALLER FACHBEREICHE DER JLU OFFEN.

Im Mittelpunkt der Forschung im ZfM steht die Lösung grundlegender und oft komplexer materialwissenschaftlicher Fragestellungen, die häufig konzeptionell und methodisch interdisziplinäre Ansätze erfordern. Die Gießener Materialforschung zeichnet sich dabei durch eine enge und etablierte Kooperation von grundlagenorientiert und von 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 wichtiger Schwerpunkt der gemeinsamen Arbeit. Das B.Sc./M.Sc. Studienprogramm Materialwissenschaft wird überdisziplinär von Chemie und Physik getragen und findet im ZfM seine institutionelle Heimat. Das ZfM wirkt identitätsstiftend für dieses Studienprogramm. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die am Anfang ihrer akademischen Karriere stehen, Promovierende, Postdoktorandinnen und Postdoktoranden profitieren zudem in besonderem Maß von den Methodenplattformen des ZfM. Die Plattformen stehen allen Mitgliedern des Zentrums zur Verfügung und stellen einen niederschweligen Zugang zu zahlreichen modernen Forschungsgrößgeräten sicher.

Im Berichtszeitraum 2020/2021 gehörten dem Zentrum 23 Arbeitsgruppen sowie zehn Nachwuchsgruppen an. Von den insgesamt etwa 260 Mitgliedern waren ca. 180 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.

Das ZfM ist die Nachfolgeeinrichtung des Laboratoriums für Materialforschung (LaMa) und wurde in seiner Gründungsphase zunächst vom Land Hessen mit Mitteln aus dem Innovations- und Strukturentwicklungsbudget unterstützt. Seit 2021 wird das ZfM zu großen Teilen aus Haushaltsmitteln der JLU finanziert.

Die Geschäftsführung des ZfM:

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

Dr. Martin Güngerich
*Koordinator für Methodenplattformen
und Graduiertenbildung*

Dr. Thomas Leichtweiß
Koordinator für Forschung

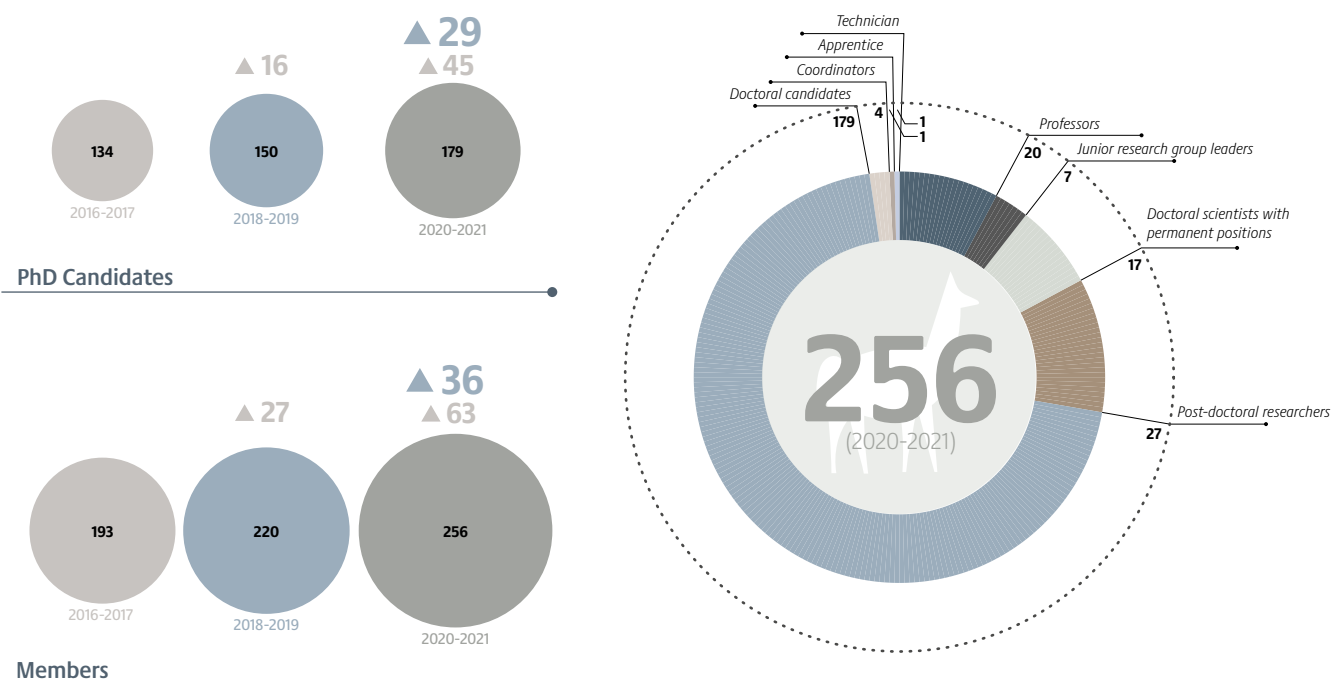
Prof. Dr. Jürgen Janek
Geschäftsführender Direktor

Aufgaben und Ziele

Das 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 vollständig auf die Professionalisierung der Infrastruktur im Bereich der Materialwissenschaft ausgerichtet, um so ein ideales Umfeld für exzellente Forschung und Lehre zu schaffen. Dies geschieht unter anderem durch die Entwicklung und Koordination von kooperativen Forschungsprojekten, den Aufbau eines nachhaltigen Netzwerks mit externen akademischen und industriellen Partnern, der Integration und Unterstützung von Nachwuchsgruppen und durch die Entwicklung von neuen Studienelementen zur Unterstützung der Lehre in den materialwissenschaftlichen Studiengängen und Promotionsprogrammen.








Die inhaltliche Ausrichtung des Zentrums wird vom aus den Reihen der beteiligten Professorinnen und Professoren, der wissenschaftlichen und technisch-administrativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie der Studierenden gewählten Direktorium koordiniert. Dieses wählt aus seinen Reihen einen Geschäftsführenden Direktor oder eine Direktorin und eine/n Stellvertreter/in. Gemeinsam mit den beiden hauptamtlichen Koordinatoren/Geschäftsführern bilden diese die Geschäftsführung, die das Tagesgeschäft des Zentrums führt.

Die Geschäftsstelle des ZfM ist 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 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Nachwuchsgruppen und von größeren kooperativen Projekten. Die Geschäftsstelle unterstützt zudem die Fachbereiche bei der Organisation der Studiengänge B.Sc. und M.Sc. Materialwissenschaft. Die Geschäftsstelle entlastet somit die Mitglieder und die beteiligten Fachbereiche von Aufgaben der Forschungsadministration und kümmert sich um die Innen- und Außendarstellung der materialwissenschaftlichen Aktivitäten.



ZfM | ZENTRUM FÜR MATERIALFORSCHUNG

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIEßEN

-  Das ZfM ist das Gesicht der Gießener Materialwissenschaft. Es ist Schnittstelle und Ansprechpartner für alle Aspekte der Materialforschung, JLU-intern und nach außen.
-  Das ZfM ist Nukleus, Taktgeber und Unterstützer für die Arbeit an kooperativen Forschungsprojekten.
-  Das ZfM organisiert und entwickelt den JLU-Potentialbereich „Material und Energie (Schwerpunkt: Speichermaterialien)“.
-  Das ZfM bietet dem wissenschaftlichen Nachwuchs im Bereich der Materialwissenschaft ausgezeichnete Rahmenbedingungen für die Forschung.
-  Das ZfM gewährleistet den Betrieb zahlreicher moderner Forschungs Großgeräte und stellt den barrierefreien Zugang zu Synthese- und Charakterisierungsmethoden sicher.
-  Das ZfM schlägt Brücken zu anderen Forschungseinrichtungen, zu Förderorganisationen, zu Interessensverbänden und der Industrie in aller Welt.
-  Das ZfM ist der Zusammenschluss von mehr als 30 Arbeitsgruppen mit etwa 40 Expertinnen und Experten, die erfolgreich auf den verschiedensten Gebieten der Materialforschung arbeiten.

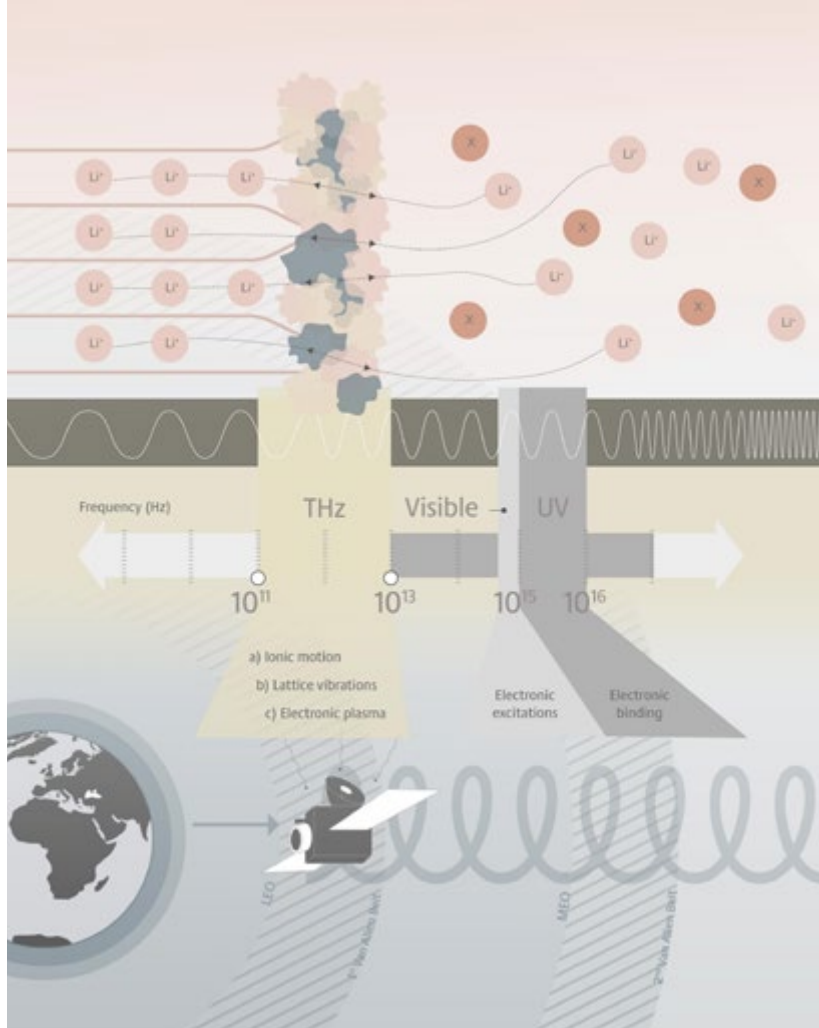
Forschungsthemen und Forschungsstrategie im ZfM

Ein inter- und transdisziplinäres Forschungszentrum arbeitet an Grundlagenforschung und anwendungsorientierter Forschung, deren Aufgaben der Überwindung disziplinärer und institutioneller Grenzen bedarf — mit dem Blick auf wissenschaftliche Probleme aus ganz verschiedenen Perspektiven. In diesem Sinne muss das ZfM neben seiner Rolle als Labor und Methodenzentrum auch ein wissenschaftliches Kommunikationszentrum sein, in dem wissenschaftliche Expertinnen und Experten aus verschiedenen Fachgebieten rasch und unkompliziert Diskussions- und Kooperationspartnerinnen und -partner finden. Davon profitieren ganz besonders die Doktorandinnen und Doktoranden, Postdoktorandinnen und -doktoranden und Nachwuchsgruppenleiter und -leiterinnen in der Materialforschung, die einen erheblichen Teil der Forschungsarbeit leisten, die täglich auf die Suche nach neuen Materialien mit neuen oder verbesserten Eigenschaften gehen und die hierbei nicht nur ein breites Spektrum an experimentellen und theoretischen Methoden nutzen, sondern auf Innovationen zielen. Das ZfM bietet in seinen verschiedenen Veranstaltungen, den Methodenplattformen und seinen Projekten den Rahmen und den Raum für diese wissenschaftliche Kommunikation, die gemeinsame Suche nach neuen Materialien und Molekülen, ihrer Nutzung, sowie tiefgehende Erklärungsansätze für komplexe Phänomene in der „materiellen Welt“.

Breitenforschung, Spitzenforschung und Verbundforschung

Forschung muss, wenn Sie langfristig erfolgreich sein will, sowohl fachliche Breite als auch Tiefe erreichen. Fachliche Breite ist notwendig, um ein möglichst großes Feld an Themen — insbesondere für das Studium und die Graduiertenförderung — zu erschließen. Fachliche Breite ist aber auch notwendig, um neue Zusammenhänge zwischen scheinbar entfernt liegenden Gebieten erkennen zu können und zukunftsfähig zu sein, also auf neue Themenstellungen frühzeitig reagieren zu können. Fachliche Tiefe ist zwingend, wenn materialwissenschaftliche Probleme von der technologischen Nutzbarkeit bis zur mikroskopischen, oft atomaren Ebene der Funktionsmechanismen verstanden werden sollen. Dies erfordert für die Lösung besonderer wissenschaftlicher Probleme eine langjährige Konzentration einzelner Arbeitsgruppen auf wenige „harte Nüsse“ und stellt im Erfolgsfall etwas dar, das in der Folge als Spitzenforschung bezeichnet wird. Forschung in der Breite und Spitzenforschung bedingen sich gegenseitig. Das ZfM versucht daher, eine Heimat zu sein für materialwissenschaftliche Forschung in der gesamten Breite, aus der immer wieder Spitzenforschung hervorgehen kann. Die Forschung in der Breite ist in gewissem Sinne der „Humus“, aus dem heraus sich immer wieder besonders fruchtbare und sichtbare Forschungsthemen und -leistungen entwickeln können.

Spitzenforschung und der Einsatz für das Lösen besonderer, tiefgehender wissenschaftlicher Fragen beruhen oft auf individuellen Leistungen, die typisch für die Wissenschaft sind. Es sind dann das Vorbild und die Produktivität individueller Forschungsleistungen, die oft neue Forschungsrichtungen prägen — sie sind oft auch der Ausgangspunkt für Verbundforschung. In Forschungsverbänden, die entweder lokal, regional oder ortsverteilt organisiert sein können, werden umfangreiche Forschungsprobleme mittel- oder langfristig gemeinsam bearbeitet. Dies bietet die besondere Chance zur Bündelung verschiedener fachlicher Kompetenzen, vor allem aber auch zur gemeinsamen Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit verschiedenen fachlichen Hintergründen und auf unterschiedlichen Erfahrungsstufen. Forschungsverbände sind oft im übertragenen Sinne „Inkubatoren“, in denen sowohl Forschungsergebnisse gemeinsam erzielt werden als auch der wissenschaftliche Nachwuchs reifen kann.



Verbundforschung kann durch die einschlägig bekannten Förderinstitutionen flankiert werden (DFG, BMBF, EU etc.). Im Rahmen der DFG-Förderung stellen Forschungsgruppen, Sonderforschungsbereiche und Graduiertenkollegs die maßgeblichen Formate in den Koordinierten Programmen dar, die seit 2005/2006 durch sogenannte „Exzellenzcluster“ im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder ergänzt wurden. Während DFG-Forschungsgruppen typischerweise eine einstellige Zahl von Teilprojekten haben und für 8 Jahre gefördert werden (ca. 4 Mio. €/Förderperiode), umfassen Sonderforschungsbereiche oft größere Gruppen und sind auf 12 Jahre ausgelegt (ca. 30-40 Mio. €/12 Jahre). Im Rahmen der meist thematisch fokussierten BMBF-Förderung stellen Verbundprojekte (Institutsverbände oder Kooperationsprojekte mit Industrieunternehmen) den Regelfall dar, und große ortsverteilte „Kompetenzcluster“ spielen zunehmend eine wichtige Rolle. Im Rahmen der oft ebenfalls missionsgetriebenen EU-Förderung spielen neben der persönlichen Exzellenzförderung (ERC grants) auch große europäische Verbundprojekte eine bedeutende Rolle.

Verbundförderungen (ebenso wie herausgehobene Individualförderungen) dienen der Erschließung und Etablierung weitgehend neuer Forschungsfelder mit internationaler Strahlkraft. In Exzellenzclustern wird die Idee der Verbundförderung noch einmal deutlich größer skaliert, und in der laufenden Phase der Exzellenzstrategie werden Cluster mit ca. 50-60 Mio. € über 7 Jahre gefördert. Exzellenzcluster zielen auf die projektformige Förderung international wettbewerbsfähiger Forschungsfelder in Universitäten bzw. Universitätsverbänden. Sie sollen wichtiger Bestandteil der strategischen und thematischen Planung der antragstellenden Universität/-en sein, deren Profil deutlich schärfen und Prioritäten setzen. Es ist klar, dass diese Verbund- und Spitzenförderung immer auch eine Herausforderung für die Aufrechterhaltung der Forschung in der Breite darstellt. Es ist daher eine wichtige Aufgabe in der Forschungskoordination, die Balance zwischen der sich immer wieder erneuernden Forschung in

der Breite und der räumlich und zeitlich konzentrierten Spitzenforschung zu halten. Um es deutlicher auszudrücken: Es ist der Forschung inhärent, dass Themen entstehen und ggf. auch wieder verschwinden — und zwar gemessen an ihrem wissenschaftlichen Erfolg und gesellschaftlichen Nutzen! Das ZfM sieht sich hier in der Verantwortung, die Entwicklung von Spitzenforschung und Forschungsverbänden an der JLU zu unterstützen, gleichzeitig aber die Forschung in der Breite zu fördern.

Materialforschung in der Breite

Die Materialforschung umfasst eine so große Zahl an materiellen Funktionen, an Materialsystemen und Methoden der Materialanalytik und -beschreibung, dass die erreichbare Breite an Themen letztlich durch die Zahl der Arbeitsgruppen und der in ihnen arbeitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler begrenzt ist. Das ZfM kann daher mit seinen über 40 „senior scientists“ und 180 Promovierenden einen erfreulich großen Bereich der modernen Materialforschung abdecken. Dieser reicht aus der stofflichen Perspektive von molekularen Komponenten ganz allgemein (AG Gellrich, AG Göttlich), mit katalytischer Funktion (AG Schreiner) oder redoxaktiver Funktion (AG Wegner) über Festkörper mit organisch-anorganischen Gerüststrukturen (AG Müller-Buschbaum), Kohlenstoffmaterialien (AG Gatti), gezielt poröse Festkörper (AG Smarsly), Ionenkristalle (AG Janek) bis hin zu Halbleitern (AG Klar, AG Chatterjee), Sputterschichten (AG Polity), Plasma-behandelten Oberflächen (AG Thoma) und 2D-Materialien (AG Chatterjee, AG Rahimi-Iman). Materialien werden heute zunehmend im Computer beschrieben und entworfen („in silico“) — die verfügbaren Methoden reichen von präzisen quantenchemischen Methoden (AG Mollenhauer) über DFT-Rechnungen (AG Sanna, AG Schreiner, AG Heiliger, AG Mollenhauer), molekulardynamische und Monte Carlo-Simulationen (AG Heiliger) bis hin zu physikalisch-mathematischen Modellrechnungen — zunehmend ergänzt durch Techniken der sich entwickelnden „Data Science“ und „Künstlichen Intelligenz“ im Bereich der Datenanalyse und der Modellierung.

Der Vielfalt an Materialien steht die große Zahl an Materialfunktionen gegenüber, die oft das verbindende Element für Kooperationen sind. Energie-relevante Funktionen spielen hierbei eine prominente Rolle, und die Themen reichen von der Thermo-elektrizität (AG Müller), der homogenen und heterogenen Katalyse (AG Schindler, AG Schreiner), der Elektrokatalyse (AG Over), der Photoelektrochemie (AG Schlettwein), thermo- und elektrochromen Schichten (AG Chatterjee, AG Klar, AG Schlettwein, AG Polity), der elektrochemisch nutzbaren Stoffspeicherung (AG Janek, AG Henß, AG Richter, AG Rohnke), gemischt ionen- und elektronenleitenden Materialien (AG Elm) bis hin zu Lasern (AG Chatterjee), effizienten Leuchtstoffen (AG Müller-Buschbaum), Solarzellen (AG Schlettwein), photonischen Materialien (AG Rahimi-Iman) und Oberflächen mit gezielter Reaktivität (AG Dürr, AG Schirmeisen, AG Ebeling, AG Dietzel).

Damit verfügt das ZfM über eine höchst leistungsfähige „Matrix“ aus Material- und Funktionskompetenz, die immer wieder die Basis für grundlegende oder auch anwendungsnahe Projekte ist. Zukünftig wird hierbei der Aspekt der nachhaltigen Materialentwicklung sicher eine noch größere Rolle spielen. Ressourcenbewusste Materialwirtschaft ist die Basis aller nachhaltigen Zukunftskonzepte — insbesondere auch im Energie- und Klimasektor — und damit Garant für gesellschaftlichen Fortschritt und Wohlstand.

Infrastruktur für die Materialforschung

Die Analyse, Charakterisierung und das theoretische Verständnis von Materialien und ihren Funktionen — isoliert oder als Teil eines technologischen Konstrukts (z.B. eines elektronischen Gerätes, eines chemischen Reaktors oder eines Energiespeichers) — erfordert eine ganze Reihe von ausgefeilten Untersuchungsmethoden. Diese Untersuchungsmethoden sind teuer und lassen sich in vielen Fällen nur mit „Großgeräten“ adäquat umsetzen — Geräten, deren Beschaffungskosten oft im Bereich von 1 Mio. € und mehr liegen und deren Betriebskosten sich schnell auf mehrere 10.000 € pro Jahr belaufen. Es ist naheliegend, dass der Betrieb der für eine international wettbewerbsfähige Ausstattung notwendigen Geräte nur von einem interdisziplinären wissenschaftlichen Zentrum geleistet werden kann, das durch

viele Nutzerinnen und Nutzer eine hohe Auslastung gewährleisten und so kostenbewusst agieren kann. Daher ist das ZfM neben seiner Rolle als „Think Tank“ und Kommunikationszentrum heute auch ein „Gerätezentrum“, in dem die beteiligten Arbeitsgruppen ihre besonders leistungsfähigen und auch für andere Arbeitsgruppen nützlichen Geräte zusammenführen und gemeinsam optimal nutzen. Dies hat nicht nur den Vorteil der Ressourcen-Optimierung — es erzeugt im Gerätebetrieb darüberhinaus auch eine Konzentration von Erfahrungen in der Untersuchung ganz verschiedener Materialien und entsprechenden Austausch. Das ZfM bündelt heute in seinen derzeit sechs Methodenplattformen fast 40 aufwändige experimentelle Methoden, die von allen Mitgliedern des ZfM barrierefrei genutzt werden können. Dies sichert in allen Forschungsprojekten den bestmöglichen methodischen Standard und ist sicher eines der zentralen Leistungsmerkmale des ZfM. Dies wird ergänzt durch die theoretischen Methoden, die von den theoretisch arbeitenden Gruppen des ZfM genutzt und weiterentwickelt werden.

Das ZfM ist stolz auf Spitzenforschung auf ganz verschiedenen Ebenen und Entwicklungsstufen. Dies reicht von herausragenden Promotionsleistungen bis hin zu international sichtbaren und führenden Forschungsleistungen der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die das ZfM mitprägen, seien dies Erfolge in der Verbundforschung wie z. B. der Beteiligung am Exzellenzcluster POLIS oder in der Einzelforschung (Einwerbungen von DFG-, BMBF-Nachwuchsgruppen, ERC Grants etc.). Besonders sichtbar werden Spitzenleistungen dann, wenn Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler Stellenangebote anderer wissenschaftlicher Einrichtungen erhalten. Die Berufungen z. B. von Dr. Philipp Adelhelm, Dr. Wolfgang Zeier und Dr. Daniel Schröder an die Universitäten in Jena, Münster und Braunschweig sind ein sichtbarer Beleg für Spitzenforschung im ZfM. Die Auszeichnungen und besonderen Leistungen von u. a. Prof. Sangam Chatterjee (Heisenberg-Professur), Prof. Jürgen Janek („Highly Cited Researcher“) und Prof. Peter Schreiner (Preis für Physikalisch-Organische Chemie der Royal Society of Chemistry 2019, Arthur C. Cope Scholar Awards 2021 der American Chemical Society) sind weitere Belege für die im ZfM konzentrierte Forschungsleistung. Das ZfM sieht diese individuellen Spitzenleistungen als Vorbild und weitere Motivation an. Sie sind oft der Ausgangspunkt für gemeinsame neue Projekte, deren Entstehen und Aufbau das ZfM fördert.

Spitzenforschung im ZfM

Verbundprojekte erlauben die gemeinsame Arbeit an umfangreichen Forschungsfragen über einen längeren Zeitraum. Sie sind daher von zentralem Interesse für das ZfM. Sie sichern gleichzeitig die Finanzierung von Promovierenden und Postdocs über einen längeren Zeitraum. Die Initiierung und Betreuung von Verbundprojekten spielt daher für die Arbeit des ZfM eine zentrale Rolle. Mit dem DFG-Graduiertenkolleg 2204 „Substitutionsmaterialien für nachhaltige Energietechnologien“ ist es dem ZfM gelungen, die Graduiertenförderung im Bereich der nachhaltigen Materialforschung sichtbar zu entwickeln. Mit dem Projekt „PriOSS“ (Principles of surface-assisted synthesis strategies) konnte bereits nach „RITSAT“, „STORE-E“ und „MOSLA“ ein vierter LOEWE-Schwerpunkt eingerichtet werden. Die beiden DFG-Forschungsgruppen „Amorphe molekulare Materialien mit extrem nichtlinearen optischen Eigenschaften (FOR 2824)“ und „Periodische niedrigdimensionale Defektstrukturen in polaren Oxiden (FOR 5044)“ sowie der DFG-Sonderforschungsbereich „Struktur und Dynamik innerer Grenzflächen“ (SFB 1082), an denen ZfM-Forscher und -Forscherinnen intensiv beteiligt sind, sind neben zahlreichen Projekten in DFG-Schwerpunktprogrammen ein weiterer Indikator für die Aktivität der ZfM-Mitglieder in Forschungsverbänden. Mit der Koordination des BMBF-Kompetenzclusters „Fest-Batt“, die am ZfM angesiedelt ist, und damit verbundenen Projekten übernimmt das ZfM immer wieder auch sichtbare Führungsaufgaben.

Verbundforschung im ZfM

Die Beteiligung am Exzellenzcluster POLIS (KIT und Uni Ulm als antragstellende Einrichtungen) ist darüber hinaus eine Bestätigung für die Stärke der elektrochemi-

schen Materialforschung an der JLU. Mit der Bewilligung des Forschungsbaus GC-El-MaR (Gießen Center für Electrochemical Materials Research) ist es dem zehnköpfigen Team unter der Leitung von Prof. Jürgen Janek 2021 gelungen, die Zukunft der elektrochemischen Materialforschung an der JLU besonders nachhaltig zu sichern und zu gestalten.

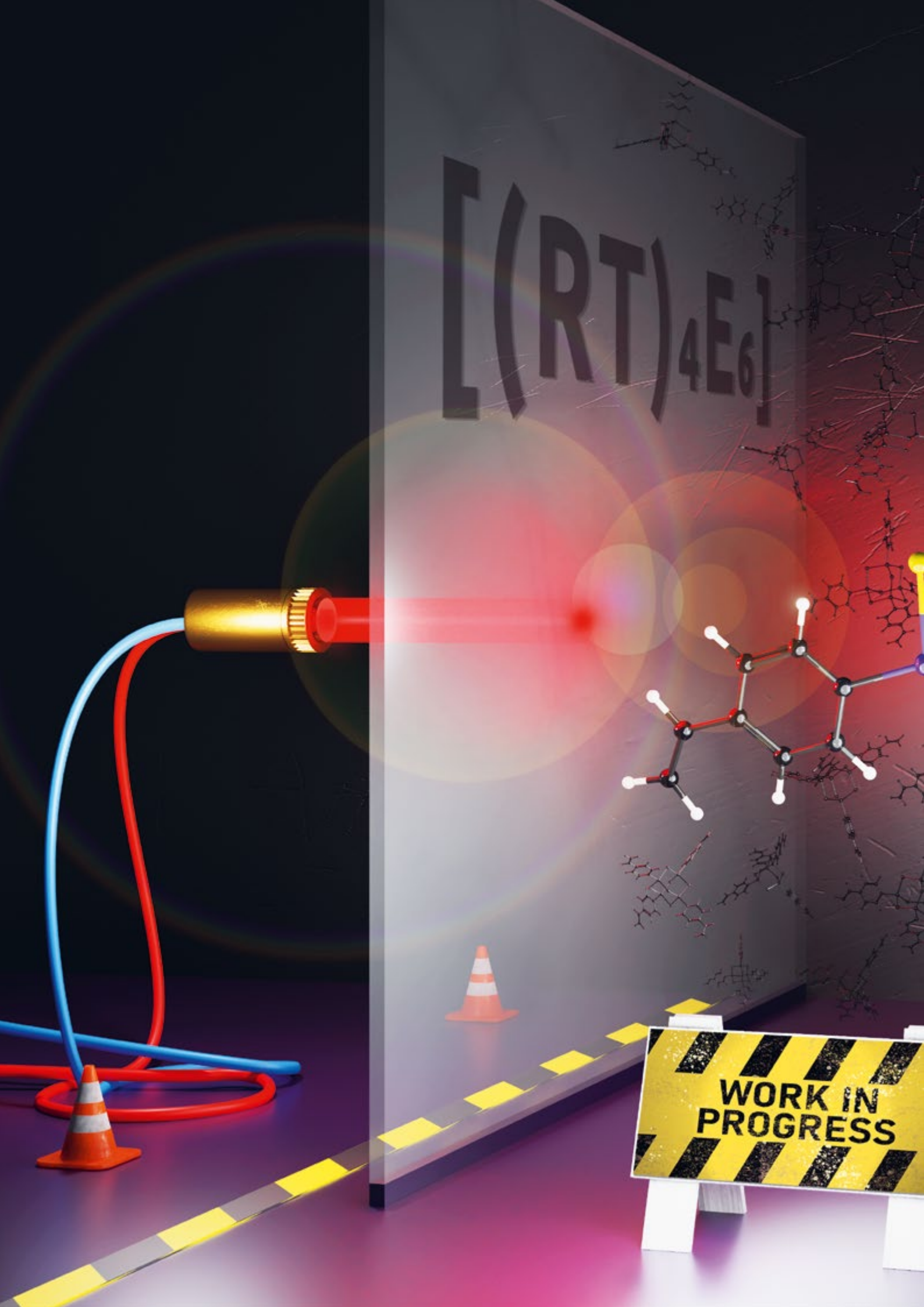
Die Strategie — Der Potentialbereich „Material und Energie“ im „Liebig Concept“

Dem ZfM ist es während der Vorlaufphase als „LaMa“ (Laboratorium für Materialforschung) und seit seiner Gründung im Jahr 2016 gelungen, die Materialforschung an der JLU kontinuierlich gezielt zu entwickeln. Mit der Einrichtung der beiden Studiengänge für Materialwissenschaft (B.Sc./M.Sc.) im Jahr 2005 begann diese Entwicklung, die durch den Aufbau der Methodenplattformen infrastrukturell gefördert wurde. Im letzten Schritt werden diese beiden Stufen, der Aufbau eines „Ausbildungszentrums“ und eines „Methodenzentrums“ nun durch die folgerichtige Stufe der Bildung eines „Forschungszentrums“ mit einer langfristig angelegten Forschungsstrategie ergänzt. Dies markiert für das ZfM eine positive Zäsur: Die Aufbauphase ist abgeschlossen, mit dem neuen Forschungsbaus wird das ZfM als fachbereichsübergreifende Einrichtung endgültig aus einer rein koordinierenden und fördernden Rolle in Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Materialwissenschaften der JLU zu einem auch infrastrukturell-räumlich weit sichtbaren Treiber der materialwissenschaftlichen Forschungsentwicklung werden. Zwei zentrale Aufgaben resultieren hieraus: Zum einen muss die sehr leistungsfähige Infrastruktur des ZfM in seiner Rolle als Methodenzentrum im Regelbetrieb erhalten und immer wieder erneuert werden. Diese Konsolidierungsphase gilt es als neue Herausforderung zu bewältigen, um langfristig konkurrenzfähige Materialforschung auf höchstem Niveau gewährleisten zu können. Zum anderen muss es dem ZfM und seinen Mitgliedern in der nächsten Phase der Arbeit gelingen, die Vitalität der Forschung des ZfM in der Einwerbung entsprechender Einzel- und Verbundprojekte sichtbar zu machen und damit eine Grundlage auch für die institutionelle Weiterentwicklung des ZfM zu legen.

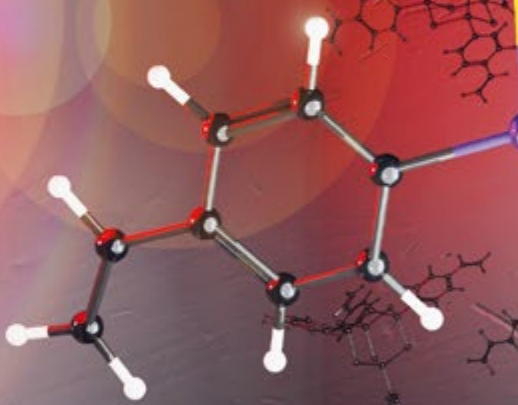
Der Erhöhung des Anteils von Wissenschaftlerinnen unter den Mitgliedern des ZfM misst das Direktorium eine ebenso wichtige Rolle bei. Durch gezielte Maßnahmen muss die Sichtbarkeit der im ZfM arbeitenden Wissenschaftlerinnen erhöht werden, um durch die Vorbildwirkung Studentinnen und Doktorandinnen für weitere Karriereschritte zu begeistern.

Mit den laufenden und derzeit bereits bewilligten Projekten ist eine insgesamt sehr positive Entwicklung zu erkennen. Das ZfM unterstützt weitere Projekte in der Beantragung und Planung — von Projekten der Spitzenförderung (z. B. ERC) bis hin zu großen Verbundprojekten (z. B. SFB und Graduiertenkollegs) — immer mit dem Leitbild „Breite, Tiefe und Verbund“, ganz im Sinne der oben dargestellten Motivation. Die Arbeit und die Ressourcen, die in die Aufbauphase investiert wurden, werden jetzt frei für den Aufbau neuer größerer Verbundprojekte.





$[(RT)_4E6]$



**WORK IN
PROGRESS**

HIGHLIGHTS & PROJEKTE

022

Forschungsbau „Giessen Center for Electrochemical Materials Research“

024

Prinzipien oberflächengestützter Synthesestrategien „LOEWE-PrIOSS“

026

EFRE-Innovationslabor „Hochleistungswerkstoffe“

028

High-end Oberflächenanalytik für die Batterie-forschung

030

Grenzflächenanalyse von Energiespeichermaterialien

032

„FestBatt II“ – Der nächste Schritt auf dem Weg zur Batterie der Zukunft

034

SIMS, Plasmen & Materialien

036

Horizon 2020 FET-PROACTIVE Projekt “LIGHT-CAP”

Forschungsbau „Giessen Center for Electrochemical Materials Research“

Die elektrochemische Materialforschung entwickelt sich international rasant vor dem Hintergrund der rasch wachsenden Bedeutung erneuerbarer Energien und dem notwendigen Verzicht auf die Nutzung fossiler Energieträger. Elektrochemische Technologien wie Batterien, Brennstoffzellen oder elektrochrome Fenster sind für Anwendungen im Bereich der Elektromobilität, der Netzstabilisierung, der Energieeinsparung und damit für die erfolgreiche Bewältigung der Energiewende unverzichtbar. Traditionell beruhen diese Technologien auf der Nutzung flüssiger Elektrolyte. Aufgrund der potenziell höheren Energiedichte und Sicherheit

GROSSER ERFOLG FÜR DIE GIESSENER MATERIALFORSCHUNG: IM FORSCHUNGSBAU „GIESSEN CENTER FOR ELECTROCHEMICAL MATERIALS RESEARCH (GC-ELMAR)“ WERDEN KÜNFTIG INNOVATIVE ELEKTROCHEMISCHE SYSTEME FÜR ENERGIETECHNOLOGIEN ERFORSCHT.

gewinnen in jüngerer Zeit jedoch Festelektrolyte und darauf basierende Festkörperezellen rasch an Bedeutung und Interesse.

Die elektrochemische Materialforschung — speziell im Bereich der Festkörpersysteme — ist ein

besonders aktiver und erfolgreicher Schwerpunkt im ZfM und innerhalb des JLU Spitzenforschungsbereichs „Material und Energie“. Das Forschungsprogramm des GC-ELMaR bildet diese Stärke ab und verknüpft dabei die Forschungsgebiete Elektrochemie, Festkörperchemie, organische Chemie und theoretische Chemie sowie Festkörperphysik und angewandte Physik. Ziel des Forschungsprogramms ist es, elektrochemische Systeme der Festkörperionik, neue molekulare Stoffe für Energietechnologien, den Ladungstransfer an Grenzflächen sowie Materialien für extreme Einsatzbedingungen zu erforschen, um neue Lösungsansätze im Bereich der elektrochemischen Energiespeicherung und -wandlung zu entwickeln (siehe Seite 23). Für die Bearbeitung des Programms in interdisziplinären Teams wird ein Forschungsbau mit gemeinsamen Forschungslaboren (Joint Lab Space) in unmittelbarer Nähe eines Trockenraums sowie mit

gemeinsamen Projektbüros (Joint Project Space) entstehen.

Nach der Empfehlung des Wissenschaftsrats (WR) hat die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) im Juli 2021 die Förderung des GC-ELMaR im Rahmen des Bund-Länder-Programms Forschungsbauten ab dem Jahr 2022 beschlossen. Als Gesamtkosten für das Forschungsgebäude sind rund 66 Millionen Euro veranschlagt, inklusive rund 7,6 Millionen Euro für die Ausstattung mit leistungsfähigen Geräten für die Analytik von Materialien und deren Grenzflächen und 3,2 Millionen Euro für die Grundausstattung. Die Finanzierung wird durch das Land Hessen sowie zu 50 Prozent durch den Bund erfolgen. Die Fertigstellung ist für Ende 2026 anvisiert; vorgesehen ist eine rund dreijährige Bauzeit. Das Gebäude des GC-ELMaR mit einer Hauptnutzungsfläche von 3.574 Quadratmetern wird in unmittelbarer Nähe zu den Institutsgebäuden der Fachgebiete Chemie und Physik entstehen. Insgesamt werden bis zu 150 Mitarbeitende sowie fortgeschrittene Studierende im GC-ELMaR ihre wissenschaftliche „Heimat“ finden.

Auf der nächsten Seite. Der Forschungsbau GC-ELMaR auf dem Campus Natur- und Lebenswissenschaften könnte so ähnlich aussehen. Bei dieser Visualisierung handelt es sich jedoch um einen Vorentwurf. Die Fassadengestaltung kann sich im Projektverlauf noch verändern. Bild: HWP Planungsgesellschaft mbH / Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH) (Bearbeitung - JLU - Elisa Monte)

DIE FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE IM GC-ELMAR

Ressourcen-optimierte elektrochemische Energiespeicher (ES):

In diesem Bereich werden Materialien, Komponenten und Zellkonzepte für Festkörperbatterien erforscht. Neben Festelektrolyten als der Schlüsselkomponente spielen innovative Konzepte für Elektroden und Separatoren eine zentrale Rolle. Dabei wird die mögliche Rückgewinnung wertvoller Elemente, sowie die Verfügbarkeit von Ausgangsmaterialien in Bezug auf die ökonomische und ressourcenbedingte Umsetzbarkeit betrachtet.

Hochleistungsmaterialien für Energietechnologien unter extremen Bedingungen (HM):

Die praktischen Anforderungen unter Einsatzbedingungen (z. B. hohe Laderaten, hohe Temperaturen, mechanische Belastung) treiben Materialien und elektrochemische Zellen oft an die Grenze der stofflichen Belastbarkeit. In diesem Forschungsbereich wird zum einen der Einfluss interner und externer extremer Bedingungen auf Materialien systematisch untersucht, zum anderen werden neue, robuste Materialien auf der Basis des gewonnenen Verständnisses gezielt synthetisiert.

Grenzflächen und Ladungstransfer (GL):

Der für die Funktion zwingend notwendige elektronische und ionische Ladungstransfer an Grenzflächen stellt in reinen Festkörpersystemen eine besonders große Herausforderung dar. Durch die Zusammenführung experimenteller und theoretischer Arbeiten sowie die Übertragung und Weiterentwicklung von Konzepten aus der Elektrochemie flüssiger Systeme auf Festkörperzellen wird die Erforschung der Vorgänge an elektrochemisch aktiven Grenzflächen weiterentwickelt.

Hochaufgelöste *in situ*- und *operando*-Materialanalytik (MA):

In diesem Forschungsbereich sollen die für alle Bereiche erforderlichen analytischen Methoden betrieben und weiterentwickelt werden. Um Degradationsmechanismen besser verstehen zu können, dienen neben unerlässlichen Methoden zur Materialanalytik *post mortem (ex situ)* auch *in situ*- und *operando*-Methoden dazu, die chemischen und strukturellen Veränderungen von Materialien unter Belastung zu verfolgen.

Prinzipien oberflächengestützter Synthesestrategien „LOEWE-PriOSS“



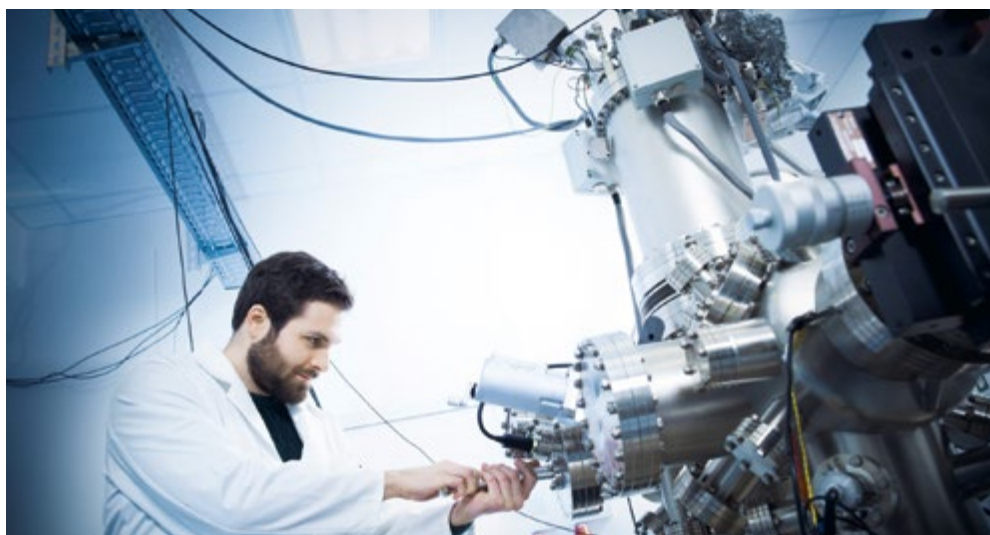
Der Aufbau maßgeschneiderter funktionaler Moleküle dient ohne Zweifel als Leitvision für die Nanowissenschaften, nicht zuletzt seit Feynmans berühmter Feststellung »There is plenty of room at the bottom...«. Die atomare Kontrolle der molekularen Struktur erlaubt eine direkte Einflussnahme auf die Eigenschaften eines Materials. Insbesondere kohlenstoffbasierte Materialien auf Oberflächen bieten einen Zugang zu molekülbasierten Funktionsbauteilen wie z.B. Graphen-Nanobändern, modernen Quantenstrukturen oder topologischen Isolatoren.

Weil das Aufbringen und die Positionierung von Molekülstrukturen auf Oberflächen für z.B. funktionelle Baugruppen schwierig ist, werden heutzutage Nanostrukturen zunehmend erfolgreich direkt auf Oberflächen hergestellt; man spricht von der „oberflächengestützten Synthese“ (engl.: *on-surface synthesis*). Dieser Ansatz ist von besonderem Interesse für zweidimensionale (2D) Materialien, die per se eine Oberfläche als Stützstruktur benötigen. Die selektive Synthese solcher komplexen Funktionselemente stellt allerdings bis heute eine besondere Herausforderung dar. Während man bei der Synthese in Lösung auf fast 200 Jahre Erfahrung und ausgereifte Methoden zurückgreifen kann, stecken die Konzepte der oberflächengestützten Synthese noch in den Kinderschuhen. Die zweidimensionale Natur der Oberfläche eröffnet besondere Chancen,

Reaktionsverläufe zu kontrollieren und bietet zusätzliches Potenzial, um Nanoarchitekturen aus atomaren Elementen selektiv aufzubauen.

Ziel des LOEWE-Schwerpunkts „PriOSS – Prinzipien oberflächengestützter Synthesestrategien“ ist es, grundlegende mechanistische Modelle der oberflächengestützten Synthese zu entwickeln und letztlich ein neues Methodenarsenal für diese Technik zu schaffen, wie sie für die klassische Synthese in Lösung seit Jahrhunderten existiert. Anhand von Modellreaktionen sollen die Dynamik und die Reaktionsmechanismen charakteristischer Transformationen verstanden und letztlich ein geschlossenes Bild aller Einflussparameter auf Oberflächenreaktionen erstellt werden.

Zur Erreichung dieses Ziels ist es notwendig, dass drei Fachdisziplinen der Universitäten in Gießen (JLU) und Marburg (UMR) eng verzahnt zusammenarbeiten. Ausgangspunkt für systematische Untersuchungen ist die organische Synthese in den AGs Prof. Dr. Hermann A. Wegner (JLU), Prof. Dr. Peter R. Schreiner (JLU) und Prof. Dr. Jörg Sundermeyer (UMR). Hier werden die herausfordernden Fragestellungen formuliert, die Ausgangsmoleküle hergestellt und die Interpretation der Daten im Kontext der organischen Chemie diskutiert. Die Untersuchung der Reaktionsmechanismen wird mit Hilfe von Oberflächenanalysemethoden durchgeführt. Mittels der Rastersondenmikroskopie in den AGs Prof. Dr. André Schirmeisen (JLU),



Prof. Dr. Michael Dürr (JLU) und Prof. Dr. Michael Gottfried (UMR) werden die molekularen Strukturen auf den Oberflächen abgebildet, um die Reaktionswege und die Reaktionskinetik zu entschlüsseln. Durch eine spezielle Methode der Sondenfunktionalisierung lassen sich sogar einzelne chemische Bindungen visualisieren und feine strukturelle Änderungen unterscheiden, wie sie bei der oberflächengestützten Synthese auftreten. Auch empfindliche chemische Analysemethoden wie z.B. die UV- und Röntgenphotoelektronenspektroskopie, sowie temperaturprogrammierte Desorption kommen zum Einsatz. Zur vollständigen Aufklärung der Reaktionsmechanismen und damit verbundenen Energien reichen die Oberflächenanalysemethoden jedoch nicht aus. Mittels moderner first principles-Methoden berechnen daher Forschende der AGs Prof. Dr. Doreen Mollenhauer (JLU) und Prof. Dr. Simone Sanna (JLU) die Adsorptionsstrukturen und Reaktionsenergien, um ein geschlossenes Bild der Reaktionsmechanismen auf den Oberflächen zu erhalten.

Im Fokus des LOEWE-Schwerpunktes stehen Fragestellungen zu den Reaktionsmechanismen, zum Einfluss der Oberfläche, den Nebenprodukten, und der Reaktionskontrolle durch z.B. die gezielte chemische Aktivierung äquivalenter Bindungen. Wie können Bindungen gezielt angesprochen werden? Was bestimmt die Chiralität eines synthetisierten Moleküls? Welche Prozesse sind auf Oberflächen relevant?

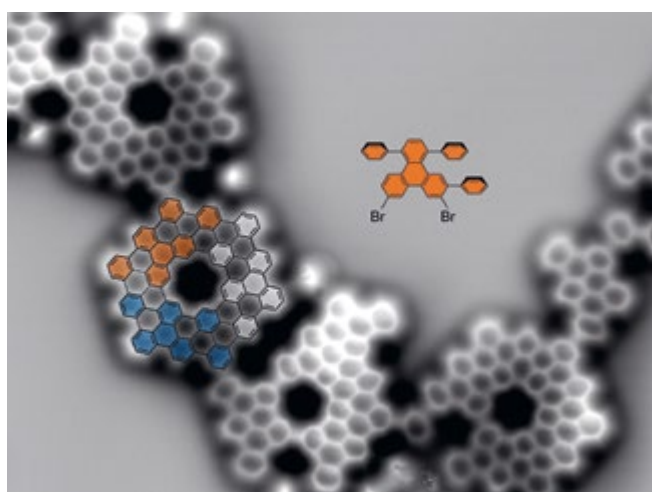
Langfristig soll so ein Werkzeugkasten an Methoden und Prozessen entwickelt werden, der es erlaubt, zielgerichtet Oberflächenreaktionen zur Synthese funktionaler, organischer Nanoarchitekturen durchzuführen. Solche Strukturen, wie z. B. Graphen-Nanobänder, organische, topologische Isolatoren, chirale Systeme, Quantenstrukturen, versprechen vielfältige Anwendungen in der Sensorik, Nanoelektronik und Quantentechnologie.

Wissenschaftlicher Koordinator:

Prof. Dr. A. Schirmeisen, Institut für Angewandte Physik, JLU

Stellv. Wissenschaftlicher Koordinator:

Prof. Dr. H. A. Wegner, Institut für Organische Chemie, JLU



Publikationen

K. Feng, E. Solel, P. R. Schreiner, H. Fuchs, H.-Y. Gao
Diamantaneithiols on Metal Surfaces: Spatial Configurations, Bond Dissociations, and Polymerization
The Journal of Physical Chemistry Letters **12**, S. 3468-3475, 2021

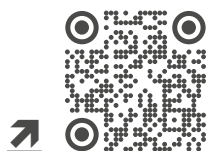
Q. Zhong, A. Ihle, S. Ahles, H. A. Wegner, A. Schirmeisen, D. Ebeling
Constructing covalent organic nanoarchitectures molecule by molecule via scanning probe manipulation
Nature Chemistry **13**, S. 1133-1139, 2021

S. Werner, T. Vollgraff, J. Sundermeyer
Access to functionalized Pyrenes, Peropyrenes, Teropyrenes and Quarteropyrenes via Reductive Aromatization
Angewandte Chemie International Edition **60** (24), S. 13631-13635, 2021

EFRE-Innovationslabor „Hochleistungswerkstoffe“



DAS INNOVATIONS LABOR „HOCHLEISTUNGSWERKSTOFFE“ ERÖFFNET ENORME SYNERGIEPOTENZIALE BEI FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSARBEITEN UND WIRD DADURCH ZUM HOCHTECHNOLOGIE-MULTIPLIKATOR.



Das Innovationslabor „Hochleistungswerkstoffe“ (Leitung: Prof. Dr. S. Chatterjee, Prof. Dr. P. J. Klar) wird mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) von mehr als 5 Mio. Euro von Dezember 2019 bis Ende 2022 unterstützt.

Es bietet interessierten Industrieunternehmen einen definierten Zugang für die Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen des ZfM.

Das EFRE Innovationslabor „Hochleistungswerkstoffe“ schließt so die Lücke an der Schnittstelle zwischen universitärer Grundlagenforschung und der industriellen Produktentwicklung im Bereich der für Innovationen notwendigen Werkstoff- und Materialforschung entlang der technologischen Entwicklungskette.

Es ermöglicht für Partnerunternehmen in gemeinsamen Forschungsprojekten einen leicht geregelten Zugang zu der breiten Forschungsinfrastruktur der Methodenplattformen des ZfM. Durch solche Zusammenarbeiten können Partnerunternehmen Engpässe in ihrer apparativen Ausstattung effizient beheben und kompetente wissenschaftliche Begleitung erhalten.

Bereits jetzt konnten sechs auf ihren Gebieten weltmarktführende Unternehmen als Projektpartner gewonnen werden und mit ihnen gemeinsam Pilotprojekte definiert werden. Die sechs Pilotprojekte widmen sich Werkstofffragestellungen künftiger Mobilitätskonzepte und adressieren damit einen der Schlüsselbereiche der Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung. Der gemeinsame Fokus der Pilotprojekte auf diesen Schlüsselbereich erlaubt es schon jetzt, gezielt die Möglichkeit zum Heben von Synergien zu erproben.

Dieses Portfolio erfüllt die Nachfrage der regional angesiedelten, oft auch weltmarktführenden Unternehmen nach schnellen und einfachen Kooperationsmöglichkeiten in der vorwirtschaftlichen Forschung und Entwicklung.



Pilotprojekt 1

Industriepartner:

Schunk Sintermetalltechnik GmbH
 Laserinduzierte Optimierung der Oberflächeneigenschaften von Sintermetallbauteilen

Pilotprojekt 2

Industriepartner:

Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG
 Herstellung, Charakterisierung und Optimierung von Widerstandsmäanderstrukturen als Präzisionswiderstände

Pilotprojekt 3

Industriepartner:

PVA Crystal Growing Systems GmbH
 Herstellung, Charakterisierung und Optimierung von Galliumnitrid-Hochleistungselektronik auf Siliziumcarbid-Substraten

Pilotprojekt 4

Industriepartner:

Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG
 Optimierung des Verarbeitungsprozesses von Lot und Silbersinterpasten zum Verbinden und Fügen von Hochleistungsbaulementen

Pilotprojekt 5

Industriepartner:

Schunk Kohlenstofftechnik GmbH
 Beschichtung von Faserwerkstoffen

Pilotprojekt 6

Industriepartner:

Ariane Group SAS
 Herstellung dünner Schichten und Beschichtungen des Elektrids C12A7:2e- mittels Laserablation

Publikationen

Zentrum für Materialforschung - JLU
Innovationslabor, Hochleistungswerkstoffe
 Flyer, 2020

Zentrum für Materialforschung - JLU
Innovationslabor, Hochleistungswerkstoffe
 Informationsbroschüre, 2021





High-end Oberflächenanalytik für die Batterieforschung

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Projekt „Prozessnahe Grenzflächencharakterisierung von Aktivmaterialien für Lithiumionenbatterien mit flüssigen und festen Elektrolyten“ (**ProGrAL**) unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Janek mit rund 5,3 Millionen Euro.

Das Vorhaben hat das Ziel, die am ZfM bereits etablierte und beispielsweise im BMBF-Kompetenzcluster für Festkörperbatterien (FestBatt) sehr erfolgreich betriebene Kombination von oberflächenempfindlichen analytischen Methoden für die Charakterisierung von Batteriematerialien auf höchstem Niveau weiter auszubauen. Im Mittelpunkt des Projektes steht dabei der Ausbau der Forschungsinfrastruktur am ZfM durch die Beschaffung von zwei Großgeräten für die Oberflächenanalytik: ein Flugzeit-Sekundärionenmassenspektrometer (ToF-SIMS), welches mit einem Rastersondenmikroskop gekoppelt ist und beispielsweise massenspektrometrische 3D-Analysen mit korrigierter Oberflächentopographie ermöglicht, sowie ein Röntgenphotoelektronenspektrometer (XPS), welches chemische Informationen über die Oberfläche der analysierten Probe liefert. Beide Methoden sollen innerhalb des BMBF-Dachkonzepts „Forschungsfabrik Batterie“ unter anderem in den Kompetenzclustern ProZell, FestBatt, ExcellBattMat und Aqua zum Einsatz

kommen und dort *high-end* Charakterisierung von Materialoberflächen und -grenzflächen durchführen. Die beiden neuen Großgeräte sollen innerhalb der Methodenplattform ELCH im ZfM betrieben werden.

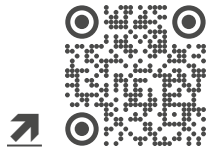
Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes liegt auf der Entwicklung von Messprotokollen für die standardisierte Analyse einer größeren Anzahl ähnlicher Materialproben aus Produktionsprozessen. In Kombination mit Leistungsdaten der aus diesen Materialien hergestellten Batteriezellen (z.B. zu Lebensdauer und Zyklenstabilität) sollen Datensätze erzeugt werden, mit denen ein „Machine-Learning-Algorithmus“ trainiert werden kann. So sollen schlussendlich anhand der gewonnenen Daten Vorhersagen über die zu erwartende Zellperformance getroffen werden. Fehlerhaft produzierte Materialien könnten so frühzeitig identifiziert und bereits vor Einbau in Batteriezellen aussortiert werden.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Janek, Physikalisch-Chemisches Institut, JLU

Weitere Informationen: Dr. Marcus Rohnke, Physikalisch-Chemisches Institut, JLU



Grenzflächenanalyse von Energiespeichermaterialien



Die Erforschung und Weiterentwicklung neuer Batteriesysteme für die Speicherung von erneuerbaren Energien und die zukünftige Elektrifizierung des Verkehrs sind wichtige Bausteine auf dem Weg zur Energiewende und zu einer CO₂ neutralen Zukunft. Eine Herausforderung der Batterieforschung liegt dabei in der Entwicklung von Hochleistungsmaterialien, die durch hohe Energiedichten, Schnellladefähigkeit und in Punkto Sicherheit den heutigen *state-of-the-art* Lithiumionenbatterien überlegen sind. Dabei ist jede einzelne Batteriezelle ein sehr komplexes System aus Elektrolyten, Separatoren, Kathoden- und Anodenmaterial, deren Zusammenspiel über die Performance der Zelle entscheidet. Neben den Eigenschaften der einzelnen Komponenten sind dafür die Grenzflächen in der Batteriezelle von großer Bedeutung. Überall dort, wo die verschiedenen Materialien miteinander in Kontakt kommen, können chemische Reaktionen auftreten. Die sich bildenden Reaktionsprodukte können den sehr wichtigen ionischen Transport über die Grenzfläche hinweg erschweren. Unser vorrangiges Ziel ist es daher, mittels bestmöglicher chemischer und mikroskopischer Analytik ein genaueres Verständnis über Aufbau, Zusammensetzung und Eigenschaft der sich bildenden Reaktionsschichten zu erlangen, um den Grenzflächenwiderstand zu reduzieren und mögliche Material- und Oberflächenmodifizierungen zu optimieren.

Zum Einsatz kommen hochauflösende Methoden zur chemischen und morphologischen Analytik, wie die Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS), die Sekundärionenmassenspektrometrie (ToF-SIMS)

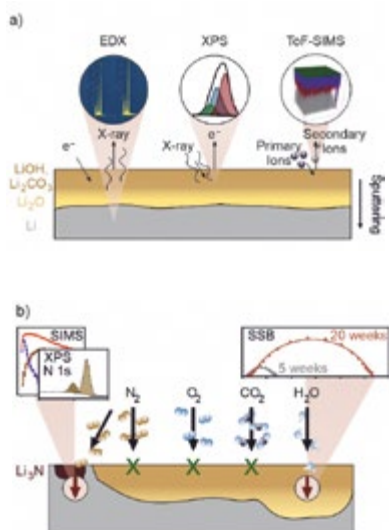
und die Rasterelektronenmikroskopie gekoppelt mit Focused Ion Beam (FIB-SEM), die im Zentrum für Materialforschung zur Verfügung stehen. Unsere Arbeitsgruppe konzentriert sich dabei im Rahmen von BMBF-Projekten sowohl auf die Charakterisierung der Lithiummetallanode, als auch auf die Analytik von Kathoden- und Anodenaktivmaterialien in Zellen mit flüssigen und festen Elektrolyten. Des Weiteren liegt ein Schwerpunkt auf polymeren Elektrolytsystemen und ihren Grenzflächen zu Kathode und Anode, wobei die Strahlempfindlichkeit der Polymere eine besondere analytische Herausforderung darstellt.

Die Lithiummetallanode: Im Bereich der Feststoffbatterien verspricht man sich vom Einsatz der Lithiummetallanode eine deutliche Steigerung der Energiedichte, wobei die hohe Reaktivität des Lithiums eine besondere Herausforderung darstellt. Wir beschäftigen uns daher mit der Untersuchung der Reaktivität von metallischem Lithium mittels XPS und SIMS und legen besonderen Wert auf die verlässliche und reproduzierbare Charakterisierung der Lithiummetalloberfläche und der sich bildenden Reaktionsschichten.

AQua-Pop: AQua-Pop ist ein Teilprojekt des BMBF-Kompetenzclusters für Analytik und Qualitätssicherung AQua und hat das Ziel, mittels bestmöglicher analytischer Methoden die Ober- und Grenzflächen von Kathoden- und Anodenaktivmaterialien in Lithiumionenbatterien zu untersuchen, um Herstellungsprozesse zu optimieren und Degradationsvorgänge im Zellbetrieb besser zu verstehen.



Dr. Anja Henß studierte an der JLU Chemie, legte das erste Staatsexamen für das gymnasiale Lehramt in Physik und Chemie ab und wurde in der Bioorganik promoviert. Im Anschluss arbeitete sie in einem materialwissenschaftlichen Sonderforschungsbereich und etablierte die ToF-SIMS-Analytik im Bereich der Biomaterial- und Lebenswissenschaften. 2018 übernahm sie die Leitung der Methodenplattform ELCH im Zentrum für Materialforschung. Seit 2020 ist sie eigenständige Arbeitsgruppenleiterin und konzentriert sich auf die Grenzflächenanalytik an Energiespeichermaterialien.

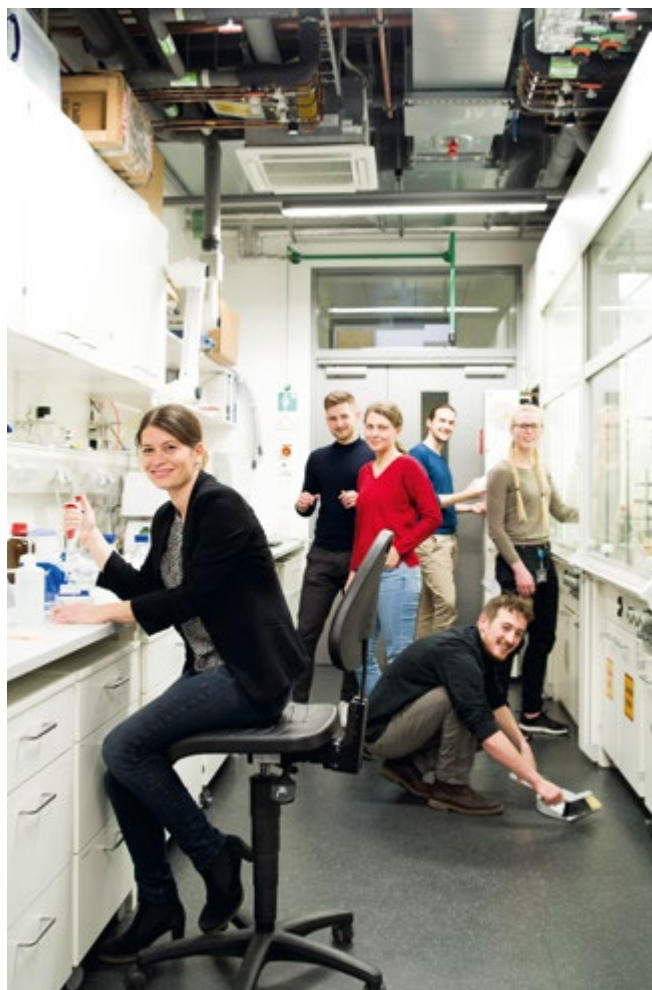


a) Lithium ist ein hochreaktives Metall, das in Kontakt mit Luft, aber auch mit Spuren von Atmosphärgasen im Schutzgas, schnell abreagiert. Folglich ist die Lithiumoberfläche immer mit einer Reaktionsschicht bedeckt. Diese kann mit Hilfe von EDX, XPS und ToF-SIMS charakterisiert werden. Im Falle von kommerziell erhältlichen Lithiumfolien besteht dieser Oberflächenfilm aus Lithiumhydroxid, -carbonat und -oxid. Reprinted with permission from Chem. Mater. 2021, 33, 3, 859–867.

© 2021 American Chemical Society.

b) Während der Lagerung in Gloveboxen wird der Oberflächenfilm vor allem durch die vorhandenen Wasserreste zunehmend dicker. In Feststoffbatterien kann dies zu deutlich erhöhten Widerständen führen. Ist die Oberfläche des Lithiums nicht von einer deckenden Oberflächenschicht bedeckt, ist außerdem die ungebremste Reaktion mit Stickstoff problematisch. Reprinted with permission from ACS Appl. Energy Mater. 2021, 4, 12798–12807.

© 2021 American Chemical Society.



Von links nach rechts: Dr. Anja Henß, M. Sc. Yuriy Yusim, M. Sc. Svenja Otto, M. Sc. Steffen Schroeder, M. Sc. Kilian Vettori, M. Sc. Hannah Hartmann

Polymere Festelektrolyte: Polymere stellen aufgrund ihrer guten mechanischen Eigenschaften und der einfachen Prozessierung eine vielversprechende Substanzklasse für den Einsatz in Feststoffbatterien dar. Dabei sind weder die Grenzflächenreaktionen zwischen Polymer, Aktivmaterial und anderen Festelektrolyten noch der Lithiumionentransport in diesen hybriden Systemen vollständig verstanden. Wir konzentrieren uns daher auf die analytische und elektrochemische Charakterisierung der Grenzflächen und wollen die Untersuchung der strahlensensiblen Polymerproben mittels SIMS und FIB unter kryo-Bedingungen etablieren.

Instrumentelle Analytik im Bereich der Lebenswissenschaften: Im Rahmen interdisziplinärer Kooperationen wollen wir die aus der Materialanalytik stammenden Untersuchungsmethoden auch im Bereich der Bio- und Lebenswissenschaften anwenden. Ein Beispiel dafür ist die enge Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. Wissmann, in der wir die Salztoleranz von heimischen und invasiven Rosenarten mittels bildgebender Massenspektrometrie genauer untersuchen.

Publikationen

S.-K. Otto, Y. Moryson, T. Krauskopf, K. Pepler, J. Sann, J. Janek, and A. Henß

In-Depth Characterization of Lithium-Metal Surfaces with XPS and ToF-SIMS: Toward Better Understanding of the Passivation Layer
Chemistry of Materials 33 (3), S. 859–867, 2021

S.-K. Otto, T. Fuchs, Y. Moryson, C. Lerch, B. Mogwitz, J. Sann, J. Janek, and A. Henß

Storage of Lithium Metal: The Role of the Native Passivation Layer for the Anode Interface Resistance in Solid State Batteries
Applied Energy Materials 4 (11), S. 12798–12807, 2021

„FestBatt II“ – Der nächste Schritt auf dem Weg zur Batterie der Zukunft



Mehr Sicherheit, größere Speicherkapazitäten, kürzere Ladezeiten — die Weiterentwicklung von Batterien für verschiedenste Anwendungsfelder ist mit großen Erwartungen verbunden.

Das Konzept der Festkörperbatterie gilt als mögliche Weiterentwicklung der heute gängigen Lithiumionenbatterien mit flüssigen Elektrolyten. Festkörperbatterien kommen ohne solche brennbaren Bestandteile aus und versprechen höhere Energiedichten sowie kürzere Ladezeiten. Sie erfahren daher international großes Interesse, das von zahlreichen Ankündigungen industrieller Akteure verstärkt wird. Allerdings sind eine Reihe wissenschaftlicher und technologischer Herausforderungen auf dem Weg zum kommerziellen Erfolg und zur Massenproduktion von Festkörperbatterien noch ungelöst.

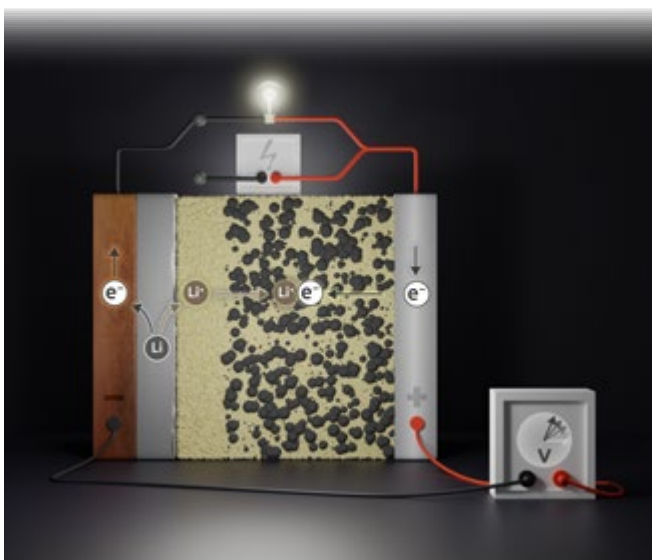
Hier setzt der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Kompetenzcluster FestBatt an, an dessen erster Förderphase mehr als 100 Forscherinnen und Forschern beteiligt waren. Diese haben in einem ersten Schritt erfolgreich die wissenschaftlichen Grundlagen der Synthese von Festelektrolyten als Kernkomponente von Festkörperbatterien erarbeitet. Im Mittelpunkt

DER VOM ZFM KOORDINIERTER KOMPETENZCLUSTER FÜR FESTKÖRPERBATTERIEN „FESTBATT“ DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG GEHT IN DIE ZWEITE FÖRDERPHASE.

der zweiten Phase steht nun die Entwicklung von Zellkomponenten und ganzen Festkörperbatteriezellen auf der Basis dieser Elektrolyte und der dafür notwendigen Material- und Prozesstechnologie. Hierfür setzt das BMBF die Förderung des Kompetenzclusters „FestBatt“ von November 2021 bis Oktober 2024 mit insgesamt rund 23 Millionen Euro für weitere drei Jahre fort. Beteiligt sind 17 wissenschaftliche Einrichtungen — hierunter Universitäten, Helmholtz-Zentren sowie Institute der Fraunhofer-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft. Das von Prof. Dr. Jürgen Janek geleitete Begleitprojekt wird auch in der zweiten Förderphase im ZfM durchgeführt.

Der Kompetenzcluster „FestBatt“ besteht in der zweiten Phase aus neun Verbundprojekten, die sich in drei Zell- und vier Querschnittsplattformen einordnen, sowie einem übergeordneten Begleitprojekt. Für die fachliche Ausrichtung und Weiterentwicklung des Clusters ist ein Managementkreis mit Expertinnen und Experten aus Industrie und Wissenschaft verantwortlich, der vom Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien (KLiB e.V.) unterstützt wird.

An der JLU koordiniert Prof. Jürgen Janek die Zellplattform „Thiophosphate“ (FB2-Thio) als Teil des Kompetenzclusters. Hier werden unterschiedliche Komponenten und Konzepte zur Herstellung von Festkörperbatterien, in denen Festelektrolyte auf Basis von Schwefel-Phosphor-Verbindungen (Thiophosphate) zum Einsatz kommen, erforscht. Diese Materialklasse gilt aufgrund ihrer sehr hohen Lithiumionen-Leitfähigkeit bei gleichzeitig guten mechanischen Eigenschaften als sehr erfolgversprechend für den Einsatz in Festkörperbatterien.



Schematischer Aufbau einer Festkörperbatterie



Die Mitglieder des FestBatt-Cluster anlässlich eines Clustertreffens am KIT, Karlsruhe

Das Projekt deckt dabei von der Materialentwicklung über die Hochskalierung und Komponentenoptimierung bis hin zur Zellfertigung die gesamte Prozesskette der Festkörperbatteriefertigung ab. Darüber hinaus sind Gruppen des ZfM an den FestBatt-Projekten „Querschnittsplattform Charakterisierung“ (FB2-Char) und „Querschnittsplattform Hybridisierung“ (FB2-Hybrid) beteiligt (AG Richter, AG Henß, AG Janek).

FestBatt ist Teil des Dachkonzepts „Forschungsfabrik Batterie“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), dessen Ziel es ist, die technologische Souveränität Deutschlands in der Batterietechnologie zu sichern. Der Cluster ist eng mit den parallel geförderten anderen BMBF-Kompetenzclustern vernetzt (u.a. ProZell und ExCellBattMat).

Publikationen

S. Randau, D.A. Weber, O. Kötz, R. Koerver, P. Braun, A. Weber, E. Ivers-Tiffée, T. Adermann, J. Kulisch, W.G. Zeier, F.H. Richter, and J. Janek
Benchmarking the performance of all-solid-state lithium batteries

Nature Energy 5, S. 259-270, 2020

L. M. Riegger, R. Schlem, J. Sann, W. G. Zeier, and J. Janek
Lithium-Metal Anode Instability of the Superionic Halide Solid Electrolytes and the Implications for Solid-State Batteries

Angewandte Chemie 133 (12), S. 6792-6797, 2021

J. K. Eckhardt, S. Burkhardt, J. Zahnow, M. T. Elm, J. Janek, P. J. Klar, and C. Heiliger
Understanding the Impact of Microstructure on Charge Transport in Polycrystalline Materials Through Impedance Modelling

Journal of The Electrochemical Society 168 (9), 2021

T. Fuchs, B. Mogwitz, S.-K. Otto, S. Passerini, F. H. Richter, and J. Janek
Working Principle of an Ionic Liquid Interlayer During Pressureless Lithium Stripping on $Li_{6.25}Al_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ (LLZO) Garnet-Type Solid Electrolyte

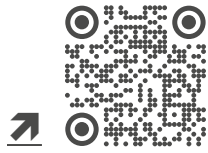
Battery & Supercaps 4 (7), S. 1145-1155, 2021

P. Minnmann, L. Quillman, S. Burkhardt, F. H. Richter, and J. Janek
Quantifying the Impact of Charge Transport Bottlenecks in Composite Cathodes of All-Solid-State Batteries

Journal of The Electrochemical Society 168 (4), 2021



SIMS, Plasmen & Materialien



AG PD DR. MARCUS ROHNKE: AUF DEN SPUREN VON DIFFUSION UND REAKTION MITTELS BILDGE- BENDER MASSENSPEKTROMETRIE.

Im Rahmen meiner wissenschaftlichen Tätigkeit am Physikalisch-Chemischen Institut betreue ich innerhalb der AG von Prof. Jürgen Janek als Gruppenleiter eine Reihe von laufenden Doktorarbeiten mit. Darüber hinaus führe ich jedoch auch eigene Projekte durch, die ich nachfolgend exemplarisch vorstellen möchte.

Bioanalytik mittels Sekundärionenmassenspektrometrie

In einer laufenden Arbeit im Bereich Bioanalytik untersuchen wir in Kooperation mit der Nachwuchsgruppe von Dr. Kreuzaler (Universität zu Köln) Tumorgewebe von Mäusen. Ziel des Projekts ist es, mit Hilfe von hochauflösender Massenspektrometrie Metabolite im Tumorgewebe auf zellulärer Ebene nachzuweisen und zu identifizieren. Die Abbildung von Zellbestandteilen ist eine der größten Herausforderungen der bildgebenden Massenspektrometrie der vergangenen Jahre. Dadurch erhoffen wir uns bedeutende Hinweise auf die Krebspathogenese, die durch andere Untersuchungstechniken nicht ortsaufgelöst zugänglich sind. Möglich werden diese Messungen durch ein im Jahr 2020 in Betrieb genommenes Hybrid-Sekundärionenmassenspektrometer (SIMS), welches durch das ZfM beschafft und am Physikalisch-Chemischen Institut betrieben

wird. Mit diesem Gerät ist die eindeutige Zuordnung organischer Moleküle möglich. Im Bereich der Krebszellen konnte beispielsweise eindeutig das Metabolitmolekül Adenin in einer erhöhten Konzentration nachgewiesen werden.

Neben der Anwendung der SIMS-Technik interessieren mich aber auch grundlegende Phänomene, die beim Primärionenstoßprozess auftreten. Im Rahmen einer Kooperation mit der AG von Prof. Michael Dürr (Institut für Angewandte Physik) versuchen wir durch SIMS-Ionenbeschuss-Experimente in Kombination mit der in der AG Dürr etablierten DINEc Analytik, bei der SIMS-Analyse organischer Moleküle auftretende Fragmentierungsvorgänge zu verstehen¹.

Schadstoffmonitoring und Mikroplastik

Motiviert durch eine massenspektrometrische Untersuchung an Mikroplastikpartikeln, die eine Masterstudierende der Umweltwissenschaften aus Sand vom Strand der Karibikinsel Tobago extrahiert hatte, konnten wir an einem Modellsystem zeigen, dass in die Umwelt freigesetzte Schadstoffe wie Schwermetallionen oder chlorierte Kohlenstoffverbindungen nicht nur an der Oberfläche von Mikroplastikpartikeln adsorbieren, sondern auch in den Plastikpartikel hineindiffundieren können². Damit erhöht sich die Menge an sorbierbaren Schadstoffen signifikant und die Plastikpartikel stellen einen potentiellen Vektor für den Schadstofftransport dar. Dieser Themenkomplex wird im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit der AG Düring (Institut für Bodenkunde) bearbeitet und verbindet dabei Know-how in den Bereichen Festkörperchemie, Umweltwissenschaft



PD Dr. Marcus Rohnke ist Akademischer Oberrat und Privatdozent am Physikalisch-Chemischen Institut. Nach seinem Chemiestudium an der Universität Hannover beschäftigte er sich im Rahmen seiner Diplomarbeit am Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie mit klassischer Festkörperelektrochemie. Im Mittelpunkt seiner anschließenden Doktorarbeit an der JLU Gießen stand die Untersuchung der Grenzflächenkinetik von Sauerstoffplasmen in Kontakt mit Festkörperionenleitern. Seit 2006 leitet PD Dr. Marcus Rohnke das SIMS-Labor in der Arbeitsgruppe von Prof. Jürgen Janek (ZfM-Methodenplattform ELCH). Seine Forschungsthemen reichen von der Plasmaoberflächenbehandlung bis zur Wirkstoffdetektion mittels ToF-SIMS in biologischen Proben (Knochen). Ein weiterer Fokus liegt auf der ToF-SIMS-Analytik von SOFC-Elektroden mittels *in situ* Experimenten.

und hochauflösender Materialanalytik. Darüber hinaus sind wir derzeit an einer vom Forschungscampus Mittelhessen finanzierten Modellstudie zur Nutzung von Algen zur Nährstoffgewinnung aus Abwasser in Kläranlagen beteiligt. Hier gilt es ebenfalls, ein Schadstoffmonitoring durchzuführen. Gemeinsam mit einem interdisziplinären Wissenschaftlerteam von Philipps-Universität Marburg, Technischer Hochschule Mittelhessen und JLU soll mittelfristig ein gemeinsames BMBF-Projekt eingeworben werden.

Grenzschichten an Hard Carbon-Elektroden

Die SEI (*Solid Electrolyte Interphase*) ist eine Reaktionsschicht, die sich oberflächlich auf vielen Elektrodenmaterialien im Kontakt mit flüssigen oder festen Elektrolyten ausbildet. Ihre Transporteigenschaften für Ionen bzw. Elektronen können die Gesamtzellkinetik von Akkumulatoren entscheidend beeinflussen. Dabei fungiert die SEI auch oftmals als Schutzschicht hinsichtlich einer stetig voranschreitenden Degradation des Elektrodenmaterials oder des Elektrolyten. Durch Kombination von elektrochemischen, analytischen und theoretischen Methoden soll die Bildungs- und Transportkinetik der SEI auf Hard Carbon-Anoden vollständig aufgeklärt werden. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Konzepte zur zukünftigen Verbesserung von Kinetik und Stabilität der Elektroden abgeleitet werden.



Dieses Projekt wird im Rahmen des Exzellenzclusters POLIS (Post Lithium Storage), an dem die JLU als assoziierter Partner beteiligt

ist, bearbeitet. Ziel von POLIS ist die Entwicklung von besonders nachhaltigen und ressourceneffizienten Energiespeichern.

Publikationen

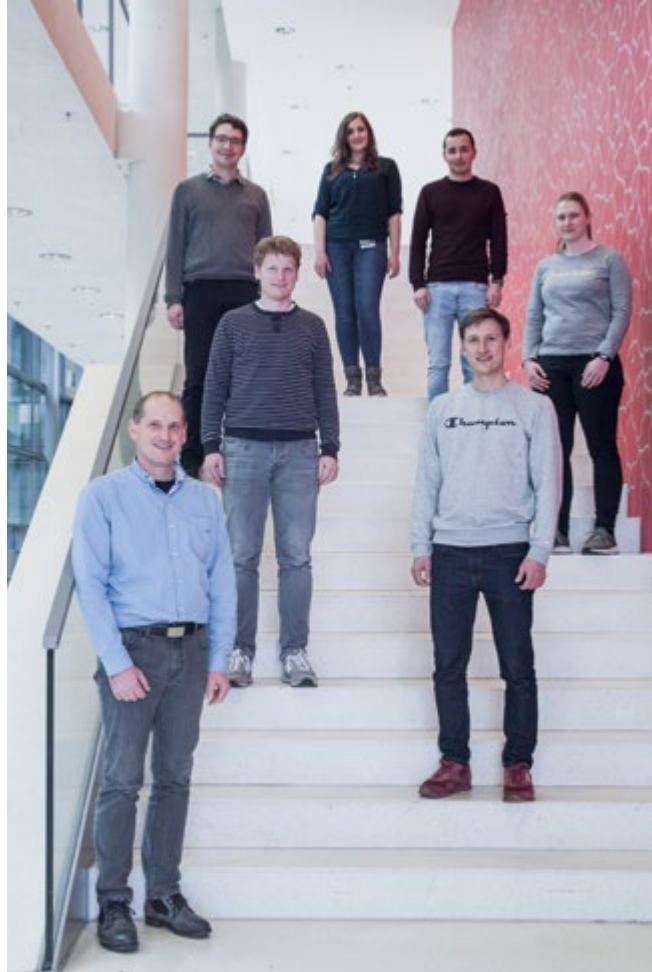
¹ P. Schneider, F. Verloh, A. Portz, S. Aoyagi, M. Rohnke, and M. Dürr

Direct analysis of ion-induced peptide fragmentation in secondary-ion mass spectrometry

Analytical Chemistry **92** (23), S. 15604-15610, 2020

² S. Kern, C. Kern, M.M. Pradja, R.A. Düring, and M. Rohnke *Spatially resolved indiffusion behavior of Cu²⁺ and Ni²⁺ in polypropylene*

Journal of Applied Polymer Science **138** (2), S. 49655, 2021



Von links nach rechts: PD Dr. Marcus Rohnke, Tobias Wagner (Doktorand), Till Ortmann (Doktorand), Maria Krez (Masterstudentin), Timo Weintraut (Wiss. Hilfskraft), David Schäfer (Masterstudent), Clarissa Glaser (Doktorandin)

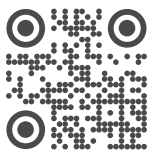


PD Dr. Marcus Rohnke neben dem im Juli 2020 in Betrieb genommenen M6 Hybrid SIMS der Firma IONTOF GmbH. Das Sekundärionenmassenspektrometer eignet sich zur massenspektrometrischen 3D-Analytik und besitzt neben einen Flugzeitanalysator noch einen Orbitrap-Analysator der Firma Thermo Fisher Scientific. Dieser eignet sich aufgrund seiner hohen Massenauflösung sowie der MS/MS Funktionalität insbesondere zum eindeutigen Nachweis organischer Molekülionen.

Horizon 2020 FET-PROACTIVE Projekt „LIGHT-CAP“



Vor dem Hintergrund des europäischen Klimaneutralitätsprogramms werden im Rahmen des LIGHT-CAP-Projekts,



@LightCap2021



einer vierjährigen Forschungsinitiative, neue Konzepte und Technologien für die Umwandlung und Speicherung von Solarenergie entwickelt. Die an LIGHT-CAP beteiligten Forscherinnen und Forscher, zu denen auch Dr. Teresa Gatti und Prof. Dr. Bernd Smarsly vom ZfM gehören, verwenden modernste Nanotechnologie, um Systeme maßzuschneidern, die die Energie des Sonnenlichts absorbieren, umwandeln und nachhaltig bei niedrigen Herstellungskosten speichern können. LIGHT-CAP wird von der Europäischen Union mit 3,18 Millionen Euro gefördert. Das Konsortium, das vom IIT-Istituto Italiano di Tecnologia (Italienisches Institut für Technologie) koordiniert wird, besteht aus EU- und Nicht-EU-Partnern mit akademischem und industriellem Hintergrund, die synergistisch zusammenarbeiten, um die anspruchsvollen Ziele des Projekts zu erreichen. Die innovativen Ideen des Projekts wurden im Rahmen des europäischen Horizon2020-Aufrufs „Breakthrough zero-emissions energy storage and conversion technologies for carbon-neutrality“ innerhalb des Programms „FET Proactive: Emerging Paradigms and Communities“ entwickelt.

MEHRELEKTRONENPROZESSE IN LICHTBETRIEBENEN ELEKTRODEN UND ELEKTROLYTE FÜR DIE UMWANDLUNG UND SPEICHERUNG VON SOLARENERGIE.

Ökologische Nachhaltigkeit ist heutzutage ein zentraler Aspekt der technologischen Innovation und damit ein wesentliches Ziel zukünftiger Forschungsrichtungen. Die Europäische Union hat sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. Um dieses zu erreichen, ist das Energiemanagement — die Verknüpfung der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen mit einem effizienten Energieverbrauch — von grundlegender Bedeutung. Solarenergie gehört zu den vielversprechendsten sauberen Energiequellen, allerdings muss ihre Speicherung optimiert werden, um auf die Schwankungen von Sonnenlicht und Energiebedarf angemessen reagieren zu können. Die aktuelle Technologie für die Umwandlung und Speicherung von Solarenergie beruht größtenteils auf der Kombination von teuren Silizium-Solarzellen mit Batterien. Das Projekt LIGHT-CAP zielt



Dr. Teresa Gatti und Prof. Dr. Bernd Smarsly

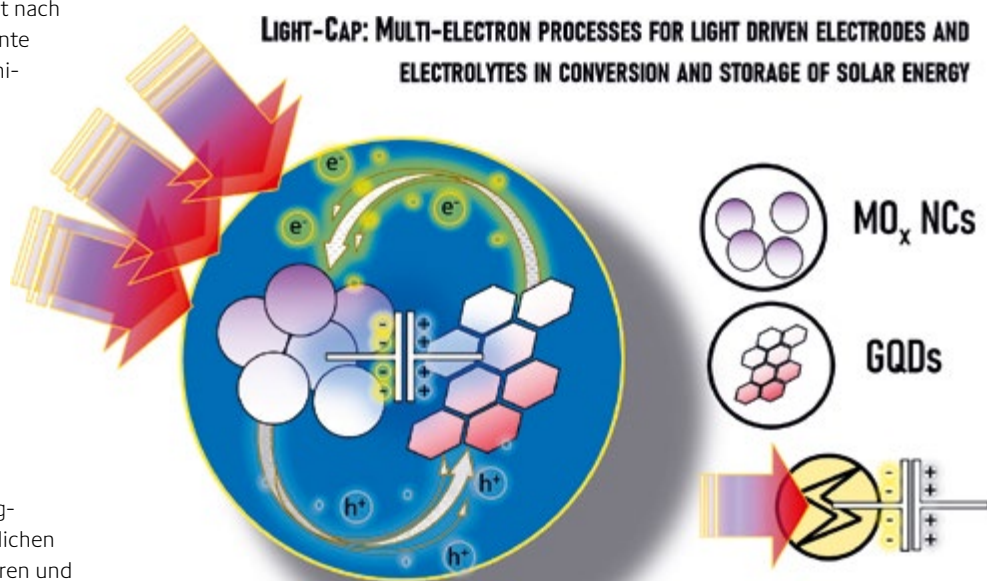
darauf ab, diesen Stand der Technik konzeptionell zu erweitern und mit Hilfe von Nanotechnologie die Funktionalitäten für Umwandlung und Speicherung in einem einzigen, vielseitigen Gerät zu kombinieren.

Wichtig für diesen innovativen Ansatz ist der Einsatz umweltfreundlicher und in großen Mengen verfügbarer Materialien, die nicht von möglichen zukünftigen Versorgungsrisiken betroffen sind. In LIGHT-CAP sollen Nanopartikel, die auf Kohlenstoff (z. B. Graphen) basieren, mit verschiedenen Metalloxiden (Zink, Zinn), die dank ihrer guten elektrischen Leitfähigkeit üblicherweise für elektronische Komponenten in Geräten wie Smartphones, Displays oder LEDs verwendet werden, kombiniert werden. Diese Materialkombinationen versprechen aufgrund von multiplen und reversiblen Ladungstransferprozessen, die sie aufrechterhalten können, sogar eine zusätzliche Verbesserung der Speicherkapazität nach der Lichtumwandlung. Zudem konnte für sie bereits eine wettbewerbsfähige Speicherkapazität im Vergleich zu den derzeit für Batteriesysteme verwendeten Technologien gezeigt werden und darüber hinaus eine langfristige Stabilität und Zyklisierbarkeit bewiesen werden.

LIGHT-CAP zielt somit darauf ab, eine effizientere Gewinnung, Umwandlung, Speicherung und kontrollierte Freisetzung von Solarenergie für die Anwendung sowohl in tragbaren als auch in stationären Technologien zu ermöglichen. Dies könnte einen beträchtlichen Einfluss auf den Bereich der tragbaren und mobilen Elektronik haben und wird gleichzeitig den Paradigmenwechsel hin zu einer nachhaltigen und emissionsfreien Energielandschaft in Europa vorantreiben.

Dem LIGHT-CAP-Konsortium gehören an: Istituto Italiano di Tecnologia (Italien, Dr. Ilka Kriegel), Justus-Liebig-Universität Gießen (Deutschland, Dr. Teresa Gatti, Prof. Dr. Bernd Smarsly), École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Schweiz, Prof. Francesco Stellacci), Technische Universität Dresden (Deutschland, Prof. Xinliang Feng), Politecnico di Milano (Italien, Prof. Francesco

Scotognella) und Fundacion IMDEA Energia (Spanien, Dr. Rebeca Marcilla). Das Projekt profitiert zudem von einer Zusammenarbeit mit einer Forschungsgruppe am Okinawa Institute of Science and Technology in Japan (Dr. Akimitsu Narita), die wichtiges Fachwissen über die Synthese und über die Anwendung von Nanomaterialien bereitstellt. Weitere Unterstützung kommt von dem Industriepartner Be-Dimensional (Dr. Francesco Bonaccorso), der auf dem Gebiet der Herstellung von 2D-Materialien und deren Einsatz in Energieräten tätig ist, sowie von Thales Research and Technology (Dr. Paolo Bondavalli), einem großen Industrieunternehmen, das in vielen verschiedenen Bereichen aktiv ist.



Publikationen

T. Gatti, F. Lamberti, R. Mazzaro, I. Kriegel, F. Enrichi, D. Schlettwein, A. Vomiero, and S. Gross
Opportunities from doping of non-critical metal oxides in last generation light-conversion devices
 Advanced Energy Materials 11 (31), 2021





WISSENSCHAFTLICHER NACHWUCHS

040

Nachwuchsförderung

042

Arbeitsgruppe „Quantennanophotonik“

044

Arbeitsgruppe „Hybrid-Materialien für elektrochemische Energiespeicher“

046

Arbeitsgruppe „Dünnschichttechnologie“

048

Data Science - Forschung und Lehre

050

Die Promotionsplattform PriMa

Nachwuchsförderung

DIE FÖRDERUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN NACHWUCHSES LIEGT IN GEWISSEM SINNE IN DEN „GENEN“ EINER UNIVERSITÄT. DIESE FÖRDERUNG IST TEIL DER PERSÖNLICHEN UND PROFESSIONELLEN ENTWICKLUNG DER KANDIDATINEN UND KANDIDATEN UND BAUT IN DER REGEL AUF DEN EINSCHLÄGIGEN AKADEMISCHEN B.SC.- UND M.SC.-ABSCHLÜSSEN AUF.

Die Nachwuchsförderung beginnt heute in der Regel mit Promotionsprogrammen, in denen Promovierende über die übliche persönliche Promotionsbetreuung durch Doktormutter oder -vater hinaus wichtige Informationen über mögliche Karriereentwicklungen erhalten und überfachliche Kompetenzen erwerben. Mit dem Promotionsprogramm „PriMa“ sichert das ZfM eine hochwertige und am Bedarf der Promovierenden orientierte Förderung.

Die der Promotion nachfolgende akademische Karrierephase ist erwiesenermaßen besonders kritisch und in Deutschland stark diskutiert. Tradierte Pfade konkurrieren mit neuen Wegen, und unklare Karriereperspektiven werden stark bewertet. Das ZfM sieht sich hier in der Verpflichtung, die Entwicklung transparenter und sinnvoller Karrierewege in der Materialforschung zu fördern. Im Bereich der

Naturwissenschaften gibt es ein international weit verbreitetes Muster der akademischen Karriere nach der Promotion: Nach einer optionalen **Postdoktorandinnen- oder Postdoktorandenphase** in einem renommierten Labor, oft im Ausland, schließt sich eine mehrjährige Phase (typisch 5 bis 6 Jahre) an, in der „*early career researchers*“ unter klar definierten Randbedingungen eine eigene Forschungsgruppe aufbauen. Beide Phasen erfordern eine angemessene Betreuung und aktive Mentorinnen oder Mentoren, um den Übergang in die eigenständige wissenschaftliche Arbeit möglichst reibungslos zu gestalten.

Ein typisches **Postdoktorat** bietet innerhalb einer klar begrenzten Zeit von meist ein oder zwei Jahren die Möglichkeit, als Teil einer Arbeitsgruppe spezielle Methoden oder Forschungsthemen kennenzulernen, die deutlich über die eigenen Promotionsthemen hinausreichen und die das eigene Spektrum an Qualifikationsmerkmalen erweitern. Das ZfM bietet mit seinen zahlreichen Arbeitsgruppen und seinem breiten Methodenspektrum hervorragende Möglichkeiten für diese Karrierestufe als Postdoktorandin oder Postdoktorand. In den Jahren 2020 und 2021 waren ca. 27 Postdoktorandinnen und Postdoktoranden in den Gruppen des ZfM tätig. Die Finanzierung erfolgt in der Regel aus Drittmittelprojekten, und das Angebot an Postdoktorandenstellen sollte direkt bei den Arbeitsgruppenleiterinnen und -leitern erfragt werden. Besonders qualifizierte ausländische Kandidatinnen und Kandidaten können eine Förderung durch die Alexander-von-Humboldt-Stiftung beantragen. Ein erfolgreiches Postdoktorat deutscher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Ausland wird heute im Regelfall (nicht zwingend) als Voraussetzung für die Förderung in der folgenden „Aufbauphase“ betrachtet.

Die für eine spätere akademische Karriere wichtigste Phase ist sicher die heute in Deutschland oft als „**Nachwuchsgruppenphase**“, international meist als „*early career researcher period*“, bezeichnete Zeit. Innerhalb einer Zeitspanne von 5 bis 6 Jahren erschließen sich Kandidatinnen und Kandidaten ein eigenes Forschungsgebiet und feiern hier erste sichtbare Erfolge. Um ausreichend Zeit für die sich anschließende Bewerbungsphase zu haben, verkürzt sich diese „Aufbauphase“ im Kern effektiv auf ca. 3 bis 4 Jahre. Innerhalb dieser Zeit muss es gelingen, mit einem kleinen Team eigener Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine für das eigene Fach ausreichende Menge an wissenschaftlichen Ergebnissen zu erzielen und innerhalb des Fachs sichtbar



zu werden. Es gibt in Deutschland heute grundsätzlich zwei verschiedene Varianten für diese Aufbauphase — die herkömmliche „Nachwuchsstelle“, die in eine vorhandene Arbeitsgruppe eingebettet ist, und die Juniorprofessur, die bereits mit einer sogenannten „tenure track“-Option ausgestattet ist. Während im ersten Fall meist kein Übergang am Ort auf eine vollwertige Professur vorgesehen ist, ist dies im Falle der Juniorprofessur als Regelfall vorgesehen, vorbehaltlich einer positiven Evaluierung. Auf persönliche Exzellenz ausgerichtete Förderprogramme können in beiden Fällen für eine sichere mittelfristige Finanzierung sorgen (u.a. Emmy-Noether-Programm der DFG, NanoMatFutur-Programm des BMBF, ERC Starting Grant). Das ZfM fördert derartige „Nachwuchsgruppen“ (sieben Gruppen sind Ende 2021 im ZfM verankert) besonders intensiv durch verschiedene Maßnahmen, und die leistungsfähige Methodeninfrastruktur kommt den Nachwuchsgruppen besonders zugute.

Weitere Informationen für interessierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler: Dr. Thomas Leichtweiß, ZfM, JLU

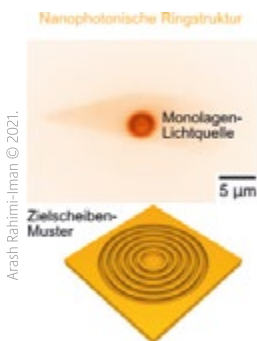
Arbeitsgruppe „Quantennanophotonik“



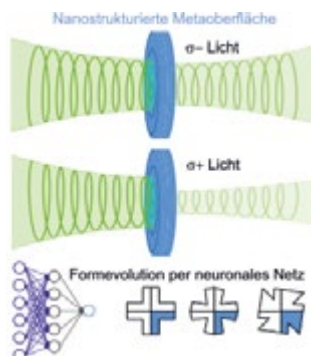
Arash Rahimi-Iman © 2021.

DIE HEISENBERG-AG RAHIMI-IMAN BRINGT SCHLÜSSELKOMPETENZEN IN DER LASERENTWICKLUNG SOWIE IN DER UNTERSUCHUNG VON SOGENANTEN 2D-MATERIALIEN INS ZFM.

Hier bieten vor allem die mannigfaltigen 2D-Heterostrukturen auf der Nanoskala eine spannende Perspektive in der Materialforschung. Der zu jener Zeit in Würzburg in der Quantenoptik heranwachsende Nachwuchswissenschaftler beschäftigte sich vor seiner Habilitandenzeit in Marburg mit optischen Mikrokavitäten und neuartigen Lichtquellen. Von der Forschung zu Kavitäts-Quantenelektrodynamik und Lasern profitieren die Aktivitäten seiner Teams noch heute. Seine Expertise in der Halbleiterphotonik und zu Licht-Materie Wechselwirkungen werden die experimentellen Arbeiten an neuartigen, computeroptimierten Metaoberflächen und nanophotonischen Strukturen für die Bauteilentwicklung mit 2D-Materialien stärken. Gemeinsam mit Partnern sollen erzielte optoelektronische Plattformen mit nicht selten exotischen Eigenschaften an zukünftige Anwendungen herangeführt werden, wie z.B. für integrierte optische Schaltkreise, die Energiegewinnung mit Nanostrukturen oder auch die Quantenkommunikation.



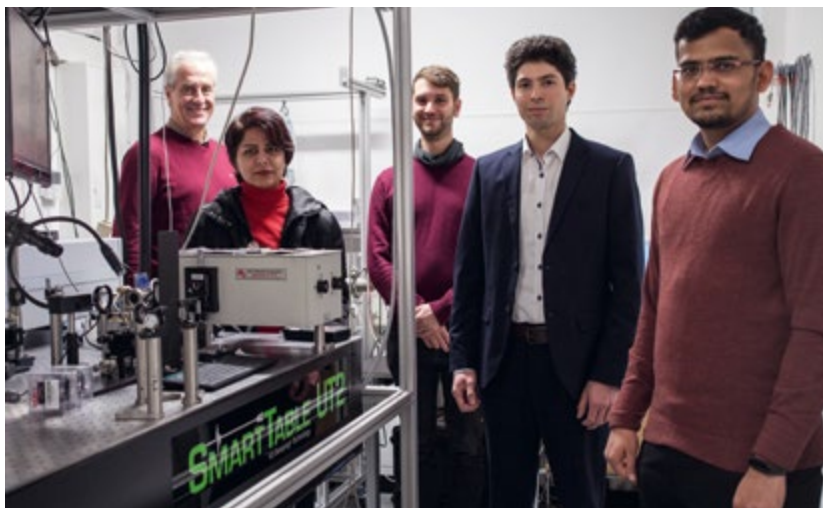
Die AG Rahimi-Iman und Kooperationspartner arbeiten an Nanostrukturen für 2D-Materialienphotonik. Die AG optimiert auch Designs für chirale Metaoberflächen mittels maschinellen Lernens



Das seit 2015 mit zunehmend überregionalen Projekten und internationalen Kooperationen von Dr. Rahimi-Iman in Mittelhessen etablierte Themengebiet der 2D-Halbleiter stellt eine zentrale Säule der Forschung in seiner Heisenberg-AG dar. Hauchdünne Schichtkristalle, sogenannte 2D-Materialien, mit unterschiedlichen elektrischen und optischen Eigenschaften sind als einzelne Lage (Monolage) oftmals weniger als 1 nm hoch und werden von Projektmitarbeitenden der AG manuell von millimeter-großen Kristallen mechanisch getrennt und nahezu beliebig zu funktionalen Nano-Heterostrukturen gestapelt: Z.B. können die einzelnen Monolagen leitend, halbleitend oder isolierend sein, schnell oder langsam zerfallende, seitlich oder vertikalabstrahlende Emitter, gar lokalisierbare Quantenemitter beherbergen, oder Moiré-Potentialzustände in 2D-periodischen Über-gittern in Grenzflächensystemen bieten. All dies macht diese neuartige Materialklasse attraktiv für optoelektronische Anwendungen und quantenphysikalische Untersuchungen.

In der AG Rahimi-Iman werden mit Partnern aus China, Deutschland sowie den USA diese Eigenschaften sowohl mit Blick auf flexible Nano-Photovoltaik/-Lichterzeugung als auch die Quantenoptik erforscht. Unterstützt werden diese langjährigen Vorhaben durch DFG-geförderte Einzelprojekte sowie dem Schwerpunktprogramm SPP 2244, exzellente Proben aus den USA, und die Chinesisch-Deutsche Kooperationsgruppe FNMS-COOP. Hierzu kommen auch optische Nanostrukturen mit maßgeschneiderten Eigenschaften zum Einsatz — ein weiterer, zentraler Forschungsschwerpunkt der AG. Die erzielbare Verbesserung der Lichtausbeute und Lasereinkopplung mittels nanophotonischer Strukturen zeigt hier eine Beispielaufnahme des Emissionsverhaltens (Abbildung links), während ein anderes Beispieldiagramm computeroptimierte Metaoberflächen für einen Chiralitätsdichroismus, also einer polarisationsabhängigen Reflexion bzw. Transmission an einer sozusagen „flachen Optik“, repräsentiert (Abbildung rechts).

In einem weiteren DFG Projekt befasst sich die AG mit italienischen Kooperationspartnern am NANOTEC-CNR in Lecce mit der Manipulation und Kontrolle kohärenter Zustände in Exziton-Polariton Systemen. Die AG Rahimi-Iman setzt optische und THz Pulse ein, um den Quantenzustand gezielt zu verändern. Ebenso untersucht sie die Störanfälligkeit potenzieller Polariton-Qubits (Quantenbits



Laboreinsicht mit FNMS-COOP Kooperationspartner der AG. Von links nach rechts: Prof. Dr. Hartmut Roskos, Elham Talvari, Frederik Walla, Dr. Arash Rahimi-Iman und Chirag Palekar

basierend auf der starken Licht-Materie-Kopplung in optischen Mikrokavitäten) und Bose-Einstein-kondensatartiger Quantenflüssigkeiten im Halbleiterheterokristall, beispielsweise mittels zeitaufgelöster Spektroskopie sowie digitaler Holographie.

Des Weiteren wird auch zu 2D-Materialien gemeinsam mit Partnern aus Berlin und Hangzhou die einstellbare Licht-Materie-Wechselwirkung in geeigneten photonischen Resonatoren erforscht, darunter mit 3D-gedruckten Nanostrukturen, Glasfaserspiegeln und selektierten Quantenemittern. Darüber hinaus interessiert sich Dr. Rahimi-Iman für die Modenkopplung von Halbleiterlasern basierend auf optisch nichtlinearen Mechanismen

in Halbleiterchips und Mikroresonatoren, welche zum Beispiel für die selbststartende Frequenzkamm-Erzeugung genutzt werden können.

Anwendungsrelevanz haben solche Kämmen z.B. in der Molekülspektroskopie. Die Selbstmodenkopplung hat sein Marburger Team bereits erfolgreich über zwei DFG-Projektphasen untersucht und dabei vielseitige Unterstützung von Partnern weltweit erhalten.

Publikationen

O. Mey and A. Rahimi-Iman
Machine Learning-Based Optimization of Chiral Photonic Nanostructures: Evolution- and Neural Network-Based Design

Physica Status Solidi RRL 2100571, 2021

C. C. Palekar and A. Rahimi-Iman
Tunable Polymer/Air-Bragg Optical Microcavity Configurations for Controllable Light-Matter Interaction Scenarios

Physica Status Solidi RRL 2100182, 2021

O. Mey, F. Wall, L. M. Schneider, D. Günder, F. Walla, A. Soltani, H. Roskos, N. Yao, P. Qing, W. Fang and A. Rahimi-Iman

Enhancement of the Monolayer WS_2 Exciton Photoluminescence with a 2D-Material/Air/GaP In-Plane Microcavity
ACS Nano 13, S. 5259–5267, 2019



Dr. Arash Rahimi-Iman wechselte nach seiner Habilitation 2021 in Marburg als Heisenberg-Gruppenleiter an das I. Physikalische Institut der JLU. Dort setzt er mit seinem Team sowie weltweiten Partnern diverse Forschungsprojekte und Kooperationen fort. Seine Promotion schloss er 2013 in Würzburg zur ersten Polariton-Laser-Diode ab. Anschließend vertiefte er seine Kenntnisse als Projekt- und Teamleiter zu optisch gepumpten Halbleiterlasern, leuchtenden 2D-Materialien und Quantenzuständen der Licht-Materie-Kopplung mit exzitonischen Quasiteilchen. Der mehrfache Buchautor sowie interdisziplinäre Forscher und Dozent erfreut sich zudem an der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich der Nano-/Quantentechnologien sowohl an der heimischen Institution als auch im Rahmen der von ihm initiierten Chinesisch-Deutschen Kooperationsgruppe „Functional Nanomaterials Sciences“.

Arbeitsgruppe „Hybrid-Materialien für elektrochemische Energiespeicher“

BMBF-NANOMATFUTUR-NACHWUCHSGRUPPE DR. FELIX H. RICHTER.

Die vom BMBF geförderte NanoMatFutur-Nachwuchsgruppe von Dr. Felix H. Richter entwickelt Festkörperbatterien mit Lithiummetall und polymeren Schutzschichten. Polymere haben den Vorteil, dass sie eine große chemische Vielfalt und Funktionalität aufweisen. Sie können auch in unterschiedlicher Form und Morphologie hergestellt werden. Deshalb bietet ihr Einsatz in Festkörperbatterien vielfältige Ansatzpunkte, um die Lebensdauer, Leistung und Energiedichte von elektrochemischen Energiespeichern zu verbessern.

Festkörperbatterien haben durch die Entdeckung neuer anorganischer Festelektrolyte, von denen einige eine vergleichbare Ionenleitfähigkeit besitzen wie flüssige Elektrolyte, zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen. Mit dem zusätzlichen Vorteil, Einzelionenleiter zu sein, erreichen einige anorganische Festelektrolyte die erforderliche Leitfähigkeit, um Kernbestandteil der nächsten Generation von Energiespeichern werden zu können. Die Herausforderungen bei der Herstellung dünner Schichten und stabiler Grenzflächen aus anorganischen und spröden Materialien schränken jedoch

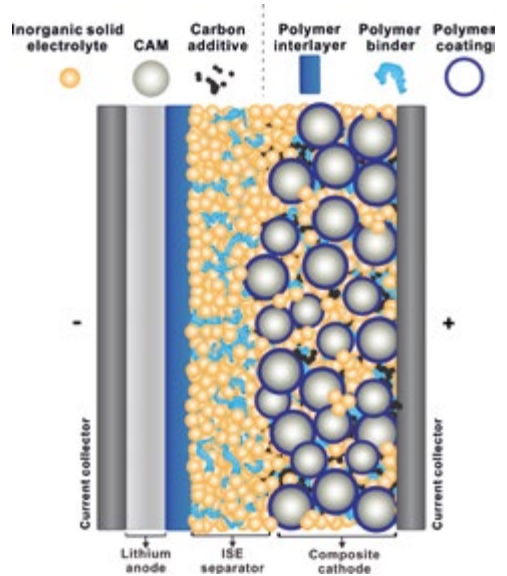


Abbildung 1
Schematische Darstellung einer Festkörperbatterie mit polymeren Schutzschichten und Binder (CAM: Kathodenaktivmaterial, ISE: anorganischer Festelektrolyt)



Von links nach rechts: M. Sc. Yannik Schneider, M. Sc. Enrico Trevisanello, Dr. Sudeshna Sen, M. Sc. Elard Niemöller, M. Sc. Bing-Xuan Shi, Dr. Felix H. Richter



Publikationen

S. Randau, D. A. Weber, O. Kötz, R. Koerver, P. Braun, A. Weber, E. Ivers-Tiffée, T. Adermann, J. Kulisch, W. G. Zeier, F. H. Richter, and J. Janek
Benchmarking the performance of all-solid-state lithium batteries
Nature Energy 5, S. 259-270, 2020

S. Sen, E. Trevisanello, E. Niemöller, B.-X. Shi, F. J. Simon, and F. H. Richter
The role of polymers in lithium solid-state batteries with inorganic solid electrolytes
Journal of Materials Chemistry A 9, S. 18701-18732, 2021

die Leistungsfähigkeit von Festkörperbatterien ein, welche lediglich anorganische Materialien beinhalten. Daher verwenden die derzeit leistungsstärksten Festkörperbatterien auch Polymere, um die Grenzflächen, den Zusammenhalt, die Herstellung und die mechanischen Eigenschaften der Zelle als Ganzes zu verbessern. Die verwendeten Polymere liegen in Form von Verbundelektrolyten, Zwischenschichten, Schutzschichten und Bindemitteln vor. Die Rolle von Polymeren in Bezug auf Grenzflächenchemie, Grenzflächenwiderstand und Lithiumtransfer trägt entscheidend dazu bei, die Leistungsfähigkeit der Zellen zu verbessern. Auch für die Herstellung von Festkörperbatterien haben Polymere eine große Bedeutung. Die Verarbeitung von Polymeren in Lösung oder als Schmelze eröffnet eine Reihe von Verarbeitungsmethoden, die

auf anorganische Feststoffe nicht ohne Polymerzusatz anwendbar sind. Die Herstellung dünner Filme aus Polymerelektrolyten ist einfacher als die von anorganischen Festelektrolyten und kann oft bei niedrigeren Temperaturen durchgeführt werden. Daher wird erwartet, dass Polymere die Herstellung von Festkörperbatterien mit anorganischen Festelektrolyten erleichtern und Lösungen für die verbleibenden Herausforderungen an Grenzflächen bieten können. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Festkörperbatterie und zeigt auf, wie Polymere verwendet werden können, um die Leistung von Festkörperbatterien mit anorganischen Festelektrolyten zu verbessern, indem sie als Schutzschichten oder Binder die mechanische sowie elektrochemische Stabilisierung der Zelle bewirken.

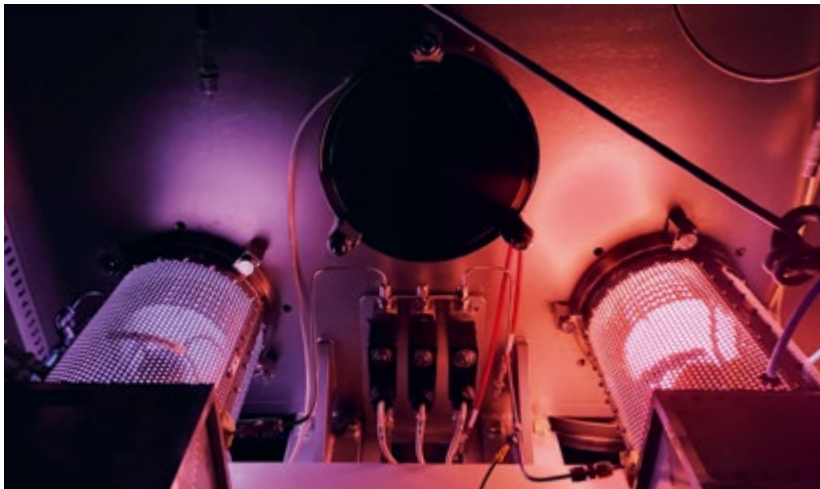


Dr. Felix H. Richter promovierte im Jahr 2013 an der Ruhr-Universität Bochum und am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung zum Thema Mesoporöse Polymere als Katalysatoren für die Umwandlung von Biomasse. Während seines anschließenden Postdoc-Aufenthalts an der University of St. Andrews erhielt er ein Forschungsstipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft, um Hybridelektrolyte für Festkörperbatterien an der University of Oxford zu entwickeln. Im Februar 2017 wechselte er an das Physikalisch-Chemische Institut der JLU. Der Forschungsschwerpunkt seiner Nachwuchsgruppe am ZfM liegt auf der Entwicklung neuer Hybridmaterialien für elektrochemische Energiespeicher, insbesondere Festkörperbatterien.

Arbeitsgruppe „Dünnschichttechnologie“

DIE AG DR. MARTIN BECKER BESCHÄFTIGT SICH MIT BESCHICHTUNGEN, DIE EINE ZENTRALE ROLLE IN MANNIGFACHEN BEREICHEN DES TÄGLICHEN LEBENS SPIELEN.

Schichten mit Dicken im Bereich von einigen Nanometern bis zu einigen Mikrometern erfüllen oft wesentliche Aufgaben für die Funktionalität neuer passiver und aktiver Bauelemente. Ziel jeder Dünnschichttechnik ist es, das physikalische Verhalten der eingesetzten Materialien und Oberflächen gezielt für die anwendungsspezifischen Anforderungen zu beeinflussen.



Ionenquellen der am I. Physikalisches Institut im Rahmen des EFRE-Vorhabens ZDBIS entwickelten Beschichtungsanlage im Betrieb

Zu den wichtigsten Stellschrauben zählen dabei neben der Schichtdicke beispielsweise auch die Morphologie, elektrische Leitfähigkeit, Brechungsindex oder Oberflächenrauheit. Diese Schichteigenschaften hängen stark von der gewählten Beschichtungsmethode und den eingestellten Prozessparametern ab. Oftmals erfolgt der Abscheidungsprozess dünner Schichten nicht im thermodynamischen Gleichgewicht. Dadurch können Dünnschichten Eigenschaften entwickeln, die wesentlich vom Verhalten des Volumenmaterials

abweichen. Die **Kathodenzerstäubung**, auch Sputtern genannt, gilt als eine der am besten etablierten Techniken zur Abscheidung von Dünnschichten. Dies liegt vor allem an der erreichbaren Homogenität und der guten Skalierbarkeit. Die **Ionenstrahl-Sputterdeposition** (IBSD) ist ein dem konventionellen Sputtern ähnliches Verfahren, bietet jedoch eine erhöhte Prozessflexibilität. Beispielsweise sind Ionenenergie, Ionenstrahlrichtung und Ionenstromdichte nahezu unabhängig kontrollierbar. Um die Vorzüge der Ionenstrahltechniken voll auszunutzen, ist jedoch eine sorgfältige, geometrische Anordnung von Ionenquelle(n), Sputtertarget(s) und Substrat erforderlich, da die Energieverteilung von Sekundär- und rückgestreuten Primärteilchen stark vom primären Ionenstrahl sowie von geometrischen Parametern wie dem Ioneneinfallswinkel abhängt. In der AG werden beide Verfahrensgruppen angewendet, um funktionale Dünnschichten abzuscheiden. Es werden opto-elektronische und photovoltaische Beschichtungen sowie Materialien der Energiespeicherung und -wandlung untersucht. Dabei liegen sowohl grundlegende Materialfragestellungen der Einzelschichten, aber auch Schichtsysteme zur Herstellung von Halbleiterbauelementen im Fokus. Gerade die Vorzüge der IBSD im Hinblick auf Kombinierbarkeit unterschiedlicher Materialsysteme ermöglicht die Erstellung von sogenannten Materialbibliotheken. Somit werden die Grundlagen gelegt, um moderne Bauelemente auf Basis neuartiger Materialsysteme zu entwickeln und zu verbessern.

Neben materialspezifischen Fragestellungen rücken in der AG vermehrt apparative Weiterentwicklungen in den Vordergrund, welche auf eine stete Verbesserung der Prozessflexibilität und -kontrolle abzielen — sowohl zur Herstellung von neuartigen Materialkombinationen als auch von Multischichtsystemen. Im Folgenden seien hierfür einige Beispiele genannt:

1. Konfigurationen mit mehreren Ionenquellen bieten Vorteile hinsichtlich der Prozessflexibilität. So bietet sich die Möglichkeit, ein kombinatorisches Dünnschichtwachstum zu realisieren, bei dem die Materialzusammensetzung systematisch über ein Substrat variiert wird. Beispielsweise kann im Fall einer Anordnung mit zwei Ionenquellen und zwei Targets ein lateraler Kompositionsgradient erzeugt werden. Bei solchen kombinatorischen Experimenten ist es von entscheidender Bedeutung, die Strahlprofile, die einzelnen Sputterraten und die Substrattemperatur zu berücksichtigen. Das Konzept des kombinatorischen Wachstums von Materialien



Publikationen

M. Becker, M. Gies, A. Polity, S. Chatterjee, and P. J. Klar

Materials processing using radio-frequency ion-sources: Ion-beam sputter-deposition and surface treatment
Review of Scientific Instruments 90, 023901, 2019

M. Becker, S. L. Benz, L. Chen, A. Polity, P. J. Klar, and S. Chatterjee

Controlled thin-film deposition of α or β -Ga₂O₃ by ion-beam sputtering
Journal of Vacuum Science & Technology A 38, 063412, 2020

M. Becker, P. Riedl, J. Kaupe, F. Michel, A. Polity, and S. Mitić

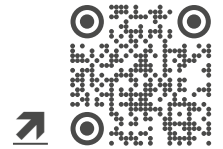
Assessing a growth anomaly in ion-beam sputtered non-stoichiometric NiO_x
Journal of Applied Physics 126, 134901, 2019

durch Mehrstrahl-IBSD kann durch Vergrößerung der Anzahl von Ionenquellen und entsprechenden Targets auf komplexere Legierungen erweitert werden.

2. Funktionalitäten optischer Elemente werden durch das Aufbringen von Multischichtsystemen realisiert. Oft lässt sich die hierfür theoretisch gefundene, optimale Schichtfolge jedoch praktisch nicht umsetzen, da es zur Ausbildung mechanischer Verspannungen kommt. Durch eine simultane beidseitige Beschichtung ist eine inhärente Kompensation des Verspannungseinflusses der einzelnen Schichten auf das gesamte optische Element möglich. Allein

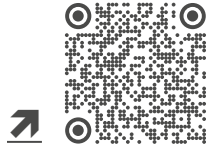
der Ansatz der simultanen Deposition erweitert die in den Schichtfolgen einsetzbaren Materialkombinationen deutlich.

3. Im Zusammenhang mit der Herstellung komplexer Materialabfolgen rückt zunehmend auch in situ-Schichtdickenanalytik in den Fokus. So sollen komplexe Multischichten automatisiert und schlussendlich mit definierten Abbruchbedingungen deponiert werden. Simultane Plasmadiagnostik erlaubt es, die physikalischen Eigenschaften der gewachsenen Dünnschichten auf die Plasmaeigenschaften wie Teilchendichten oder Gasspezies zurückzuführen.



Dr. Martin Becker studierte Physik an der JLU und schloss 2011 mit dem Master ab. Dabei beschäftigte er sich mit der Abscheidung oxidischer Dünnschichten. Im Jahr 2016 promovierte er über neuartige Beschichtungsverfahren auf Basis der Kathodenzerstäubung. Dabei wurden die an der JLU entwickelten Radiofrequenzionenquellen eingesetzt und im Rahmen des LOEWE-Schwerpunkts RITSAT weiterentwickelt. Nach seiner Promotion verschob sich der Forschungsschwerpunkt auf die Prozess- und Anlagentechnik für die industrielle Realisierung von Lithium-Festkörperbatterien in Dünnschichttechnik (BMBF-Projekt „ProSoLitBat“). In diesem Rahmen erweiterte sich das Spektrum untersuchter Materialsysteme von den zuvor behandelten opto-elektronischen und photovoltaischen Beschichtungen auch auf Materialien für die Energiespeicherung und -wandlung. Neben der Fortführung der materialorientierten Forschung werden zusätzliche anwendungsorientierte Förderungsmöglichkeiten erschlossen. Ein Beispiel dafür ist das EFRE-Projekt „2DIBS“, welches als Validierungsprojekt direkt auf konkrete Folgeinnovationen und die Stärkung des Wissenstransfers in die mittelständische Industrie abzielt.

Data Science – Forschung und Lehre



EINE REIHE PARALLELER ENTWICKLUNGEN HAT IN DEN LETZTEN JAHREN DAZU GEFÜHRT, DASS SICH DAS WISSENSCHAFTSGEBIET DER „DATA SCIENCE“ RASCH ZU EINEM DER BESONDERS AKTIVEN UNIVERSITÄREN ARBEITSFELDER ENTWICKELT HAT.

Ursprünglich ausgehend von mathematischen Konzepten zur Datenstatistik und -auswertung hat sich ein eigenes Wissenschaftsgebiet entwickelt, das den Umgang, die Verarbeitung und die vertiefte Analyse von Daten ganz verschiedener Qualität und Quantität in den Mittelpunkt stellt. Damit bilden Elemente der Mathematik und der Informatik, zunehmend auch informationstechnologische Ansätze, die Grundlage der „Datenwissenschaft“. Die immer umfangreicher verfügbare Rechenleistung aktueller Computergenerationen sorgt zudem für eine immer breitere Nutzung datenwissenschaftlicher Methoden in allen Bereichen unserer Gesellschaft. Besonders

sichtbare Beispiele sind die Auswertelgorithmen der sozialen Medien, im Finanzsektor oder im Handel. In der Medizin stehen aktuell datenbasierte Simulationsmodelle von Pandemien im Fokus, die maßgeblich für politische Entscheidungsprozesse sind. Andere Beispiele für die nahezu universelle Bedeutung der Datenwissenschaft sind die Klimaforschung, Tumorerkennung, Materialforschung, Teilchenphysik, Routenplanung, Prozess-Optimierung in der Produktion oder in betrieblichen Abläufen, und vieles mehr.

Die JLU hat ausgehend vom Fachbereich 07 – Mathematik und Informatik, Physik und Geographie — bereits zum Wintersemester 2021/22 den Bachelor-Studiengang „Data Science“ eingerichtet, um den erkennbaren Bedarf an Datenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern zu decken. In diesem Studiengang werden neben den Grundlagen der Mathematik und Informatik insbesondere Programmierkenntnisse vermittelt. Diese finden in verschiedenen Modulen wie „Naturwissenschaftliche Modellierung“, „Künstliche Intelligenz I und II“ und „Wissenschaftliche Programmierung und Datenanalyse“ praktische Anwendung. Ein großer Wahlbereich ermöglicht es den Studierenden, sich ergänzend und interdisziplinär fachliches „Domänenwissen“ anzueignen,



um eine Abschlussarbeit in einem der vielen Bereiche der JLU zu absolvieren, die sich mit Data Science beschäftigen, insbesondere auch in den am ZfM beteiligten Arbeitsgruppen.

Die Materialforschung, deren stoffliche Grundlage eine unfassbar große Zahl von organischen und anorganischen Verbindungen ist, war sehr früh Ziel für die Anwendung von Konzepten der Datenwissenschaft. Insbesondere das Konzept der „beschleunigten Materialentwicklung“ an der Schnittstelle von experimentellen Untersuchungen und datenwissenschaftlichen Arbeiten wird mit Nachdruck verfolgt, und der Aufbau umfangreicher öffentlicher Datenbanken mit freiem Zugang beschleunigt diese Entwicklung.

Eine weitere aktuelle Entwicklung, die letztlich eng mit der Entwicklung der Datenwissenschaft verknüpft ist, ist das Forschungsdatenmanagement. In der Vergangenheit wurden Forschungsdaten, insbesondere Forschungsrohdaten, nur lokal auf herkömmliche Weise gespeichert (nichtdigitale verteilte Archive). Mit der fortschreitenden Digitalisierung aller Bereiche von Wissenschaft nimmt der Druck zu, öffentlich finanzierte Forschungsergebnisse in vernetzten digitalen Archiven zu sichern und letztlich auch für Methoden der Datenwissenschaft zu öffnen. Damit entsteht auch der Bedarf nach möglichst einheitlichen Datenstrukturen und routinehaft angelegten Konzepten der Datenerfassung. Das „elektronische Laborjournal“ ist ein Kernelement dieser Strategie. Das ZfM hat sich bereits früh mit dem Forschungsdatenmanagement beschäftigt und 2021 eine entsprechende Ordnung verabschiedet.

Der gesamte Bereich der zunehmenden Digitalisierung, die systematische Archivierung von Forschungsdaten und immer besser werdende Methoden der Datenanalyse als Kernaufgabe der Datenwissenschaft, werden auch die Materialforschung zunehmend beeinflussen. Die theoretischen Arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ZfM sind hier bereits jetzt aktiv und arbeiten eng mit experimentellen Arbeitsgruppen zusammen, um sinnvolle Konzepte und Methoden sowohl erfolgreich in wissenschaftlichen Projekten einzusetzen als auch möglichst rasch in die Lehre einzubinden. Der Studiengang „Data Science“ greift diese Entwicklungen auf und wird mithelfen, den rasch wachsenden Bedarf an Expertinnen und Experten für die Datenwissenschaft zu decken.



Weitergehende Informationen:
Prof. Dr. Christian Heiliger, Institut für
Theoretische Physik, JLU



Die Promotionsplattform PriMa

FLEXIBLE UND BEDARFSGERECHTE AUSBILDUNGSANGEBOTE FÜR DEN ERFOLGREICHEN KARRIERESTART.



Schon seit 2014 — noch vor Gründung des ZfM — organisiert die Promotionsplattform PriMa für den wissenschaftlichen Nachwuchs in den an modernen Funktionsmaterialien forschenden Arbeitsgruppen der JLU vielfältige fachübergreifende und außerfachliche Lehrangebote. PriMa wurde 2016 in das ZfM integriert und durch den Koordinator für

Graduiertenbildung und Methodenplattformen, Dr. Martin Güngerich, konsequent weiterentwickelt. Damit sollen sich die ca. 180 Promovierenden, aber auch Studierende und Postdocs des ZfM bestmöglich neben ihrer fachlichen Forschungsarbeit auf die kommenden Stationen ihrer individuellen Karrierewege vorbereiten können. Um ihnen eine maximale Gestaltungsfreiheit zu garantieren, werden keine verpflichtenden Elemente vorgegeben, und die Teilnehmenden erhalten Zertifikate für die einzelnen Veranstaltungen.

Die Workshops, die meist von externen Referentinnen und Referenten geleitet werden, thematisieren vielfältige Kompetenzbereiche vom wissenschaftlichen Arbeiten über die Karriereplanung und das Unternehmertum bis hin zur Persönlichkeitsentwicklung. Projektbezogene Ausbildungsstrukturen wie etwa Graduiertenkollegs, an denen Gruppen des ZfM beteiligt sind, können auf diese Lehrveranstaltungen zugreifen. Aufgrund der Pandemie-bedingten Einschränkungen des Lehrbetriebs wurden ab Sommer 2020 alle Veranstaltungen als Videokonferenzen mit MS Teams, Webex oder ZOOM durchgeführt. Zur Evaluation der digitalen Kurse nutzt PriMa das Umfragetool LimeSurvey am Hochschulrechenzentrum. Die Kurse sind durchweg beliebt, so dass in einer typischen Promovierenden-Generation mittlerweile etwa 130 Doktorandinnen und Doktoranden an den Angeboten teilnehmen.

Obwohl PriMa nicht den Status eines eigenständigen Graduiertenzentrums besitzt, ist die Plattform eng mit den bestehenden Graduiertenstrukturen der JLU vernetzt. Die Unterstützungsangebote des ZfM und der Plattform PriMa werden seit 2016 jährlich im Sommersemester bei der JLU-Veranstaltung „Wege in die Promotion“ in einer gemeinsamen Session mit dem GGL vorgestellt. 2021 war der ZfM-Koordinator auch aktiv in das Organisationsteam eingebunden. Im November 2021 nahm der ZfM-Koordinator gemeinsam mit dem Akademischen Auslandsamt der JLU an der digitalen Nachwuchs-Messe „Research in Germany“ des DAAD teil, wo er ausländische Graduierte in Einzelgesprächen über Promotions- und Postdoc-Stellen in den Natur- und Technikwissenschaften informierte. Mit anderen Graduiertenzentren der JLU und der THM tauscht PriMa regelmäßig Restplätze in den Kursen aus, wodurch deren Auslastung verbessert wird.

Im Jahr 2022 wird an der JLU unter der Abkürzung „GGN“ ein neues Graduiertenzentrum entstehen, das die Naturwissenschaften — und damit auch die Materialforschung — sowie die Psychologie und die Mathematik abdecken soll. Die Geschäftsführung des ZfM ist in die vorbereitenden Arbeiten des aus Mitteln des hessischen „Profilbudgets“ geförderten Vorhabens intensiv eingebunden und wird sich mit ihren Erfahrungen aus PriMa tatkräftig am Aufbau des GGN beteiligen.

Rückmeldung der PriMa-Teilnehmer



Teilnahmebericht „Creativity in Science“ mit Dr. Alexander Schiller, von Markus Friedrich, AG Prof. P. J. Klar

Durch das im Rahmen von „PriMa“ bereitgestellte Fortbildungsangebot war es möglich, an diversen Workshops von Herrn Dr. Schiller teilzunehmen, welche sich mit verschiedenen Facetten des Themenkomplexes „Management in Science“ befassen. Im Workshop „Creativity in Science“ wurde herausgestellt, dass kreatives Arbeiten sich nicht zwingend auf das Erschaffen eines künstlerischen Werks bezieht, sondern viel mehr als Grundlage zum Lösen von Problemen, wie z.B. wissenschaftlichen Fragestellungen, begriffen werden kann, wobei vor allem Vorgehensweisen zum Entwickeln neuer Gedanken gemeint sind. Im Besonderen wurde hierbei die Strategien zum lateralen bzw. nicht linearen Denken und dem (selbst-)kritischen Denken behandelt. Als typische „Denkfehler“ des Alltags wurden beispielsweise der „confirmation-“, oder „outcome bias“ thematisiert.

”

Der Workshop hat sozusagen zu einer Sensibilisierung für etwas geführt, über das man sich wortwörtlich bisher zu wenige Gedanken gemacht hatte.

In seinem PriMa-Workshop „Technikfolgenabschätzung, Nachhaltigkeit und Issue Management“ hat Herr Prof. Dr. Peuckert einen sehr guten Überblick über die interessanten Themenbereiche Nachhaltigkeit und Bewertung von Technologien, Ökobilanzen sowie Ressourcen-Management von Rohstoffen, Energien und Entsorgung gegeben. Ergänzt wurde die Veranstaltung durch eine Gruppenarbeit, in der sich die Teilnehmenden in einem Gedankenspiel als Konzernvertretung und Bürgerinitiative gegenübertraten und Technologien wie Geothermie und Elektroschrottreycling an konkreten imaginären Fall-Beispielen diskutierten. Durch die Gruppenarbeit wurden die Vor- und Nachteile der thematisierten Technologien ausgiebig beleuchtet und bewertet. Die Inhalte des Workshops, kombiniert mit dem Engagement von Herrn Peuckert und den Teilnehmenden, machten die Veranstaltung in ihrer Gesamtheit zu einer bereichernden Erfahrung.



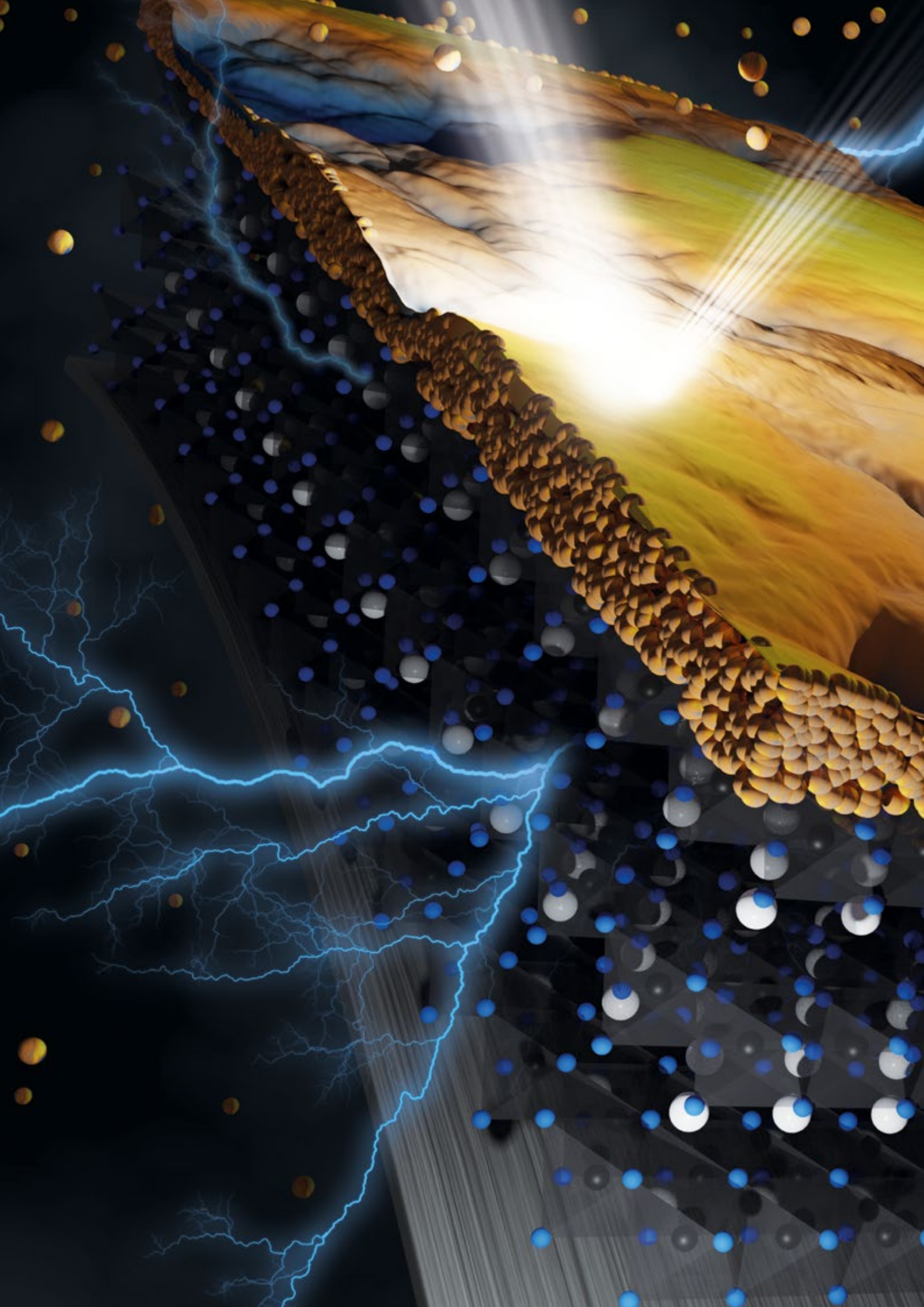
Teilnahmebericht „Technikfolgenabschätzung, Nachhaltigkeit und Issue Management“ mit Prof. Marcellus Peuckert, von Alisa Schmidt, AG Prof. M. Thoma



Teilnahmebericht „Berufliche Strategieentwicklung – Wo will ich hin? Was passt zu mir?“ mit Anja v. Kanitz, von Svenja Otto, AG Prof. J. Janek

Im Workshop Berufliche Strategieentwicklung ging es darum, wie man nach der Promotion in den Beruf einsteigen kann und wie man basierend auf seinen Interessen plant. Dazu wurden am ersten Workshop-Tag eine Selbstanalyse durchgeführt, ein Bewerberprofil erstellt und mögliche Einsatzfelder erkundet. Anschließend wurden innerhalb einer Woche in Tandems mögliche Stellen recherchiert und Bewerbungsunterlagen erstellt. Es bestand in dieser Zeit auch die Möglichkeit, ein Einzelgespräch mit der Trainerin zu vereinbaren und die individuellen Ergebnisse zu besprechen, was ich persönlich äußerst hilfreich fand. Anschließend wurden in zwei weiteren Gruppenterminen Bewerbungsgespräche vorbereitet und geübt. Hier teilte die Trainerin auch weitere wertvolle Inhalte wie zum Beispiel eine Liste mit häufigen Fragen in Bewerbungsgesprächen. Von einem Kollegen wurde mir hierzu bestätigt, dass dieser Fragenkatalog auch für sein reales Bewerbungsgespräch sehr hilfreich war. Zwar konnte der Workshop auf Grund der Corona-Pandemie nur digital stattfinden, die Trainerin hat es aber trotzdem geschafft, dass viel interagiert und diskutiert werden konnte. Insgesamt ist dieser Workshop durchweg empfehlenswert.

“





METHODEN- PLATTFORMEN

054

Die Methodenplattformen

056

Die etablierten Plattformen

058

Methodenplattform Rastersondenmethoden
„Sonde“

060

Assoziierte Plattform „Analytik Organischer
Materialien“

061

Neues M6 Hybrid-SIMS der Plattform „ELCH“

063

Ausbau der Atomic Layer Deposition (ALD)

INTERDISZIPLINÄRE FORSCHUNG AN ZUKUNFTSWEISENDEN FUNKTIONSMATERIALIEN WIRD DURCH DIE MÖGLICHKEITEN EINER GEMEINSAMEN NUTZUNG HOCHWERTIGER LABORGERÄTE IMMENS ERLEICHTERT. DAHER BESTEHT EINE DER WICHTIGSTEN AUFGABEN DES ZfM DARIN, ARBEITSGRUPPEN-ÜBERGREIFEND RELEVANTE CHARAKTERISIERUNGS- UND PRÄPARATIONSMETHODEN ZU IDENTIFIZIEREN UND DEN NIEDERSCHWELLEN ZUGRIFF ALLER IM ZfM VEREINTEN WISSENSCHAFTLERINNEN UND WISSENSCHAFTLER AUF DIESE TECHNIKEN ZU ORGANISIEREN. DIE METHODENPLATTFORMEN WERDEN DAHER KONTINUIERLICH MODERNISIERT UND ERGÄNZT.



Die Methodenplattformen



Der barrierefreie Zugang zu den Geräten benachbarter Arbeitsgruppen gewährt insbesondere jungen Forschenden bereits in einem frühen Karrierestadium Einblicke in eine Vielzahl einschlägiger Techniken und verbessert somit ihre Chancen auf dem Arbeitsmarkt. Für den wissenschaftlichen Nachwuchs aus dem Ausland wird die Arbeit am ZfM durch die niedrigen Hürden bei der Nutzung einander ergänzender Methoden besonders attraktiv. Die unbestreitbaren Vorteile eines erleichterten Zugangs zu Methoden werden in jüngster Zeit auch auf der Ebene der JLU und des Forschungscampus Mittelhessen adressiert. Hier befindet sich eine Hochschulübergreifende Informationsdatenbank für große und mittelgroße wissenschaftliche Geräte im Aufbau (Forschungsinfrastruktur Datenbank Mittelhessen „FinD-MI“).

Die Methodenplattformen des ZfM stehen bereits jetzt bei freien Kapazitäten und nach individueller Absprache auch Gruppen außerhalb des ZfM offen.

Die ZfM-Plattformen unterscheiden sich von den meisten Gerätezentren anderer Einrichtungen, da sie durch leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler betreut werden, die mit ihren Arbeitsgruppen an den jeweiligen Geräten aktiv eigene Forschungsprojekte durchführen. Somit werden Erhalt und kontinuierliche Erneuerung der Methoden durch ein starkes Eigeninteresse der Betreiberinnen und Betreiber begünstigt. Die Einbindung von Großgeräten in Methodenplattformen verbessert deren Auslastung und steigert daher die Chancen, Mittel für Erst- und Wiederbeschaffungen einzuwerben. Die Plattformen tragen so dazu bei, dass der Gerätepark des ZfM gerade auch im internationalen Maßstab

kaum einen Vergleich mit renommierten Forschungseinrichtungen scheuen muss. Zudem wird mit Nutzungsordnungen nach DFG-Richtlinien die Abrechenbarkeit von Mess- und Syntheszeiten im Rahmen von Drittmittelprojekten erleichtert. Im Berichtszeitraum wurde nicht nur die neue Plattform für Rastersondenmethoden („Sonde“) mit vier Rasterkraftmikroskopen aus drei Arbeitsgruppen gegründet (siehe Seite 058-059). Auch die bestehenden Plattformen wurden durch Upgrades vorhandener Geräte und die Beschaffung neuer Geräte aus Mitteln, die federführend durch das ZfM eingeworben wurden, aufgewertet (siehe Seiten 060-063).

Der kontinuierliche Ausbau der Methodenplattformen hat sich seit der Gründung des Mikro- und Nanostrukturierungslabors im Jahr 2006 zu einer Erfolgsgeschichte entwickelt. In ihnen paart sich Fachkompetenz mit *State-of-the-Art*-Technologien, wodurch auf effiziente Weise solide Forschungsergebnisse erzielt werden können.

Weitergehende Informationen:
Dr. Martin Güngerich, ZfM, JLU

Die etablierten Plattformen

Bereits im Jahr 2019 waren am Zentrum für Materialforschung fünf Plattformen mit einem weiten Spektrum von Charakterisierungs- und Herstellungsmethoden in Betrieb. Alle verfügen über Nutzungsordnungen nach DFG-Richtlinien, die eine Abrechnung der betriebsabhängigen Kosten für Verbrauchsmittel und Verschleißteile ermöglichen. In der Regel wird dabei unterschieden zwischen Anwendungsbetrieb, bei dem die Nutzerinnen und Nutzer nach einer technischen Einweisung selbstständig an den Geräten arbeiten, und Servicebetrieb, bei dem die Arbeiten in Auftrag gegeben und durch Mitarbeitende der für die Geräte verantwortlichen Professur ausgeführt werden.

Das Mikro- und Nanostrukturierungslabor (MiNaLab) wurde bereits 2006 von der Arbeitsgruppe Prof. Peter J. Klar am I. Physikalischen Institut eingerichtet. Mit der hier angebotenen Fotolithografie und Elektronenstrahlolithografie werden mikro-



skopisch kleine Strukturen auf den Oberflächen fester Materialien erzeugt, die dadurch vielfältige neue Eigenschaften und technisch nutzbare Funktionalitäten entwickeln. Seit 2018 steht

zudem ein 3D-Lithographiesystem zur Verfügung, das räumlich ausgedehnte Mikrostrukturen ermöglicht. Die Anwendungen reichen von der Halbleiter-Optoelektronik bis zu miniaturisierten elektrischen Triebwerken für Raumfahrzeuge.

Als weitere Materialpräparations-Plattform wurde 2018 das **Dünnschicht- und Epitaxielabor (DünE)** ins Leben gerufen. Unter ihrem Dach werden in den Arbeitsgruppen Prof. Sangam Chatterjee, Prof. Peter J. Klar (beide Physik) und Prof. Jürgen



Janek (Chemie) hochwertige funktionelle Dünnschichten aus anorganischen Materialien mittels physikalischer Depositionsmethoden hergestellt. Je nach gewünschter

Zusammensetzung, Qualität und ggf. erforderlicher Material-Kombination der Filme kommen verschiedene Varianten der Kathodenzerstäubung („Sputtern“), das Laserstrahl-Verdampfen (PLD), die Atomlagenabscheidung (ALD) oder auch die Molekularstrahl-Epitaxie (MBE) zum Einsatz.

Das in der Gruppe von Prof. Jürgen Janek betriebene **Elektrochemie- und Grenzflächenlabor (ELCH)**

bietet hochmoderne Methoden zur Material- und Grenzflächenanalytik insbesondere elektrochemisch relevanter Materialien. Einen Schwerpunkt bilden lateral ortsauflösende Verfahren wie die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometrie (ToF-SIMS). Besondere Flexibilität bietet ein REM mit Ionenstrahl-Anlage (FIB-REM), mit dem Proben senkrecht zur Oberfläche abgetragen und somit dreidimensional analysiert werden können. Außerdem stehen ein Röntgen-Photoelektronen-Spektrometer (XPS) zur chemischen Oberflächenanalyse, zwei Röntgen-Diffraktometer zur Kristallstrukturaufklärung und diverse Messplätze für elektrochemische Untersuchungen an experimentellen Batteriezellen zur Verfügung.



In der Plattform **„Charakterisierung nanoskaliger Systeme (NanoSys)“** sind komplementäre Verfahren zur Bestimmung von Poren- und Partikelgrößen sowie von weiteren Eigenschaften nanostrukturierter Materialien zusammengefasst. Durch die Kombination von Physisorption unterschiedlicher Gase (N₂, Ar, Kr, CO₂, Wasserdampf, Alkohole) und Quecksilberporosimetrie lassen sich Porendurchmesser zwischen 0,5 nm und 60 µm bestimmen. Zur Messung von Partikeldurchmessern

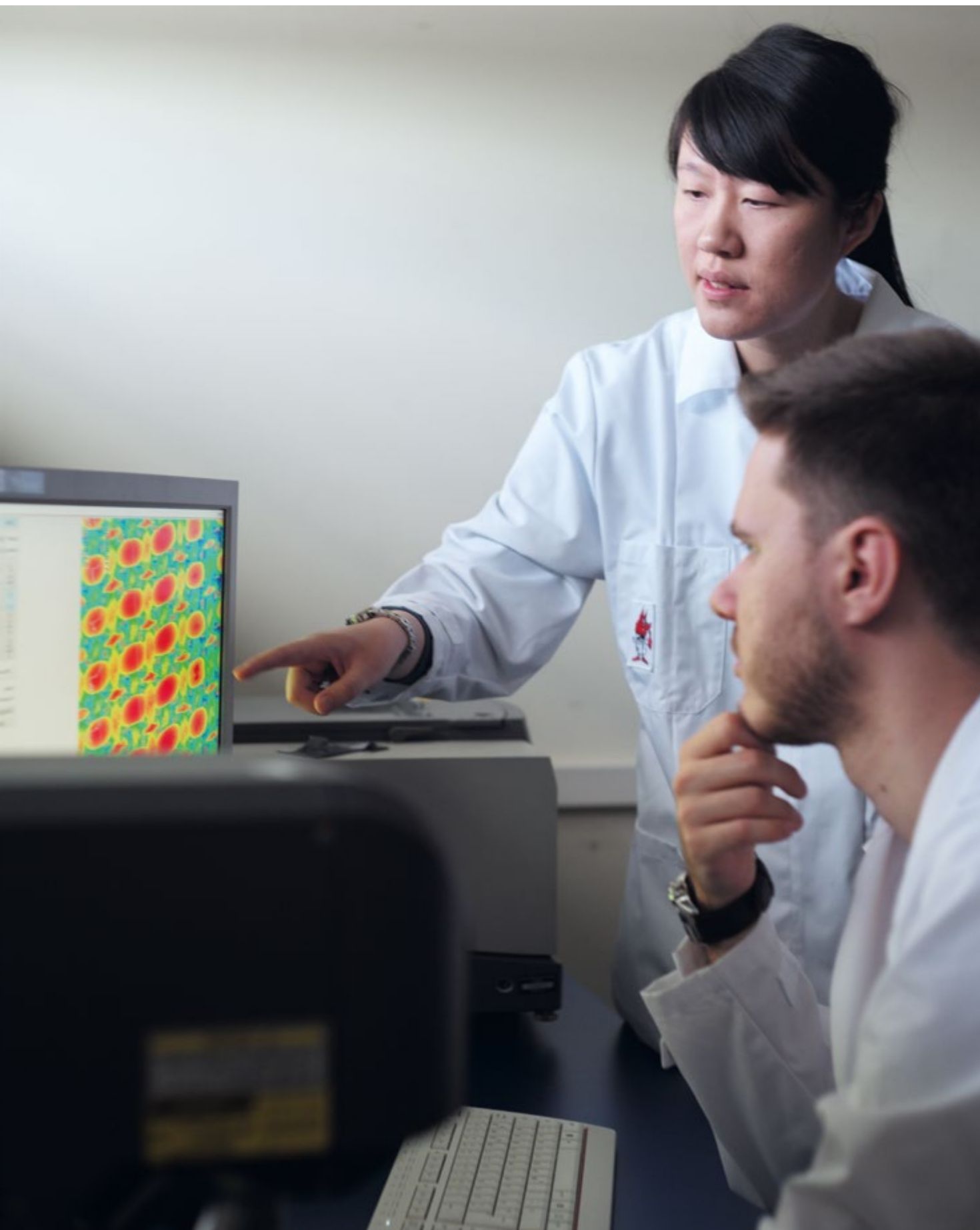


zwischen 10 nm und 40 µm können, abhängig vom jeweiligen Medium, die statische und dynamische Lichtstreuung (DLS) sowie die Nanopartikel-Verfolgung (NTA) eingesetzt werden.

Das 2019 gegründete **Optik- und Spektroskopielabor (Opus)** macht sich verschiedenste Mechanismen der Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung und Materie zunutze, um moderne Funktionsmaterialien umfassend zu untersuchen.

Dazu zählen die Absorption, die Lumineszenz mit und ohne Zeitauflösung in unterschiedlichen Spektralbereichen, die Elektronenspinresonanz und der Raman-Effekt. Teilweise lassen sich Spektren unter Variation von Temperatur und Druck aufnehmen. Ergänzend sind Messungen des Halleffektes sowie der Kennlinien von Halbleiter-Bauelementen möglich.





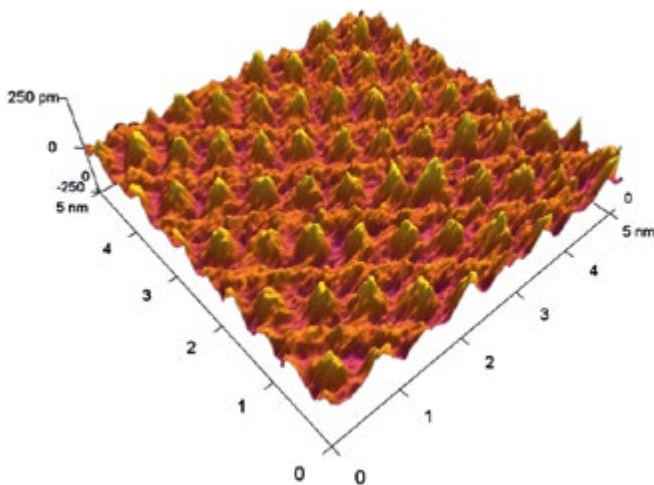
Methodenplattform Rastersondenmethoden „Sonde“

Die **Methodenplattform Sonde** ist die jüngste Ergänzung des ZfM zur Charakterisierung von Oberflächen und Grenzflächen mittels der Rasterkraftmikroskopie. Die Plattform wird von mehreren Arbeitsgruppen aus dem Institut für Angewandte Physik und dem I. Physikalischen Institut (AGs Schirmeisen, Schlettwein, Elm) betrieben und stellt eine Vielzahl von rastersondenmikroskopischen Analyseverfahren zur Verfügung. Die Geräteinfrastruktur konnte im Jahr 2021 durch die Anschaffung von zwei neuen Rasterkraftmikroskopen im Rahmen des EFRE-Innovationslabors „Hochleistungswerkstoffe“ des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung auf den aktuellsten Stand der Technik gebracht werden. Die beiden neuen Geräte sind besonders rauscharm und ermöglichen die Abbildung von Oberflächen und Grenzflächen vom Mikrometer- bis in den Nanometerbereich. Selbst einzelne Atome und atomare Fehlstellen können mit diesen Systeme-

men sichtbar gemacht werden, wodurch sich neue Möglichkeiten zur systematischen Materialcharakterisierung und zur Entwicklung von neuen Funktionsmaterialien ergeben. Die Geräte verfügen jeweils über moderne Multifrequenzbetriebsmodi, mit denen neben der Oberflächentopographie auch die nanomechanischen Eigenschaften der untersuchten Materialien, etwa deren Elastizität und Viskosität, quantifiziert werden können. Die Rasterkraftmikroskope ermöglichen außerdem detaillierte Untersuchungen von elektrochemischen Prozessen, des Ionentransports, der lokalen elektrischen Leitfähigkeit und von elektromechanischen Materialeigenschaften.

Die Geräte verfügen über hermetisch abgeschlossene Messzellen, wodurch eine besonders kontaminationsarme Messumgebung sichergestellt werden kann. Eines der beiden Geräte wird innerhalb einer mit dem Edelgas Argon gefüllten Glovebox betrieben, was eine Voraussetzung für die Analyse von luft- und feuchteempfindlichen Materialien ist, welche z.B. in Lithiumionen-Batterien eingesetzt werden. Weiterhin kann die Proben temperatur in einem Bereich von 0°C bis 120° C variiert und konstant gehalten werden, wodurch sich z.B. realistische Arbeitsbedingungen solcher Batterien nachahmen lassen oder die Temperaturabhängigkeit verschiedener Prozesse analysiert werden kann.

In der Arbeitsgruppe Elm steht ein atomares Rasterkraftmikroskop zur Verfügung, welches ebenfalls eine Abbildung von Oberflächeneigenschaften auf Längenskalen weniger Nanometer ermöglicht. Neben der Charakterisierung der Oberflächentopographie können Informationen über die lokalen mechanischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Oberfläche gewonnen werden. Hierzu nutzt das Gerät eine spezielle Software zur Optimierung der Messparameter, was die Nutzung erleichtert. Auch verfügt das Gerät neben einem Kontaktmodus über einen sogenannten Tapping-Modus, wodurch insbesondere Oberflächen mit Höhenunterschieden im Mikrometerbereich untersucht werden können. Ein weiteres Rasterkraftmikroskop misst unter Hochvakuum und ist in ein Vakuumsystem integriert, in das Proben mittels eines speziell dafür ausgelegten Transfermoduls aus anderen Messsystemen des ZfM oder aus der inerten Gasumgebung einer Glovebox ohne Luftkontakt überführt werden können. Innerhalb dieses Vakuumsystems können



Calcitoberfläche in reinem Wasser abgebildet mit dem Rasterkraftmikroskop im dynamischen Betriebsmodus. Die Erhebungen bzw. Vertiefungen entsprechen einzelnen Atomen der Oberfläche. Bildausschnitt: 5 nm x 5 nm



Proben temperiert werden und bei Bedarf mittels PVD bedampft werden. Das Rasterkraftmikroskop ist neben den gängigen Methoden zur topographischen Analyse und zur Analyse der mechanischen Oberflächenbeschaffenheit speziell für die elektrische Charakterisierung ausgelegt. So kann z.B. die Austrittsarbeit von Proben gemessen werden. Durch deren lokal aufgelöste Analyse können Potentialabfälle an Kontakten von Materialien und somit Kontaktwiderstände *in operando* bestimmt werden. Insbesondere für solche elektrischen Charakterisierungen ist die Vakuumumgebung wichtig.

Mit den bestehenden Geräten und der dazugehörigen Expertise in den die Plattform tragenden Arbeitsgruppen stehen somit Messmöglichkeiten für unterschiedliche rasterkraftmikroskopische Fragestellungen unter Umgebungsbedingungen zur Verfügung, die von Flüssigkeiten über kontrollierte Gasatmosphäre und Umgebungsluft bis hin zum Hochvakuum reichen.

Weitergehende Informationen:

Prof. Dr. André Schirmeisen, Institut für Angewandte Physik, JLU



Assoziierte Plattform „Analytik Organischer Materialien“

Die mit dem ZfM **assoziierte Methodenplattform „Analytik Organischer Materialien“** wird von der zentralen Analytik des Instituts für Organische Chemie betrieben und bietet eine breite Palette unterschiedlicher Geräte zur Untersuchung, vollständigen Charakterisierung und Reinigung organischer Verbindungen. Diese erlauben faszinierende Verwendungsmöglichkeiten in Verbundprojekten und Kooperationen im Rahmen des ZfM. Das aktuelle Spektrum reicht von Nanodiamanten (Diamantoiden) für die organische molekulare Elektronik, neuartigen Raketenantrieben, Oberflächenfunktionalisierungen und Elektrolytadditiven, über immobilisierte (Organo-)Katalysatoren, bis hin zu potentiellen Biopolymeren. Das Herzstück der zentralen Analytik bildet das NMR-Labor, welches über mehrere Spektrometer (2 × 400 MHz, 600 MHz und 700 MHz) mit

unterschiedlichen Probenköpfen verfügt, die auch über das Institut für Organische Chemie hinaus häufig zur Charakterisierung unterschiedlicher Verbindungen in Anspruch genommen werden. Die Spektrometer ermöglichen neben ^1H - und ^{13}C -Spektren die Messung diverser Heterokerne, sowie 2D-Korrelationsexperimente und temperaturabhängige Messungen. Ein zusätzliches ESR-Spektrometer erlaubt darüber hinaus die Bestimmung von Singulett- und Triplettzuständen, zum Beispiel für die organische Photovoltaik. Zur Identifizierung der Zusammensetzung unbekannter Substanzen stehen zwei hochauflösende Flugzeitmassenspektrometer zur Verfügung, welche mit ESI- und APCI-Quellen ausgestattet sind, und somit die Ionisation einer großen Bandbreite an Verbindungen erlauben. Die Messung des Gehalts an C, H und N durch Elementaranalyse ist ebenfalls möglich und dient beispielsweise der Reinheitsprüfung von Materialien und der Bestimmung des Funktionalisierungsgrades anorganischer Festkörper mit organischen Molekülen oder Katalysatoren.

Die Methodenplattform betreibt darüber hinaus unterschiedliche Geräte zur analytischen und präparativen, chromatographischen Trennung von Substanzgemischen, darunter Hochleistungsflüssigkeitschromatographen, die mit verschiedenen Detektoren (RI, UV/Vis, ELSD, DAD) ausgestattet sind. Für die Analyse flüchtiger Verbindungen können zudem Gaschromatographen gekoppelt mit Flammenionisationsdetektor oder Massenspektrometer verwendet werden. Diese werden beispielsweise zur Verfolgung katalytischer Reaktionen regelmäßig durch das Physikalisch-Chemische Institut genutzt. Für beide Gerätetypen sind diverse (auch chirale) Säulen vorhanden. Im Spektroskopie-Labor sind verschiedene Geräte zur Absorptions- und Emissionsmessung, wie UV/Vis-, IR-, Fluoreszenz- und Phosphoreszenz-Spektrometer, sowie ein Polarimeter verfügbar.

Als Ansprechpartner zu den unterschiedlichen analytischen Methoden stehen Dr. Heike Hausmann (NMR), Dr. Dennis Gerbig (Spektroskopie, ESR) und Dr. Raffael Wende (Massenspektrometrie, Elementaranalyse, Chromatographie) zur Verfügung.

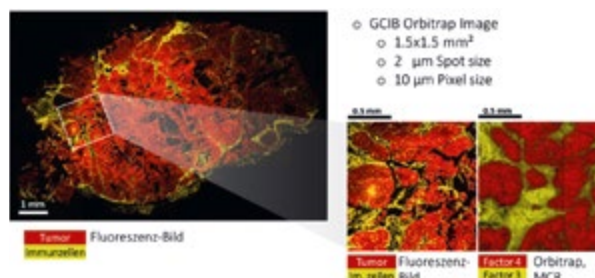


Neues M6 Hybrid-SIMS der Plattform „ELCH“

Seit Juli 2020 ergänzt die neueste ToF-SIMS Generation der Firma IONTOF GmbH Münster die Methodenplattform ELCH. Das M6 Hybrid-SIMS wartet mit einer deutlich verbesserten Leistungsfähigkeit auf und ist mit gleich zwei Analysatoren ausgestattet: dem klassischen Flugzeitanalysator (ToF) und dem Orbitrap-Analysator (Q Exactive™) von Thermo Fisher Scientific. Der ToF-Analysator und die neue, leistungsstarke 30 kV Bismut-Primärionenquelle erreichen im Vergleich zum Vorgängermodell eine doppelt so hohe Massenauflösung, eine höhere Empfindlichkeit und eine verbesserte laterale Auflösung von bis zu 50 nm. Sie sind damit bestens geeignet für die anorganische Materialanalytik.

Der zusätzliche Orbitrap-Analysator ermöglicht in Kombination mit der Argon-Clusterquelle vor allem die hochpräzise Analytik von (bio)organischen und polymeren Proben mit einer Massenauflösung von > 240.000 , einer Massengenauigkeit von < 1 ppm und MS/MS Option. Neben Massenspektren können Massenbilder in Hochauflösung sowie Tiefenprofile aufgenommen und damit Probensysteme umfangreich in 2D und 3D charakterisiert werden. Das Hybrid-SIMS verfügt außerdem über die Möglichkeit, Proben zu heizen, zu kühlen und elektrisch zu kontaktieren. Über das Leica-VCT-System sind auch der Transfer und die Untersuchung von luftempfindlichen Proben möglich. Damit bietet das neue Hybrid-SIMS-Gerät vielfältigste Analysemöglichkeiten. Ausgehend von der klassischen Materialanalytik anorganischer Festkörper über organische Probensysteme bis hin zur Untersuchung von komplexen hybriden Materialien.

Das Hybrid-SIMS steht in Raum B 012 im neuen Chemiegebäude. Ansprechpartner für Messungen und Fragen sind Dr. Marcus Rohnke und Dr. Anja Henß.



Bildgebende Massenspektrometrie an Tumorgewebe: eine grundlegende Fragestellung bei diesem Projekt war, ob man Tumorgewebe und Immunzellen mittels Orbitrap-Bildanalyse voneinander unterscheiden und darstellen kann. Das Fluoreszenz-Bild eines Tumorgewebeschnittes zeigt Immunzellen in Gelb und Tumorzellen in Rot. Um Massenbilder der Tumorprobe zu erhalten, wurden mit dem neuen M6 Hybrid-SIMS Orbitrap Imaging Messungen mit einer Argon-Clusterquelle und dem Orbitrap Analysator unter cryogenen Bedingungen durchgeführt (weißes Quadrat). Das erhaltene, hochaufgelöste Massenspektrum wurde mittels MCR analysiert und es konnten Faktoren identifiziert werden, welche im dazugehörigen Massenbild Immunzellen (Factor 3) in Gelb und Tumorzellen (Factor 4) in Rot darstellen. Der Faktor für Immunzellen enthält dabei vor allem Massensignale für Aminosäuren, während der Faktor für Tumorgewebe vor allem Massensignale für Nukleotide enthält. Die deutliche Übereinstimmung mit dem Fluoreszenzbild zeigt die hervorragende Einsatzmöglichkeit des Hybrid SIMS für die Analyse von Tumorgewebeproben.



The Electrochemistry and Interface Laboratory

Publikationen

T.-T. Zuo, R. Rueß, R. Pan, F. Walther, M. Rohnke, S. Hori, R. Kanno, D. Schröder, and J. Janek

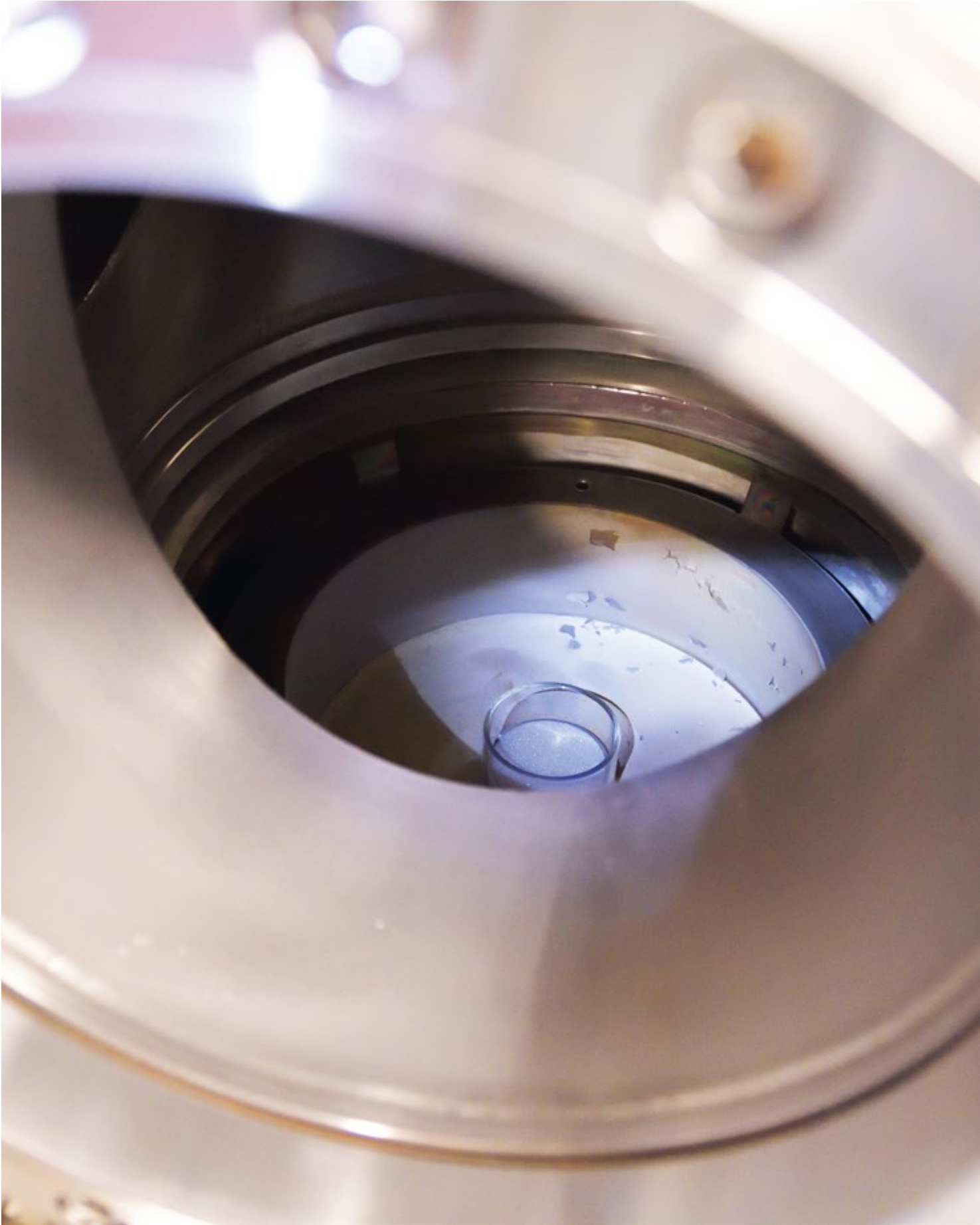
A mechanistic investigation of the $Li_{10}GeP_2S_{12}|LiNi_{1-x-y}Co_xMn_yO_2$ interface stability in all-solid-state lithium batteries

Nature Communications 12, 6669, 2021

Y. Moryson, F. Walther, J. Sann, B. Mogwitz, S. Ahmed, S. Burkhardt, L. Chen, P. J. Klar, K. Volz, S. Fearn, M. Rohnke, and J. Janek

Analyzing Nanometer-Thin Cathode Particle Coatings for Lithium-Ion Batteries—The Example of TiO_2 on NCM622

ACS Applied Energy Materials 4 (7), S. 7168–7181, 2021



Ausbau der Atomic Layer Deposition (ALD)

Bei der Atomlagenabscheidung (engl.: *Atomic Layer Deposition* (ALD)) handelt es sich um ein Verfahren zur Abscheidung extrem dünner Schichten, bis hin zu atomaren Monolagen. Die Anlage wurde seit ihrer Inbetriebnahme von verschiedensten Arbeitsgruppen des ZfM für die Deposition von unterschiedlichen, ultradünnen Funktionsmaterialien (hier: Metalloxide wie z.B. ZnO, MoO₂, CeO₂, TiO₂, Al₂O₃) sowie für Metallschichten (Pt) verwendet.

Im Jahr 2018 wurde die Anlage aufgerüstet, sodass nicht nur planare Schichten, sondern ebenfalls nanoporöse Strukturen sowie Pulverproben konform beschichtet werden können. Dazu mussten eine neue Reaktorkammer inklusive eines Einsatzes für Pulverproben sowie eine leistungsfähigere Pumpe beschafft werden.

Zur Abscheidung von Materialien mit sehr geringem Dampfdruck (z.B. CeO₂) wurde eine neue Zelle installiert, die bis zu 300 °C geheizt werden kann. Für viele Anwendungen, speziell in der Batterieforschung (z.B. Lithiumhaltige Materialien), ist das Arbeiten in inerten Atmosphären unerlässlich. Um dies zu gewährleisten, wurde eine mit Ar-Gas betriebene Glovebox direkt mit der ALD-Anlage gekoppelt.

Die Mittel für das komplette Upgrade beliefen sich auf eine Summe von mehr als 100.000 €, die durch das ZfM der JLU getragen wurden. Dieses Upgrade, speziell die Umrüstung für die Pulverproben, zeigt viele neue Möglichkeiten auf, was sich auch in einer entsprechenden Anzahl an bereits erschienenen Publikationen (>10) widerspiegelt.

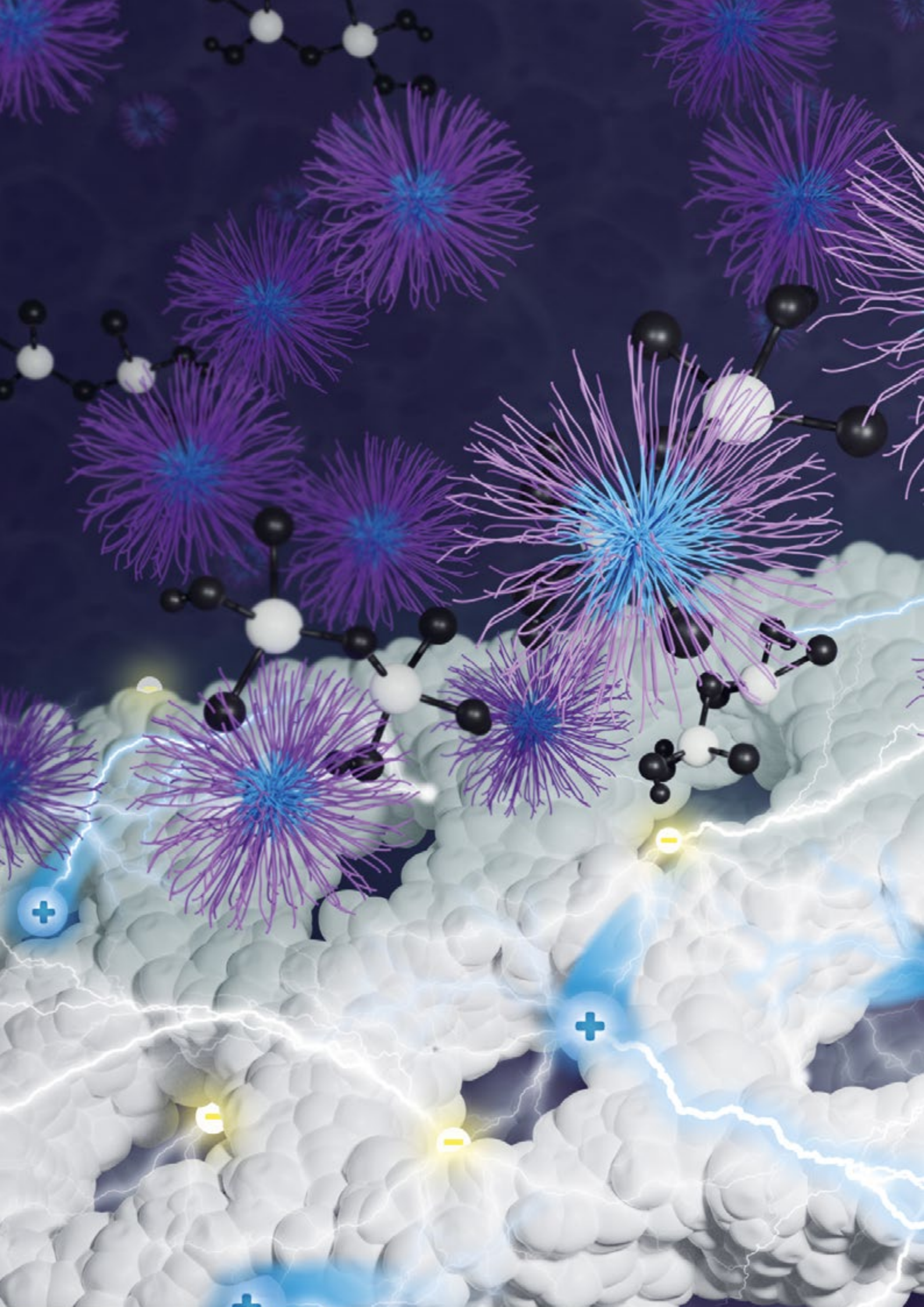


Publikationen

P. Cop, M. Göttlicher, J. Schörmann, C. Boissiere, A. Beyer, C. Becker, K. Volz, H. Over, and B. M. Smarsly
Atomic Layer Deposition of Titania in Ordered Mesoporous Cerium Zirconium Oxide Thin Films: A Case Study
The Journal of Physical Chemistry C 123, S. 12851-12861, 2019

M. F. Zscherp, J. Glaser, C. Becker, A. Beyer, P. Cop, J. Schörmann, K. Volz, and M. T. Elm
Epitaxial Growth and Structural Characterization of Ceria Deposited by Atomic Layer Deposition on High-Surface Porous Yttria-Stabilized Zirconia Thin Films
Crystal Growth & Design 20 (4), S. 2194-2201, 2020

P. Klement, D. Anders, L. Gumbel, M. Bastianello, F. Michel, J. Schörmann, M. T. Elm, C. Heiliger, and S. Chatterjee
Surface Diffusion Control Enables Tailored Aspect Ratio Nanostructures in Area-Selective Atomic Layer Deposition
ACS Applied Materials & Interfaces 13 (16), S. 19398-19405, 2021





NETZWERKE & KOOPERATIONEN

066

Netzwerke & Kooperationen

068

Kooperation mit der BASF SE

070

Kooperation mit der Ariane Group

072

Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für
Luft- und Raumfahrt (DLR)

074

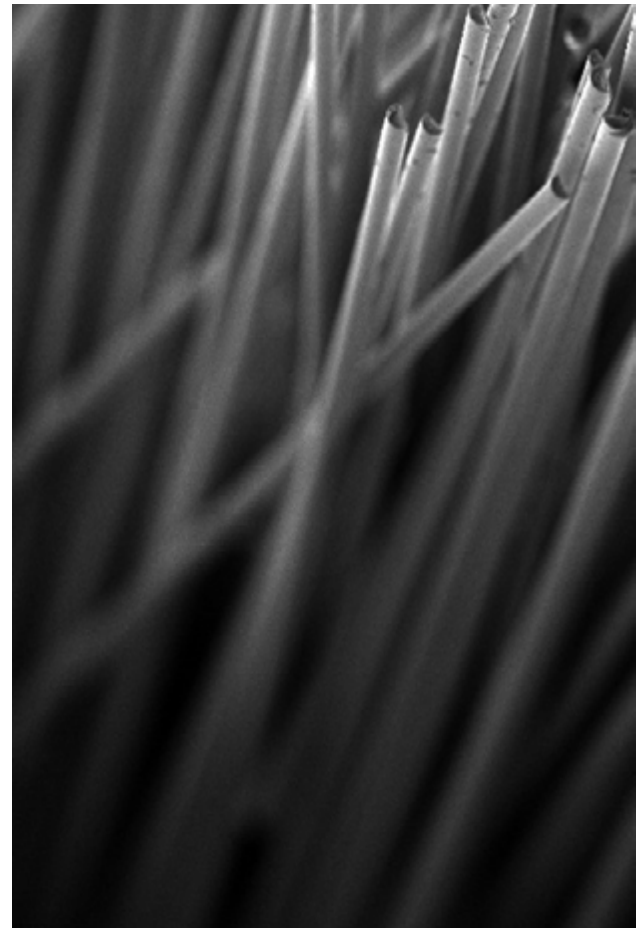
Gesprächsrunde des Kompetenznetzwerks
Lithiumionen-Batterien zum Thema Festkörper-
batterien

Netzwerke & Kooperationen

Viele Arbeitsgruppen des ZfM kooperieren erfolgreich mit Partnern in der Industrie und größeren Forschungsinstitutionen wie z.B. dem Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt e. V. (DLR) oder der Fraunhofer-Gesellschaft.

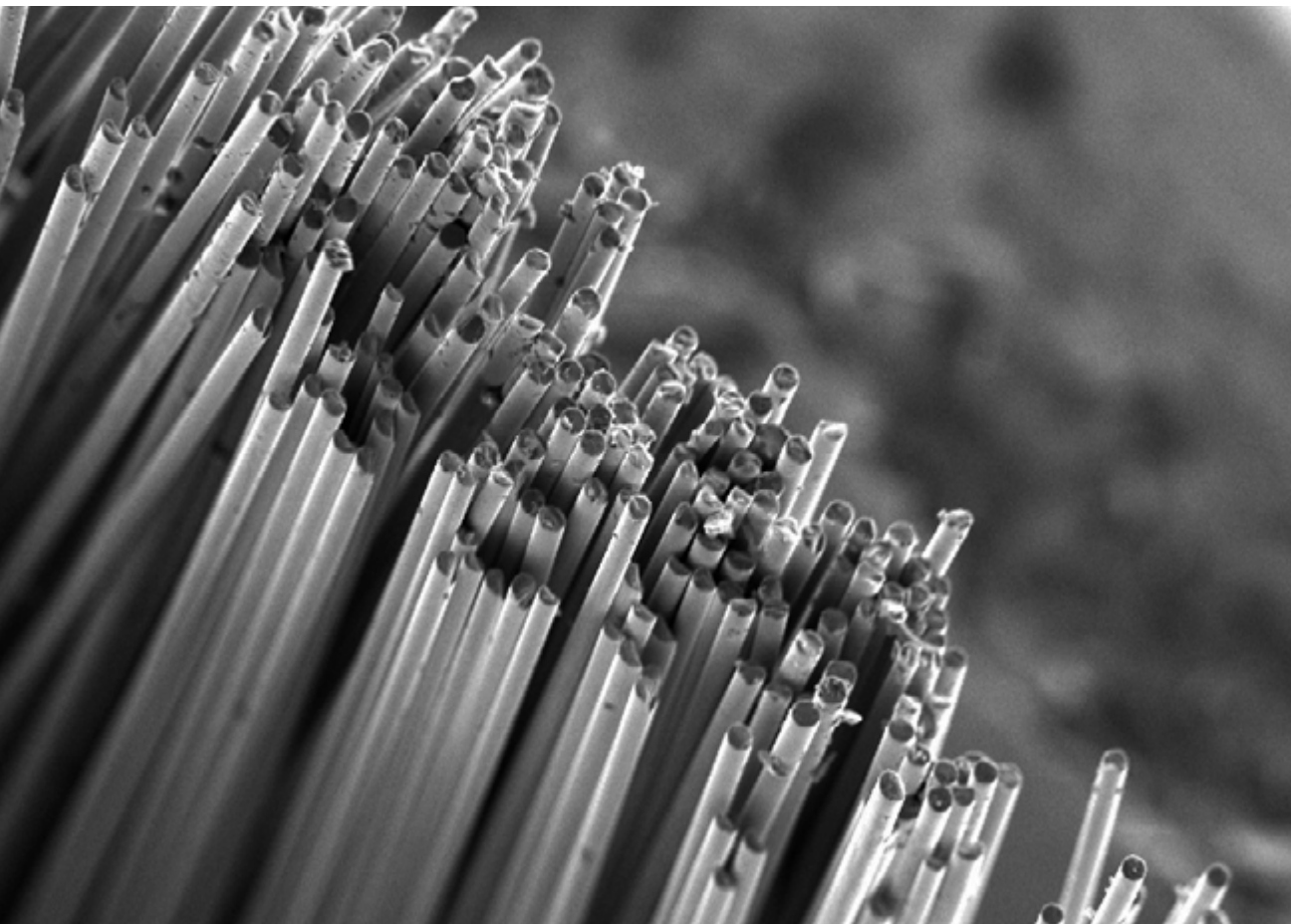
Kooperationen mit der Industrie können auf unterschiedliche Art und Weise ausgestaltet sein. Sie können als einmalig Einzelaufträge auf Vollkostenbasis angelegt sein, denen typischerweise eine Geheimhaltungserklärung vorangeht. Eine weitere, weit verbreitete Möglichkeit sind Zusammenarbeiten in gemeinsamen Forschungsprojekten im Rahmen von einschlägigen Förderprogrammen wie dem LOEWE 3 Programm des Landes Hessens oder BMWI-, BMBF- oder EU-Verbundforschungsausschreibungen. In wenigen Fällen gehen Firmen eine längerfristige, strategische Verbindung mit einer Arbeitsgruppe ein, die nicht an eine einzelne Forschungsaufgabe gebunden ist, sondern ein breiteres Themenfeld von beiderseitigem Interesse adressiert.

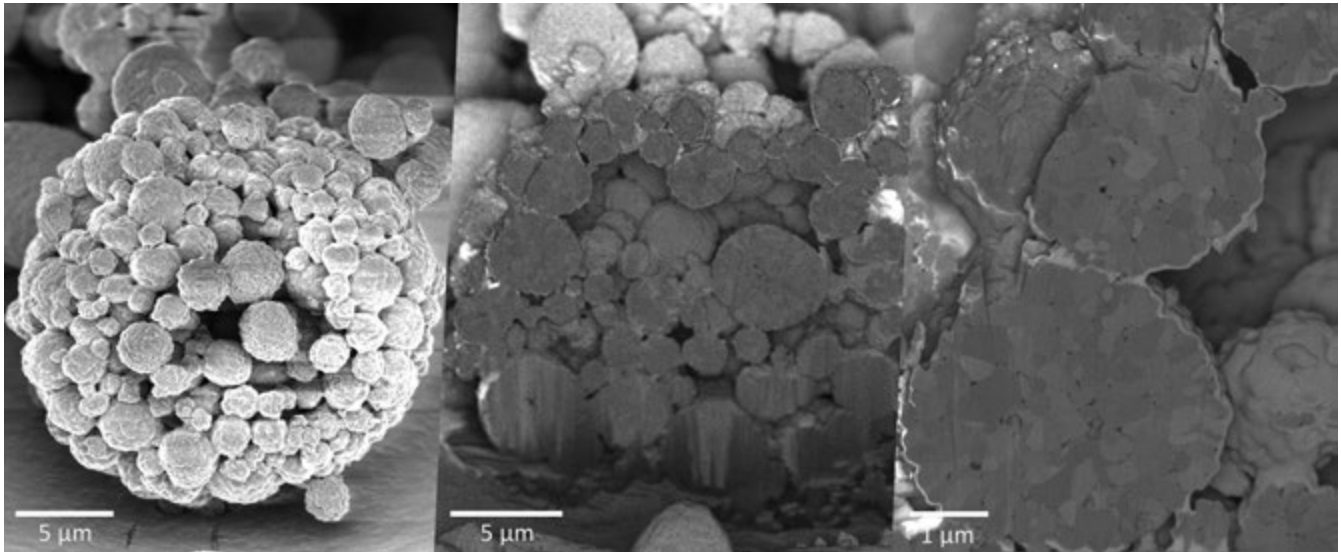
Längerfristige Verbindungen zur Industrie werden durch Kooperationsverträge geregelt. Beispiele für solche Kooperationen der JLU mit Industriepartnern sind die Kooperation mit der BASF SE im Bereich der Batteriematerialien und die mit Ariane Group im Bereich der elektrischen Raumfahrtantriebe.



Solche Industriekooperationen gestalten sich grundsätzlich seit einigen Jahren oft komplex. Die Sorge der Industrieunternehmen vor dem Verlust von kritischem Wissen einerseits, das stark gewachsene Bewusstsein der Universitäten für die mögliche industrielle Nutzung von eigenen Entwicklungen und nicht zuletzt das dichter gewordene Netz an Gesetzen und Regulierungsmaßnahmen machen die Vereinbarung von Forschungs- und Kooperationsverträgen immer mühsamer. Der Bedarf nach einer guten Zusammenarbeit ist allerdings unverändert groß, und beide Seiten profitieren in der Regel von gut ausgestalteten gemeinsamen Vorhaben. Die Gruppen des ZfM haben langjährige und gute Erfahrungen in ihren Kooperationen mit Industrieunternehmen, die ganz verschiedene Formate einnehmen können, gemacht.

Die Kooperationen mit Arbeitsgruppen an Großforschungseinrichtungen sind oft informell, bei intensiverer Kooperation aber meist auch durch Kooperationsverträge, die auf Leitungsebene ratifiziert werden, untermauert. In diesem Artikel werden wir insbesondere auf die enge Kooperation von ZfM-Mitgliedern mit Kooperationspartnern an verschiedenen Einrichtungen des DLR eingehen.





Kooperation mit der **BASF SE**

EIN GUTES JAHRZEHNT DER ZUSAMMEN- ARBEIT: BASF SE UND JLU.

(Oben) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen verschiedener Kathodenmaterialien für Lithiumionenbatterien (AG Janek)

Eine ungewöhnliche Zusammenarbeit, die bereits mehr als zehn Jahre andauert und die viele und vielfältige Früchte getragen hat, verbindet die BASF SE (Ludwigshafen) mit der Arbeitsgruppe von Prof. Jürgen Janek. Ein etwas genauerer Blick in diese Zusammenarbeit und ihre Rahmenbedingungen hilft, eine bessere Vorstellung vom Aufbau erfolgreicher Kooperationen und für deren Basis zu bekommen.

Die Zusammenarbeit begann 2010 im Zuge einer massiven Umbruchphase. Bereits Anfang der 2000er Jahre hatte die Firma Toyota mit ihrem Modell Prius, mit einem Hybridantrieb aus Otto- und Elektromotor, für Aufsehen gesorgt, und gegen Mitte des Jahrzehnts wuchs auch in Deutschland die Unruhe in den Automobilfirmen. Weder in den Firmen noch an den Universitäten und Forschungsinstituten gab es zu diesem Zeitpunkt größere Forschungsaktivitäten in der Elektrochemie der Energiespeicherung. Gepaart mit der sogenannten Weltfinanzkrise 2007/2008 und ihrer Bewältigung erwuchs eine massive Förderung der Forschung im Bereich der Elektrochemie — sowohl aus staatlichen wie aus industriellen Mitteln.

Auch die BASF erkannte für sich die Chancen und Herausforderungen eines potentiellen Massenmarkts für große Batterien mit den notwendigen stofflichen Komponenten — musste aber ebenfalls

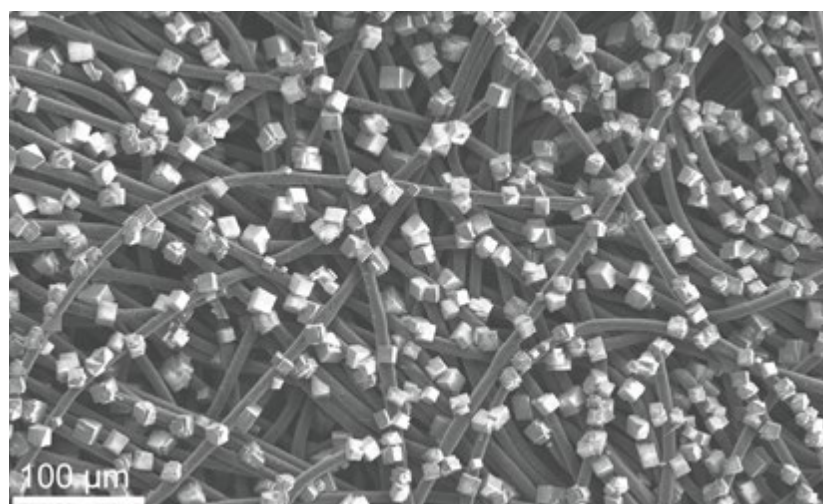
erst intern entsprechende Arbeitsgruppen aufbauen. Dies war der Ausgangspunkt für die Gründung eines industriell geförderten akademischen Forschungsnetzwerks, das eine Reihe von weltweit renommierten Forscherinnen und Forschern sowie deren Arbeitsgruppen mit der BASF verknüpfte — das „BASF Netzwerk für Batterien und Elektrochemie“ war entstanden.

Im Rahmen des Gießener Projektes mit der BASF sind in diesem Netzwerk seit 2010 zahlreiche Ergebnisse entstanden, die für die Forschung der AG Janek im Bereich der Batteriematerialien prägend waren: Nach umfangreichen Arbeiten zu Lithium-Schwefel- und Lithium-Sauerstoff-Zellen wurde mit der Natrium-Elektrochemie seit ca. 2011 schon sehr früh ein echtes Zukunftsthema verfolgt. Ebenso früh wurde gemeinsam das Thema der Festelektrolyte und Feststoffbatterien in den Fokus genommen, lange bevor dieses Thema international „zündete“. In den letzten Jahren sind zudem Kathodenmaterialien für Lithiumbatterien sehr stark in den Mittelpunkt des Interesses gerückt; die BASF sieht hier vermutlich langfristig das größte Marktpotential im Bereich der Batteriematerialien. Auch in Zahlen ausgedrückt ist das Projekt eindrucksvoll: Seit 2010 wurden im Rahmen des BASF-Projektes 10 Postdoktoranden gefördert, etwa 14 Doktorandinnen und Doktoranden promoviert und zahlreiche Master- und Bachelor-Projekte durchgeführt. Philipp Adelhelm, der nach einer ersten Professur an der Universität Jena nun an der Humboldt-Universität Berlin arbeitet, hat im Rahmen des Projektes eine Nachwuchsgruppe geleitet. Insgesamt sind über 65 gemeinsame Publikationen und Patente

entstanden, und zahlreiche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der JLU wurden nach dem Abschluss ihrer Promotion von der BASF eingestellt.

Letztlich sind Industriekooperationen immer dann erfolgreich, wenn beide Seiten ihre Ziele verfolgen können. Wenn der universitäre Partner Ergebnisse nach der notwendigen Anmeldung von Schutzrechten (Patente) veröffentlichen kann, und wenn der industrielle Partner Erkenntnisse gewinnt, die in den eigenen Laboratorien nicht gewonnen werden können, dann sind Industrieprojekte im besten Sinne synergetisch.

Elektrochemisch gewachsene NaO_2 -Kristalle (Natriumsuperoxid) auf Kohlenstoffdrähten (REM-Aufnahme)



Kooperation mit der Ariane Group

2015 WURDE DER RAHMENKOOPERATIONSVERTRAG ZWISCHEN DEM AIRBUS DS (VORGÄNGER VON ARIANE GROUP) STANDORT IN LAMPOLDSHAUSEN UND DER JLU ZUR WEITERENTWICKLUNG ELEKTRISCHER RAUMFAHRT-ANTRIEBE, INSBESONDERE VON RADIOFREQUENZ-IONENTRIEBWERKEN, GESCHLOSSEN. IM VERTRAG WIRD AUCH NACH DEM „ARM'S LENGTH“ — PRINZIP DIE UNABHÄNGIGKEIT DER FORSCHUNG GEWAHRT.

Die ArianeGroup ist ein weltweit führendes Unternehmen auf dem Gebiet des Raumtransports im Dienste institutioneller wie kommerzieller Kunden und trägt zu Europas strategischer Unabhängigkeit im All bei. Ariane Group entwickelt innovative und wettbewerbsfähige Lösungen im Bereich Startsysteme für institutionelle, kommerzielle und industrielle Partner. Sie setzen modernste Technologien ein — vom Gesamtsystem über Antriebe bis hin zu Ausrüstungen und Materialien. Der Standort Lampoldshausen ist das europäische Kompetenzzentrum für die Entwicklung und Fertigung von Antriebssystemen für Satelliten und Orbitalplattformen. Hier werden chemische und elektrische Antriebe, hochpräzise Komponenten für die Lageregelungssysteme von Satelliten und Trägerraketen oder auch das komplett vorintegrierte Antriebssystem UPS (Unified Propulsion System) gefertigt.

Was bringt einen solchen „Global Player“ wie Ariane Group dazu, mit der JLU eine enge vertragliche Beziehung einzugehen? Die richtige Antwort ist sicherlich eine günstige Konstellation von äußeren Umständen:

Der Raumfahrtmarkt durchläuft seit einigen Jahren einen dramatischen Wandel. Man redet vom Übergang von *Old Space* zu *New Space*: die kommerzielle Raumfahrt wird nicht mehr allein von den großen Raumfahrtagenturen kontrolliert, sondern es entwickelt sich ein dynamischer, freier Markt mit immer schnelleren technologischen Entwicklungszyklen. Insbesondere auch die elektrischen Raumfahrtantriebe, wie das in den 60er Jahren des letzten





Jahrhunderts durch Horst LÖb an der JLU entwickelte Radiofrequenz-Ionentriebwerk, wandeln sich rasant von einem wissenschaftlichen „Spielzeug“ zur Hauptantriebstechnologie auf Satelliten. Geänderte Strategien zur Verbringung von Satelliten in ihren Zielorbit sowie weitere neue Konzepte wie Satellitenformationen werfen aktuell neue interdisziplinäre Forschungsfragestellungen auf, die zügig geklärt werden müssen, wenn man marktführend bleiben will. Zur Klärung braucht man neben einschlägiger Kompetenz, zum einen eine geeignete wissenschaftliche Infrastruktur zur Untersuchung der aufgeworfenen Fragestellungen, zum anderen Zeit, frei zu explorieren, um auch mal neu (Irr-)wege zu gehen. Beides haben die Expertinnen und Experten der F&E Abteilung, gerade wenn die Marktentwicklung so rasant ist, nicht. Im Rahmen des LOEWE-Schwerpunktes RITSAT haben sich die AGs der JLU im Bereich der elektrischen Raumfahrtantriebe neu aufgestellt. Außerdem erfolgte ein gezielter Ausbau der wissenschaftlichen Infrastruktur an der JLU, so dass diese für Untersuchungen von Problemstellungen im Bereich der elektrischen Raumfahrtantriebe und den dort eingesetzten Materialien im Hinblick auf Anwendungen im Weltraum ideal geeignet ist. Testanlagen wurden modernisiert, um solche Antriebe unter Weltraumbedingungen zu betreiben. Materialveränderungen bei der Nutzung alternativer Treibstoffe und neuer Materialien

in wesentlichen Komponenten können Dank der ZfM-Methodenplattformen mikroskopisch untersucht werden, Umgebungseinflüsse und ihre Folgen wie der Einfluss kosmischer Strahlung auf Satellitenelektronik und -materialien oder die elektromagnetische Wechselwirkung des Triebwerks mit anderen Komponenten des Satelliten können in terrestrischen Anlagen simuliert und die Folgen analysiert werden. Die AGs aus der Physik und der Chemie haben mit den ZfM-Methodenplattformen und dem weiteren Infrastrukturaufbau in den EFRE-Innovationslaboren eine Forschungslandschaft geschaffen, die attraktiv — also von hohem Nutzen — für die Industrie ist.

Diese guten Rahmenbedingungen spiegeln zwei sich dem Rahmenvertrag anschließenden Zusatzvereinbarungen von 2016 und 2017 über die „Nutzung der Testanlagen“ nach definierten Vollkostensätzen und über die Einrichtung einer gemeinsamen Graduiertenschule „Radiofrequenz-Ionentriebwerke“, bei der die Ariane Group die Promotionsstipendien finanziert, wider. Der Mehrwert ist für beide Seiten groß: Der Industriepartner profitiert von den dynamischen Forschungsmöglichkeiten an der Universität, die Einbindung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität in aktuelle Problemstellungen der Industrie stellt sicher, dass Promovierende sowie Absolventinnen und Absolventen in diesem Bereich industrienah ausgebildet werden.

Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

WISSENSCHAFTLERINNEN UND WISSENSCHAFTLER DES ZfMs KOOPERIEREN MIT FÜNF (VON INSGESAMT ETWA 50) DLR-INSTITUTEN.

Von JLU-Seite existieren Anknüpfungspunkte an DLR-Institute sowohl auf Fachgebietsebene als auch zurückgehend auf individuelle Initiativen einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Diese Anknüpfungspunkte spiegeln sich entsprechend auf DLR-Seite auf Instituts-, Abteilungs- oder Arbeitsgruppenebene wider. Einige der Kooperationen sind durch Kooperationsverträge formalisiert. Die Anknüpfungspunkte beinhalten allesamt Hochtechnologiethemata mit Bezug sowohl zur **Raumfahrtphysik** als auch zur Forschung an **Materialien für Energietechnologien**:

- Es bestehen zwei Kooperationsverträge mit dem **DLR-Institut für „Aerodynamik und Strömungstechnik“** (Göttingen, Braunschweig, Köln). Es existieren enge Kooperationen in Forschung und Lehre mit dem Fachgebiet Physik der JLU. Dieses DLR-Institut arbeitet u. a. auf dem Gebiet der elektrischen Raumfahrtantriebe (*EP: electric propulsion*). Es unterhält Testanlagen für elektrische Raumfahrtantriebe am Standort Göttingen, ähnlich zu denen in der Physik der JLU. Es beteiligt sich in der Lehre,

Der Umfang und der Grad der Formalisierung der jeweiligen Kooperationen sind unterschiedlich.

insbesondere auch am Studiengang „Physik und Technologien für Raumfahrtanwendungen – PTRA“. Der leider im letzten Jahr, viel zu früh verstorbene Prof. Hannemann, Professur für Raumfahrzeuge im Fachgebiet Physik, war gleichzeitig Leiter der entsprechenden Abteilung am Göttinger DLR-Institut.

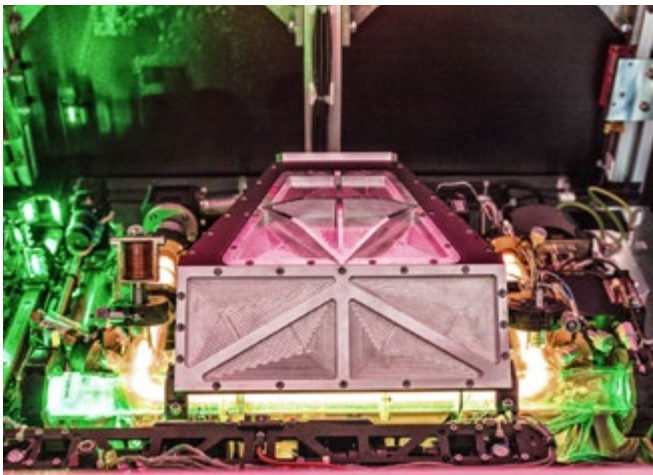
- Das **DLR-Institut für Werkstoff-Forschung** (Köln) ist ebenfalls über einen Kooperationsvertrag mit der JLU verbunden. Prof. Müller (Professur für Thermoelektrische Materialien im Fachgebiet Chemie der JLU) ist Leiter der dortigen Abteilung „Thermoelektrische Materialien und Systeme“ und beteiligt sich an Forschung und Lehre im Fachgebiet Chemie und in den Materialwissenschaften. Beispielsweise ist er PI im aktuell auslaufenden DFG-GRK 2204 (Substitutionsmaterialien für nachhaltige Energietechnologien).

- Mit dem **DLR-Institut für Technische Thermodynamik** (Stuttgart) existiert eine Kooperation zwischen Prof. Janek (FG Chemie) und Prof. Latz (DLR-Abteilungsleiter) im Bereich der Batterieforschung. Schwerpunkt ist die gemeinsame Arbeit in der Modellierung und zum tieferen Verständnis von Vorgängen in Batterien. Die besonderen Anforderungen an die elektrochemische Energiespeicherung unter den Bedingungen von Luft- und Raumfahrt könnten hier eine sinnvolle und synergetische weitere Entwicklung sein.

- Weitere Verbindungen bestehen zum **DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin** – Prof. Thoma (FG Physik) unterhält eine Kooperation mit Frau Dr. Rettberg (DLR), die die Arbeitsgruppe Astrobiologie innerhalb der Abteilung Strahlenbiologie des Instituts leitet. Prof. Brinkmann (FG Physik) unterhält eine weitere Kooperation mit Dr. Meier (DLR), der die Arbeitsgruppe Strahlenschutz in der Luftfahrt innerhalb der Abteilung Strahlenbiologie des Instituts leitet.

- Dem **DLR-Institut für Materialphysik** im Weltraum (Köln) war bis vor kurzem eine Arbeitsgruppe zum Thema „Komplexe Plasmen“ am DLR-Standort Oberpfaffenhofen angegliedert, mit der Prof. Thoma (Physik) kooperiert und gemeinsam zum Verhalten von Plasmakristallen unter Schwerelosigkeit im Rahmen des PK-4 Experiments auf der Internationalen Raumstation geforscht hat.

Diese Forschungskooperationen spiegeln die hohe Interdisziplinarität in der Raumfahrt wider. Weltraumspezifische Fragestellungen insgesamt



PK-4 Experiment an der JLU



und insbesondere auch in der Materialforschung nehmen aufgrund der zunehmenden Kommerzialisierung des Weltraums sowie immer komplexerer kommerzieller und wissenschaftlicher Missionen in ihrer Vielfalt zu. Außerdem gewinnen sie stetig an gesellschaftlicher Bedeutung. Nicht umsonst stellen Raumfahrt- und Satellitenanwendungen einen der Schlüsselbereiche der High-Tech-Strategie 2025 der Bundesregierung dar. Erdbeobachtungssatelliten sind essentiell für Wetter- und Klimavorhersagen. Neue Formationen von Telekommunikationssatelliten stellen die Basis für einen weltweiten und zuverlässigen Datenaustausch dar. Raumfahrtmissionen wie Moon Village (ein Habitat auf dem Mond) und Mars-Mission (der bemannte Flug zum Mars) sind keine Science Fiction mehr, sondern werden aktuell von ESA und NASA konkret geplant, und die technologische Umsetzung wird mit Nachdruck verfolgt. Alle diese neuen Missions-szenarien treiben die Entwicklung neuer Materialien und Technologien, die auch in andere Bereiche ausstrahlen und dort aufgegriffen werden. Insbesondere dann, wenn man Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit anstrebt oder es um Materialeinsatz unter extremen Bedingungen geht. Ein Beispiel aus der Raumfahrt ist die Suche nach Ersatz für das rare Edelgas Xenon als Treibstoff für Ionentriebwerke; in der Luftfahrt z.B. die Entwicklung neuer SiC-Faserbasierter Verbundwerkstoffe als Leichtbaumaterialien für Flugzeugturbinen — eine Thematik, die aktuell mit der Firma Schunk im EFRE-Innovationslabor „Hochleistungswerkstoffe“ erforscht wird.

Die Bewertung von Ressourceneffizienz und die Sicherstellung der Umweltverträglichkeit erfordern eine Lebenszyklusanalyse der im Weltraum eingesetzten Technologien, um negative Folgen, wie z. B. Weltraumschrott, einzudämmen oder von vornherein zu vermeiden. Diese Aspekte müssen von Beginn an in die Planung von Missionen bzw. die Entwicklung der dazu notwendigen Technologien und Materialien einfließen. Diese interdisziplinäre Aufgabe erfordert ein volles Verständnis der grundlegenden Zusammenhänge, die nur in fundamentalen Studien erlangt werden können. Parallel dazu sind Sicherheitsstandards zu definieren und es muss die Instrumentierung entwickelt werden, mit der für den Einsatz im Weltraum vorgesehene Technologie terrestrisch unter Einsatzbedingungen zuverlässig getestet werden kann, um diese



Anlage zur Elektromagnetischen Verträglichkeitsmessung von Ionentriebwerken im Betrieb

Sicherheitsstandards zu gewährleisten. In der bemannten Raumfahrt ist darüber hinaus die Gesundheit der Astronautinnen und Astronauten von größter Bedeutung. Hier müssen auch auf breiter Front medizinische Aspekte mit z.B. strahlenphysikalischen Aspekten in Bezug gesetzt werden.

Die aktuelle Diversifizierung in der Raumfahrt führt somit zu einer Vielzahl von Aufgaben in Forschung und Entwicklung, die teilweise schon in den bestehenden Kooperationen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ZfM mit dem DLR adressiert werden bzw. an schon existierende Forschungsstärken der JLU anknüpfen. Beispiele sind die Batterieforschung (Potentialbereich „Material und Energie“, Exzellenzcluster „Post Lithium Storage-POLIS“), die Instrumentierung für die subatomare Physik (Potentialbereich „Kleinste Teilchen“, FAIR-Projekt), elektrische Raumfahrtantriebe (Akzentbereich „Raumfahrtphysik“) oder Materialien unter extremen Bedingungen (Potentialbereich „Material und Energie“). Ein Großteil der genannten Aktivitäten [Batterien unter extremen Bedingungen (mit DLR Technische Thermodynamik, Stuttgart), Aufbau neuartiger EP-Testanlagen (DLR Aerodynamik und Strömungstechnik, Göttingen), Strahlenschutz (DLR Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln), Plasmamedizin (DLR-Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln)] ist an der JLU bereits unter dem Dach des EFRE-Innovationslabors „Physik unter harschen Bedingungen“ im ZfM sichtbar gebündelt bzw. schließt an die Aktivitäten dort direkt an. Aktivitäten im Bereich Thermoelektrik (mit DLR Werkstoff-Forschung, Köln) sind ebenfalls in das ZfM eingebunden.

Beide Seiten DLR und JLU können von einem Ausbau der Kooperation nur profitieren. Das ZfM ist bestrebt, eine tragende Rolle in diesem Entwicklungsprozess zu übernehmen und diesen weiter voranzubringen.

Gesprächsrunde des Kompetenznetzwerks Lithiumionen-Batterien zum Thema Festkörperbatterien

DIE JLU GIESSEN, VERTRETEN DURCH DAS ZfM, IST SEIT EINIGEN JAHREN MITGLIED DES KOM- PETENZNETZWERKS LITHIUMIO- NEN-BATTERIEN E. V. (KLiB).

Das KLiB ist ein Industrienetzwerk und versteht sich als Plattform für Industrien entlang der Wertschöpfungskette von Lithiumionen-Batterien und verfolgt das Ziel, die Kompetenzen aus der forschenden und produzierenden Industrie sowie der Wissenschaft zu bündeln, um im wettbewerbsfähigen Umfeld den Hightech- und

Produktionsstandort Deutschland zu stärken und zum Leitanbieter von Batterien zu entwickeln. Das KLiB kooperiert dabei an mehreren Stellen eng mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und organisiert beispielsweise den Beirat Batterieforschung Deutschland, dem mehr als 40 hochrangige Vertreter aus Industrieunternehmen und

Forschungseinrichtungen angehören und der das BMBF in Fragen der strategischen Forschungsplanung zu elektrochemischen Energiespeichern berät. Darüber hinaus ist das KLiB Veranstalter der jährlich in Berlin stattfindenden Tagung „Batterieforum Deutschland“, die sich in den letzten Jahren zu einem der wichtigsten Events im Bereich der Batterieforschung in Deutschland entwickelt hat. Ein wesentliches Ziel des KLiB ist die Vernetzung

der Akteure aus Industrie und Wissenschaft entlang der Wertschöpfungskette. Dies geschieht unter anderem durch die Organisation zahlreicher Veranstaltungen wie den mehrmals im Jahr stattfindenden Mitgliederforen und themenbezogenen Gesprächsrunden, an denen auch Vertreterinnen und Vertreter aus dem ZfM regelmäßig teilnehmen und mitwirken.

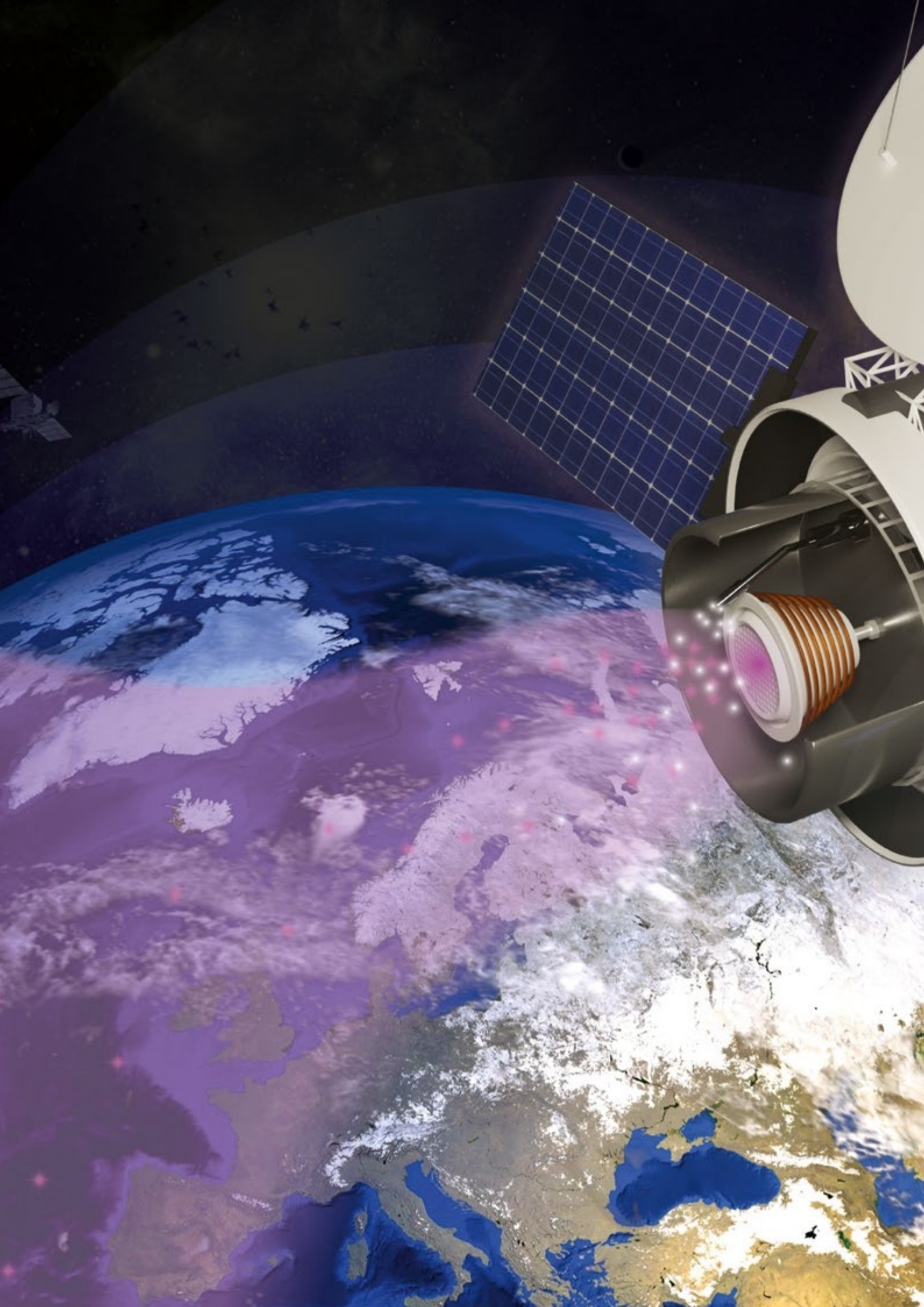
Zunehmend wird dem Thema Festkörperbatterien auch aus Sicht der Industrie hohe Bedeutung für unterschiedliche Applikationen zugemessen. Um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen und um Industrie und Wissenschaft auch speziell zu diesem Thema zusammenzuführen, initiierte das KLiB eine Gesprächsrunde Festkörperbatterie, die gemeinsam mit dem ZfM-Forschungskordinator Dr. Thomas Leichtweiß organisiert und von ihm moderiert wird. Für das erste virtuelle Treffen im Juli 2021 wurden Experten aus der Industrie und Wissenschaft gewonnen, die das Thema aus ihrer spezifischen Perspektive beleuchteten. Darüber hinaus gab Prof. Jürgen Janek einen Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand auf dem Forschungsgebiet, und Dr. Simon Burkhardt (ZfM) stellte den zahlreichen Teilnehmerinnen und Teilnehmern den Kompetenzcluster für Festkörperbatterien (FestBatt) vor. Abschließend fand eine rege Diskussion über mögliche gemeinsame Handlungsfelder und Initiativen statt. Die KLiB-Gesprächsrunde Festkörperbatterien soll verstetigt werden.

Weitergehende Informationen:
Dr. Thomas Leichtweiß, ZfM, JLU





Auf Seite 074. Das Auditorium des Batterieforums Berlin 2019. Oben. Das JLU-Team am Batterieforum 2020 (von links nach rechts: Dr. Thomas Leichtweiß, Dr. Simon Burkhardt, Prof. Jürgen Janek, Dr. Michael Ghidui, Prof. Wolfgang Zeier (jetzt an der WWU Münster), Dr. Felix H. Richter, Dr. Anja Henß, Dr. Daniel Langsdorf, Prof. Philipp Adelhelm (jetzt an der HU Berlin))



A detailed view of a satellite in space. The satellite is white and cylindrical, with various instruments and antennas visible. A large blue solar panel with a grid pattern is extended from the side. The Earth is visible in the background, showing clouds and landmasses. The word "OUTREACH" is written in large, bold, white capital letters across the center of the image.

OUTREACH

078

Festkolloquium nach erfolgreicher Begutachtung
des ZfM

081

DPG-Industriegespräche Mittelhessen

083

LaMa-Kolloquium Data Science

083

Solid-State Batteries 4.0 from Fundamentals
to Application

088

„Materials' world“ - der Podcast des ZfM

Festkolloquium nach erfolgreicher Begutachtung des ZfM

FESTKOLLOQUIUM ZUR FORTSETZUNG DES ZENTRUMS FÜR MATERIALFORSCHUNG ALS INTERDISZIPLINÄRE WISSENSCHAFTLICHE EINRICHTUNG DER JLU AM 22.07.2020.

Die für alle Mitglieder des ZfM erfreuliche und motivierende Nachricht über die Entscheidung des Präsidiums, das Zentrum fortzusetzen und aus zentralen Mitteln weiter zu finanzieren, fiel kurz nachdem die Corona-Pandemie auch unsere Universität mit massiven Einschränkungen konfrontiert hatte. In normalen Zeiten wäre die „Verstetigung“ gewiss der Anlass für ein Wissenschafts-Fest mit internen wie externen Gästen und Gelegenheit zum intensiven persönlichen Austausch in lockerer Atmosphäre bei gutem Essen gewesen. Der Geschäftsführung des ZfM war es ein Anliegen, trotz der ungünstigen äußeren Umstände eine Festveranstaltung zu organisieren, die der Bedeutung des Anlasses angesichts der etwa

zehnjährigen Aufbauphase des Zentrums gerecht wird. Das ZfM entschied sich für ein anderthalbstündiges Festkolloquium im Hybrid-Format, das am 22.07.2020 stattfand. Dabei hatten die Arbeitsgruppenleiterinnen und Arbeitsgruppenleiter des ZfM die Möglichkeit, in einem für den Infektionsschutz ausreichend dimensionierten Hörsaal vor Ort teilzunehmen, während alle weiteren Gäste die Vorträge interaktiv per Live-Übertragung verfolgen konnten.

Zunächst ließ Prof. Jürgen Janek als Geschäftsführender Direktor die Entstehungsgeschichte des ZfM Revue passieren, würdigte aktuelle Forschungsprojekte und Kooperationen und gab einen Ausblick auf die künftige strategische Ausrichtung des ZfM. Mit einem Augenzwinkern erinnerte er an die charakterlichen Parallelen zwischen dem „Lama“ als Tier und dem „LaMa“ als Vorgänger-Einrichtung des ZfM. Darauf folgte eine Videobotschaft, in der JLU-Präsident Prof. Joybrato Mukherjee das ZfM als ausgezeichnetes Beispiel für interdisziplinäre Kooperation lobte, seinen Mitgliedern zum exzellenten Evaluationsergebnis gratulierte und seine breite inhaltliche Ausrichtung hervorhob. Im wissenschaftlichen Festvortrag gab der renommierte britische Elektrochemiker Prof. Peter G. Bruce — zugeschaltet aus Oxford — einen Einblick in hochaktuelle Forschungsarbeiten zur Optimierung der Energiedichte in Lithium-Ionen-Batterien mithilfe Lithium-reicher Kathodenmaterialien. An der abschließenden, lebhaften Diskussion konnten sich sowohl die Gäste vor Ort durch Wortmeldung als auch die „virtuellen“ Teilnehmenden beteiligen.

Das gute Gelingen dieser technisch nicht ganz anspruchslosen Veranstaltungsform ist maßgeblich dem Team des HRZ zu verdanken, das sowohl bei der Produktion des Videos-Grußwortes des Präsidenten als auch durch Beratung zur reibungslosen Verwendung der Videoplattform seine technische Kompetenz einbrachte. Das unter normalen Umständen übliche „Get-Together“ mit kulinarischen Köstlichkeiten, auf das die Gäste diesmal schweren Herzens verzichten mussten, wird das ZfM ganz sicher zu gegebener Zeit nachholen.





Die Aufzeichnung des Festkolloquiums ist abrufbar bei
Youtube:
https://youtu.be/NVLZo_9IDR8



DPG–Industriegespräche Mittelhessen

DIE INDUSTRIEGESPRÄCHE SIND EINE VERANSTALTUNGSREIHE DES ARBEITSKREISES INDUSTRIE UND WIRTSCHAFT (AIW) DER DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT (DPG).

Die Industriegespräche bieten Foren für den Erfahrungsaustausch zu Themen der physikalischen Forschung, zum Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Anwendung sowie zu aktuellen Industriethe- men, und sie fördern das „Netzwerken“. Momentan finden Indus- triegespräche in Bad Honnef, Berlin, Bremen, Chemnitz, Dresden, Gießen, Hamburg, Heidelberg, Jena, München und Stuttgart statt und werden an den Standorten regional organisiert.

In Gießen werden die DPG-Industriegespräche gemeinsam von Vertretern der JLU, der THM, des Wetzlar Network (Industrienetz- werk für Optik Elektronik Mechanik) und der Fraunhofer–Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie (IWKS) organisiert.

Das Organisationsteam aus Prof. Dr. Thomas Sure (THM), Dr. Gert Homm (IWKS), Ralf Niggemann (Wetzlar Network) und Prof. Dr. Peter Klar (JLU) ist zwar ein eingespieltes Team, doch die Pandemie hat auch sie vor neue Herausforderungen gestellt. Die Co- vid-19 Situation hat einen Wandel des Charakters der Industriegespräche eingeleitet. Vor der Corona-Pandemie war es das vorrangige Ziel der DPG Industriegespräche Mittelhessen, Vertreterinnen und Vertreter der Industrie mit Studierenden in persön- lichen Kontakt zu bringen, um so neue Netzwerke aufzubauen und Studierenden früh Einblicke in die Berufswelt zu ermöglichen. Die Vortragsthemen adressieren verschie- denste Themenfelder von Nachhaltigkeit über Elektromobilität und Optik bis hin zur Nutzung von Science Fiction zur Vorhersage neuer Technologien. Die Vorträge wurden im Rahmen des Kolloquiums der Physikalischen Institute der JLU abgehalten. Dem Vortrag mit intensiver Fragerunde schloss sich ein kleiner Imbiss an, der den Besuche- rinnen und Besuchern die Möglichkeit zu regem Austausch bot. Aufgrund der Vielfalt der Themen, ihrer Anknüpfung an aktuelle gesellschaftliche Fragestellungen oder auch der Anschlussfähigkeit an lokale Technologiefelder setzte sich die Hörerschaft zu fast gleichen Teilen aus Studierenden, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Hochschulen und aus der regionalen Industrie sowie Vertreterinnen und Vertreter der breiten Öffentlichkeit zusammen. Typische Besucherzahlen lagen bei 50 bis 150, was überdurchschnittliche Werte im Vergleich mit den Zahlen der anderen Ausrichter- standorte waren. Alles in allem also sehr schöne und erfolgreiche Veranstaltungen! Corona hat zunächst einmal eine Schockstarre ausgelöst. Der letzte Vortrag in Präsenz wurde von Dr. Benjamin Dück von Leica Camera am 27. Januar 2020 zu „Trade-Offs und Technologien der Zukunft für die Fotografie“ gehalten. Im Sommersemester 2020 fanden keine Veranstaltungen statt. Die Fragen, die sich das Organisationsteam stellte, waren: Kann man mit einer Online-Abendveranstaltung erfolgreich sein? Ist es nicht so, dass sich niemand nach einem Tag voller Videokonferenzen oder Online-Vor- lesungen auffrassen kann, noch einmal Online zu gehen und dies dann auch durchzu- stehen? Gerade, wenn das soziale Element des geselligen Zusammenseins mit Imbiss online nicht umsetzbar ist. Mut zum Experiment! Am 08.03.2021 gab es den ersten Vortrag online zu „Elektrische Raumfahrtantriebe — Wissenschaftliche Herausforde- rungen bei der Entwicklung einer Nischentechnologie zu einem Game Changer“.





Das Format war ein Tandem-Vortrag. Beide Vortragende, Prof. Peter J. Klar (JLU) und Prof. Chris Volkmar (THM), sowie Dr. Gert Homm als Moderator durften von einem „Studio“ im Hauptgebäude der THM unter Einhaltung der Abstands- und Hygienebestimmungen auf Sendung gehen. Das ZOOM-Meeting wurde von der DPG perfekt organisiert. Die Veranstaltung war mit 400 Zuhörern und langer Diskussions- und Frageunde ein voller Erfolg. Eine Aufzeichnung der Veranstaltung ist sogar jetzt auf Youtube erhältlich (siehe timeline auf Seite 086). Ein zweiter Vortrag in diesem Format fand am 6. Dezember 2021 zu „Kunststoffrecycling — neue Ansätze und gelebte Praxis“ statt (siehe Timeline auf Seite 087 für den Youtube link) und war ähnlich erfolgreich.

Klar ist, dass die Umstände der Corona-Pandemie das Format der DPG-Industriegepräche stark verändert haben. Einerseits sind der lokale Charakter und das ursprüngliche Ziel, Industrievertreterinnen und -vertreter und Studierende zusammenzubringen, verlorengegangen. Andererseits erreicht man durch den leichten deutschland-, wenn nicht sogar weltweiten elektronischen Zugang (email-Anmeldung bei der DPG ist ausreichend), eine deutlich größere Zuhörerschaft. Das alte und das neue Format sind grundverschieden, so dass man nicht von „besser oder schlechter“ sprechen sollte. Die Frage, die sich in Zukunft stellt ist, ob man die beiden Formate erfolgreich zu einem Hybridformat verbinden kann. Auch hier hat das Organisationsteam gerade seine Zweifel, aber Mut zum Experiment.

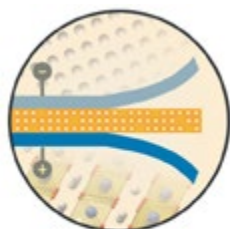


LaMa-Kolloquium Data Science

In Zeiten wachsender Komplexität wissenschaftlicher Daten, die durch interdisziplinäre Forschungsansätze für immer mehr Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler relevant werden, gewinnt das Datenmanagement an Bedeutung als eigene Forschungsrichtung. Diesem Thema widmete sich das digitale LaMa-Kolloquium „New Ways for your Data in Physical and Chemical Sciences - Data Science, Publications and Repositories“, das am 04.12.2020 von Dr. Daniel Schröder veranstaltet wurde. Nach einer kurzen Vorstellung des an der JLU neu eingerichteten Studienganges „Data Science“ durch Prof. Christian Heiliger präsentierte Dr. Andrew L. Hufton die Mission der von ihm herausgegebenen Zeitschrift „Nature Scientific Data“. Zum Abschluss führte Dr. Werner Dees von der Universitätsbibliothek Gießen das Publikum in die Funktionen des neu implementierten Forschungsdaten-Repositoriums „JLUData“ ein. Die mit über 100 Personen bisher größte Teilnehmerzahl eines LaMa-Kolloquiums ist neben der Niederschwelligkeit des Online-Formats sicher auch der Aktualität und Relevanz des Themas zu verdanken.



SSB 4.0 – Solid-State Batteries 4.0 from Fundamentals to Application



SSB 4.0

Mit mehr als tausend internationalen Teilnehmenden aus Universitäten, Forschungsinstituten und aus der Industrie fand die vierte Auflage des gemeinsam von ZfM und der Deutschen Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie e.V. ausgerichteten International Bunsen Discussion Meetings „Solid-state Batteries 4.0 – From Fundamentals to Application“ (vormals Bunsenkolloquium) am 16. und 17. Juni 2021 in digitalem Format statt. Das von Prof. Jürgen Janek (JLU Gießen) und Prof. Wolfgang Zeier (WWU Münster) organisierte Programm bestand aus insgesamt 22 Vorträgen internationaler Expertinnen und Experten sowie aus einer Diskussionsrunde, in der der aktuelle Entwicklungsstand auf dem Gebiet der Festkörperbatterien diskutiert wurde. Festkörperbatterien (*solid-state batteries*) gelten als mögliche Weiterentwicklung der heute gängigen Lithiumionenbatterien und erfahren seit einigen Jahren international großes Interesse in Industrie und Forschung. Sie versprechen höhere Energiedichten, höhere Ladegeschwindigkeiten, verbesserte Sicherheitseigenschaften sowie eine längere Lebenserwartung im Vergleich zu den heute eingesetzten Batterien mit flüssigen Elektrolyten.

27. Jan 2020

DPG-Industriegespräch Mittelhessen
**Technologien der Zukunft für die
 Fotografie**

Dr. Benjamin Dück
 Leica Camera AG



03. Mär 2020

**Wichtigster Nachwuchspreis der deutschen
 Wissenschaft für Gießener Batterieforscher
 Dr. Wolfgang Zeier**

Nachwuchsgruppenleiter Dr. Wolfgang Zeier erhält den
 mit 20.000 Euro dotierten Heinz Maier-Leibnitz-Preis –
 Preisverleihung am 5. Mai 2020 in Berlin



25. Mai 2020

**Batterieforschung: Lithium
 kommt in Sicht**

Mittelhessisches Forschungsteam
 entwickelt Verfahren, um
 Kathodenmaterial atomgenau zu kartieren



Januar 2020

01

02

03

04

05

06

23. Jan 2020

**Akademiepreis 2020 der
 Berlin-Brandenburgischen
 Akademie der Wissenschaften
 für Prof. Peter R. Schreiner**

Leiter des Instituts für Organische
 Chemie der Justus-Liebig-Universität
 Gießen wird die hochkarätige
 Auszeichnung im Juli 2020 in Berlin
 entgegennehmen



24. Feb 2020

**ADUC-Preis 2020 für
 Chemiker Dr. Urs Gellrich**

Leiter einer Emmy-Noether-
 Nachwuchsgruppe der
 Universität Gießen nimmt
 Auszeichnung am 30.
 März 2020 im Rahmen der
 Chemiedozententagung in
 Dresden entgegen



12. Mär 2020

Die Feststoffbatterie in Zahlen

Gießener Batterieforscher publizieren detaillierte
 Analyse von zukünftigen Feststoffbatterien
 – Zusammenarbeit mit Karlsruher Institut für
 Technologie



Reisebeschränkungen



Lockdowns



Pressemitteilung

01. Jul 2020

EU-Förderung: Rekord-Summe für zwei neue Innovationslabore

Wissenschaftsministerin Angela Dorn überreicht Förderbescheide über rund 7,8 Millionen Euro



28. Sep 2020

Gießener Physiker untersuchen optische Mischkristalle

DFG-Forschungsgruppe mit Beteiligung der JLU



04. Dez 2020

**LaMa-Kolloquium
New Ways for your Data in Physical and Chemical Sciences - Data Science, Publications and Repositories**

Prof. Dr. Christian Heiliger
JLU Gießen

Dr. Andrew L. Hufton
Nature Scientific Data

Dr. Werner Dees
Universitätsbibliothek
Gießen

03. Jul 2020

Materialien mehrdimensional abbilden

Neues Massenspektrometer am Zentrum für Materialforschung der Universität Gießen ermöglicht die höchst präzise Untersuchung der chemischen Zusammensetzung



19. Aug 2020

Prof. Peter Schreiner erhält hohe Auszeichnung in den USA

American Chemical Society zeichnet den Gießener Chemiker mit einem der renommierten Arthur C. Cope Scholar Awards 2021 aus



29. Sep 2020

Fest statt flüssig? - Forschung an der Batterie der Zukunft

Sogenannte „Feststoffbatterien“ gelten unter Autoherstellern und Batterieproduzenten als eine besonders attraktive Technologie



Dezember 2020

07

08

09

010

011

012

22. Jul 2020

LaMa-Festkolloquium zur Fortsetzung des Zentrums für Materialforschung

Prof. Dr. Joybrato Mukherjee
JLU Gießen

Prof. Dr. Peter G. Bruce
University of Oxford, UK



03. Nov 2020

Wie organische Moleküle im Weltraum entstehen können

Wissenschaftlerteams der Universität Gießen und der Universität Hawaii entdecken gemeinsam eine präbiotische Synthese von Brenztraubensäure



06. Nov 2020

Eine neue Stellschraube für die molekulare Selbstorganisation

Gezielte Herstellung von Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften im Fokus



18. Nov 2020

Prof. Jürgen Janek „Highly Cited Researcher 2020“

Gießener Chemiker gehört zu den meistzitierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern weltweit - Liste der Web of Science Group von Clarivate Analytics



04. Dec 2020

Freude über Erfolg im LOEWE-Programm

Projekt PriOSS unter Federführung der JLU vom Land Hessen gefördert - Forschergruppen der Philipps-Universität Marburg beteiligt





Reisebeschränkungen

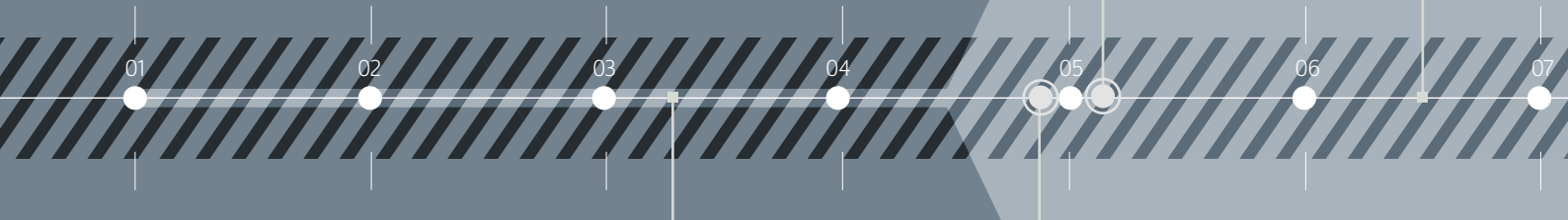


Lockdowns



Pressemitteilung

Januar 2021



06. Mai 2021

Nur wenige Atome dick: Neue funktionelle Materialien entwickelt

Mit dem kleinsten „Baukasten“ der Welt designt ein Forscherteam der Universitäten Marburg, Gießen und Paderborn neuartige Materialien für Computerchips, Leuchtdioden und Solarzellen



16.-17. Jun 2021

Konferenz: Solid-state Batteries 4.0 – from Fundamentals to Application

u.a.
 Dr. Josh Buettner-Garrett – Solid Power, Louisville, USA
 Prof. Dr. Kelsey Hatzell – Princeton University, USA
 Prof. Dr. Akitoshi Hayashi – Osaka Prefecture University, Japan
 Prof. Dr. Y. Shirley Meng – University of California, San Diego, USA

08. Mär 2021



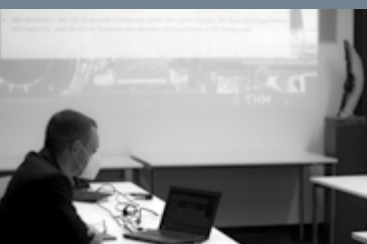
DPG-Industriegespräch
 Mittelhessen

Elektrische Raumfahrtantriebe - Wissenschaftliche Herausforderungen bei der Entwicklung einer Nischentechnologie zu einem Game Changer



Prof. Dr. Chris Volkmar
 Technische Hochschule
 Mittelhessen

Prof. Dr. Peter J. Klar
 JLU Gießen

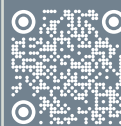


27. Apr 2021

Forschungsbau GC-EIMaR: Großer Erfolg für die elektrochemische Materialforschung in Gießen

Wissenschaftsrat empfiehlt Forschungsbau für das „Giessen Center for Electrochemical Materials Research“ an der Universität Gießen – Investitionsvolumen ca. 66 Millionen Euro





17. Aug 2021

Liebig-Professur für Prof. Mogens Brøndsted Nielsen

Dänischer Chemiker wird den Forschungsschwerpunkt „Material und Energie“ unterstützen



16. Nov 2021

Prof. Jürgen Janek und Prof. Rainer Schulz sind „Highly Cited Researchers 2021“

Zwei Gießener Namen auf der Liste der meistzitierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weltweit



06. Dez 2021

DPG-Industriegespräch Mittelhessen
Kunststoffrecycling - neue Ansätze und gelebte Praxis

Dr. Gert Homm
Fraunhofer IWKS

Josia Dillmann
Elkamet Kunststofftechnik GmbH

26. Okt 2021

LaMa-Seminar
Elektrische Multivalent Batteries: the Plus and Minus Sides

Prof. Dr. Linda Nazar
University of Waterloo, Canada

Dezember 2021

08

09

010

011

012

01. Sep 2021

„Materials' World“ - die neue Podcast-Reihe des ZfM

Von nachhaltigen Weltraumtreibstoffen und intelligenter Verglasung - Podcast bietet akustische Einblicke in die vielseitige Materialforschung und zeigt Karrierewege auf



18. Okt 2021

Staubiges Plasma in Einsteins Aufzug

Arbeitsgruppe des I. Physikalischen Instituts der Universität Gießen erforscht das Verhalten von Mikropartikeln in Plasmen - Fallturm erzeugt Bedingungen der Schwerelosigkeit



26. Okt 2021

Prof. Linda Nazar ist Liebig-Professorin

Ehregastprofessorin aus Kanada unterstützt die Forschung am Zentrum für Materialforschung der JLU zu Materialien für Batterien der nächsten Generation



26. Nov 2021

Der nächste Schritt auf dem Weg zur Batterie der Zukunft

Kompetenzcluster für Festkörperbatterien „FestBatt“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung geht in die zweite Förderphase - Koordination durch Prof. Dr. Jürgen Janek vom Gießener Zentrum für Materialforschung - Rund 23 Millionen Euro Förderung



03. Sep 2021

Molekulare Handarbeit

Gießener Physiker und Chemiker entwickeln neue Methode zur Herstellung von maßgeschneiderten organischen Nanostrukturen



„Materials’ world“ – der Podcast des ZfM



JEDEN MONAT GEBEN DIE WISSENSCHAFTLERINNEN UND WISSENSCHAFTLER DES ZfM EINEN AKUSTISCHEN EINBLICK IN IHRE FORSCHUNGSGEBIETE. DIE FORSCHENDEN HABEN GROSSEN SPASS DARAN, SICH UND IHRE FORSCHUNG ZU ERKLÄREN. SO SOLL DER FUNKE AUCH AUF DIE ZUHÖRERSCHAFT ÜBERSPRINGEN, SICH DER FASZINIERENDEN WELT DER MATERIALFORSCHUNG UND IHRER ROLLE FÜR UNSERE ZUKUNFT ZU NÄHERN. UND VIELLEICHT FÜHLT SICH DER JÜNGERE TEIL DES PUBLIKUMS ANIMIERT, DAS FACH AN DER JLU ZU STUDIEREN.

Podcasts gewinnen immer mehr Fans. Um auch in Corona-Zeiten die Öffentlichkeit und vor allem auch junge Menschen für das Thema Materialwissenschaft zu interessieren, entwickelte die Geschäftsführung des ZfM die Idee, regelmäßig per Podcast auf Sendung zu gehen. Über die Homepage <https://www.uni-giessen.de/zfmpodcast> und die gängigen Podcast-Plattformen von **Spotify**, **Apple (iTunes)** und **Google** sowie auf **Youtube** stellen die Forscherinnen und Forscher des ZfM seit September 2021 einmal im Monat sich und ihre Faszination für Materialien vor. »Wir wollen damit ganz klar jüngere Menschen erreichen, um sie auf den Geschmack zu bringen«, sagt Jürgen Janek. Er ist Professor für Physikalische Chemie, Geschäftsführender Direktor des ZfM und Ideengeber für den Podcast. »Die Herausforderung ist natürlich, alles mit Sprache und der Stimme rüberzubringen«, ergänzt Thomas Leichtweiß, der am ZfM die Forschung koordiniert und den Podcast technisch mitproduziert.

Die Faszination der Materialforschung ist den ersten Folgen dann auch anzuhören. Meist sprechen die Forscherinnen und Forscher im Zweierteam mit Martin Schäfer, der seit Jahren in Mittelhessen als Wissenschafts-Journalist tätig ist. Die Themen sollen gerade auch Schülerinnen und Schüler ansprechen und aufzeigen, dass Materialforschung ein attraktives Berufsfeld mit spannenden Karriereperspektiven, ausgeprägter Teamarbeit und einer starken internationalen Komponente ist.

So redeten in der ersten Folge Professor Jürgen Janek und die Doktorandin Luise Riegger über die Materialforschung ganz allgemein, über ihr Kernthema „Batterieforschung“ und die Knackpunkte etwa auf dem Weg zur Elektromobilität. Außerdem skizzierten sie Karriere- und Studienwege.

Forschung ist international, und so berichtete in der zweiten Folge die italienische Forscherin Dr. Teresa Gatti über die Arbeit im Labor an Stoffen, die auf der Nanometer-Skala strukturiert sind. Im Mittelpunkt stand die Jagd nach immer neuen und besseren Nanomaterialien, um das Sonnenlicht einzufangen.

Düsen zukünftig Raumfahrzeuge mit Nanodiamanten zum Mars? Könnte sein. Jedenfalls wenn es nach Physikprofessor Peter Klar und Chemieprofessor Peter Schreiner geht. Beide arbeiten am ZfM Hand in Hand, um für Ionentriebwerke nachhaltige Treibstoffmaterialien zu entwickeln. Nanodiamanten sind ein heißer Favorit, wie sie in der Oktoberfolge ausführten.

Nachhaltigkeit und Klimaschutz standen auch in der Novemberfolge auf dem Programm. Wie lassen sich Fensterscheiben intelligent beschichten, so dass das Licht hindurch gelangt und wahlweise die Wärme im Winter drinnen und im Sommer draußen bleibt? Dr. Angelika Polity und Professor Derck Schlettwein sind da ganz dicht dran.

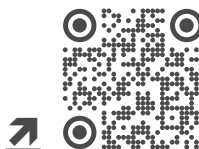
In der Dezemberfolge sprach Martin Schäfer mit Dr. Anja Henß und Dr. Felix H. Richter, die jeweils eine Nachwuchs-Forschungsgruppe



in der Physikalischen Chemie leiten. Beide beschrieben ihre Karrierewege sowie ihre Arbeitsalltage und blickten aus verschiedenen Richtungen auf neue Batteriekonzepte. Sie verdeutlichten, wie sich die Grenzflächen-Analytik und die Konstruktion von Prototypen am ZfM ergänzen und gegenseitig befruchten.

An weiteren inspirierenden Themen, die das Publikum auch im Jahr 2022 begeistern werden, mangelt es dem ZfM nicht. Die Expertinnen und Experten stehen schon in den Startlöchern, um der Öffentlichkeit „ihre Materialien“ mit faszinierenden optischen, elektronischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften vorzustellen und dabei lebendige Eindrücke aus ihrem Wissenschaftsalltag zu vermitteln.

Die Podcasts des ZfM sind abrufbar bei **Youtube:**





INTERNATIONA- LISIERUNG

092

Internationalisierung - Ungewollt auf
zu neuen Wegen

093

Liebig-Professur für Linda Nazar

094

Mercator-Professur für Michael M. Haley

095

Liebig-Professur für Mogens Brøndsted Nielsen

096

Incomings

098

Outgoings

Internationalisierung – Ungewollt auf zu neuen Wegen

Wie schon auf dem Titelblatt dieses Heftes ersichtlich, fällt der Berichtszeitraum mit der weltweiten Ausbreitung der Corona-Pandemie zusammen. Zunächst belächelt als ein lokales Problem im chinesischen Wuhan und als rein lokale Angelegenheit betrachtet hat sich SARS-CoV-2 zu einer Epidemie und schließlich gar zur Pandemie entwickelt. Solch eine „Internationalisierung“ haben wir uns alle sicher nicht gewünscht.

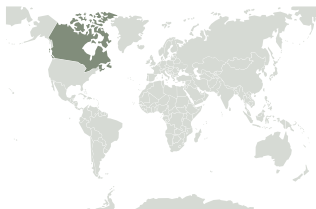
Die Auswirkungen der Pandemie auf das akademische Leben in Forschung und Lehre hat unfassbare Dimensionen angenommen, dies gilt auch für den Bereich der internationalen Beziehungen. Reisen zu Kooperationspartnern konnten nicht mehr durchgeführt werden, internationale Konferenzen sind abgesagt worden, bilaterale Austauschprogramme mussten pausieren etc. Es hat etwas gedauert, die IT-Infrastruktur zu etablieren, um diese Lücke mühselig und auch nur notdürftig füllen zu können. Wir alle haben sicherlich unsere Erfahrungen mit dem elektronischen internationalen Umgang gemacht. Es gibt Formate, die funktionieren auch elektronisch gut, andere eher gar nicht. Zu ersteren gehören sicherlich kurze Videokonferenzen mit ausländischen Partnern im kleinen Kreis, z. B. im Rahmen etablierter Kooperationen über spezifische Fragestellungen, aber sicherlich nicht eine Aneinanderreihung von Vorträgen auf einer Tagung, denen man im eigenen Büro mitten im Tagesgeschäft lauscht und der das „Ambiente“ fehlt.

Besonders betroffen sind natürlich auch Experimente an anderen Institutionen, insbesondere an Großforschungseinrichtungen, die schlagartig nicht mehr zugänglich waren.

Umso schöner ist es, dass uns als ZfM auch trotz dieser widrigen Umstände im Bereich der Internationalisierung Erfolge gelungen sind und wir in dieser Rubrik etwas zu vermelden haben, wenn auch hauptsächlich auf individueller Ebene beim „Incoming und Outgoing“ von Personen von Studierenden- bis Professorenebene. Besonders zu nennen sind hier die Einrichtung der Liebig-Professuren für Linda Nazar von der University of Waterloo (Kanada) und für Prof. Mogens Brøndsted Nielsen von der University of Copenhagen (Dänemark) sowie die Mercator-Professur für Prof. Michael M. Haley von der University of Oregon (USA).

Internationale Tagungen und Workshops gab es auch, wenn auch nur elektronisch. Langsam, jetzt im Jahr 2022, und damit eigentlich außerhalb unseres Berichtszeitraums wird unser Umgang mit der Corona-Pandemie auch Dank der erfolgreichen Impfstrengungen weltweit wieder mutiger und Reisen zu Internationalen Tagungen in Präsenz (einen Zusatz, den es vor Corona faktisch nicht gab!), zu Experimenten in Ausland oder zu Kooperationsbesuchen werden wieder möglich. Hoffen wir, dass es so bleibt, denn beim Schreiben dieses Textes stellt der Krieg in der Ukraine den nächsten Einschnitt im Bereich der Internationalisierung dar, auf den es besonnen zu reagieren gilt.

Liebig-Professur für Linda Nazar



Anlässlich eines längeren Aufenthalts in Gießen wurde die kanadische Chemikerin Prof. Linda F. Nazar im Oktober 2021 zur Liebig-Professorin der JLU bestellt. Mit diesem Ehrentitel zeichnet die JLU renommierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus und intensiviert die Zusammenarbeit mit ihnen durch eine langfristig angelegte Gastprofessur. JLU-Präsident Prof. Dr. Joybrato Mukherjee übergab die Urkunde in einer kleinen Feierstunde im Rektorenzimmer im JLU-Hauptgebäude. Die im Jahr 2009 eingeführte Auszeichnung wurde zum sechsten Mal verliehen.

Prof. Nazar forscht an der University of Waterloo (Kanada) im Bereich der Festkörperelektrochemie. Sie ist auf diesem Gebiet eine seit langem durch zahlreiche Preise, Auszeichnungen, Publikationen und internationale akademische Mitgliedschaften ausgewiesene Forscherin. Ein Schwerpunkt ihrer Arbeit sind Materialien für Batterien der nächsten Generation, und sie ist eine weltweit anerkannte

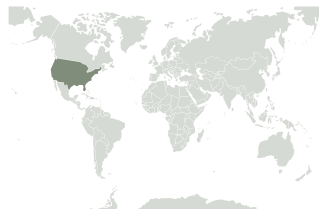
Expertin für die Entwicklung neuer Festelektrolyte. Hier kooperiert Prof. Nazar bereits eng mit dem Fachgebiet Chemie der JLU, unter anderem über das BASF Academic Electrochemistry and Battery Network, an dem auch die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Jürgen Janek am Physikalisch-Chemischen Institut der JLU beteiligt ist. Prof. Nazar war bereits mehrfach an der JLU zu Gast.

»Mit dieser Liebig-Professur möchten wir die bestehende Kooperation vertiefen, aber auch auf andere Arbeitsgruppen in der chemischen und physikalischen Materialforschung erweitern«, so JLU-Präsident Prof. Dr. Joybrato Mukherjee anlässlich der Feierstunde im Oktober 2021. »Ich freue mich sehr darüber, dass Prof. Nazar unseren wichtigen Forschungsschwerpunkt „Material und Energie“ in Bezug auf Speichermaterialien mit ihrer Expertise unterstützen und darüber hinaus die Internationalisierung von Forschung und Lehre an der JLU fördern wird.«

Zu den laufenden gemeinsamen Projekten mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des ZfM gehören u.a. Untersuchungen der Eigenschaften neuer Festelektrolyte auf Halogenidbasis und ihres Einsatzes in Festkörperbatterien, die Entwicklung stabiler Schutzschichten für Kathodenmaterialien und die elektronischen Eigenschaften von Festelektrolyten. Ende 2021 wurde eine gemeinsame Publikation „High areal capacity, long cycle life 4V ceramic all-solid-state Li-ion batteries enabled by chloride solid electrolytes“ über besonders stabile Festkörperbatterien mit neuartigen Festelektrolyten in der renommierten Fachzeitschrift *Nature Energy* (<https://doi.org/10.1038/s41560-021-00952-0>) veröffentlicht. Weitere Arbeiten sind in Vorbereitung.



Mercator-Professur für Michael M. Haley



Prof. Michael M. Haley war im Herbst 2021 zu einem mehrwöchigen Aufenthalt Gast am Zentrum für Materialforschung.

Michael M. Haley wurde 1965 in Lake Charles, Louisiana, geboren, und wuchs in Tulsa, Oklahoma, auf. Er erhielt sowohl seinen Bachelor- (1987) als auch seinen Ph.D.- (1991) Abschluss an der Rice University in Zusammenarbeit mit Prof. Ed Billups, mit dem er über die Chemie von Cyclopropenen und Cyclopropenen arbeitete. Anschließend war Haley von 1991 bis 1993 Postdoktorand bei Prof. Peter Vollhardt an der University of California-Berkeley und studierte [N]Phenylene. Er begann seine unabhängige Karriere 1993 an der University of Oregon, wo er derzeit der *Richard M. und Patricia H. Noyes Professor* für Chemie ist. Von 2008 bis 2014 war er außerdem Department Head. Er ist ein anerkannter Experte für die Synthese und Untersuchung aromatischer und kohlenstoffreicher Moleküle mit potenziellen Anwendungen in den

Materialwissenschaften. Er ist Co-Autor von über 230 Artikeln und hat die meisten dieser Studien in einigen der angesehensten Chemiezeitschriften (*Nature Chemistry*, *Journal of the American Chemical Society*, *Angewandte Chemie*, *Chem* usw.) veröffentlicht. Haley wurde für seine innovative Kohlenwasserstoffforschung mit dem *George A. Olah Award 2021* in Hydrocarbon or Petroleum Chemistry der American Chemical Society ausgezeichnet. Weitere Auszeichnungen waren ein *Alexander von Humboldt-Forschungsstipendium* (2015), ein Stipendium der *Japan Society for the Promotion of Science for Research in Japan* (2016), die Wahl zum „Senior Member“ der *US National Academy of Inventors* (2019) und die Ernennung zum *Mercator Fellow* an der Justus-Liebig-Universität Gießen (2021). Haley ist Mitglied des gemeinsamen Redaktionsbeirats der Zeitschriften *Synthesis* und *Synlett* und Mitglied des Redaktionsbeirats des *Journal of Physical Organic Chemistry*.

Prof. Haleys Verbindungen zur Gießener Fakultät reichen über zwei Jahrzehnte zurück, da er Prof. Dr. Peter R. Schreiner seit 1999 und Prof. Dr. Hermann A. Wegner seit 2001, als dieser Doktorand in Göttingen war, kennt. Während seines zweimonatigen *Mercator-Aufenthalts* im Herbst 2021 nahm Haley an den wöchentlichen Treffen der Schreiner-Gruppe teil und traf sich mit fast allen Mitarbeitenden der Schreiner- und Wegner-Arbeitsgruppen persönlich. Neben Diskussionen zu verschiedenen Aspekten der Chemie mit der Gießener Fakultät hielt Haley zwölf eingeladene Vorträge an Universitäten in Deutschland, der Schweiz, Polen und Dänemark. Haley und Schreiner gelang es, mit der Mercator-Professur ein neues Kapitel der Zusammenarbeit zu öffnen.





Liebig-Professur für Mogens Brøndsted Nielsen



Im August 2021 ist der dänische Chemiker Prof. Dr. Mogens Brøndsted Nielsen zum Liebig-Professor bestellt worden. Mit dieser Auszeichnung ehrt die JLU renommierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und intensiviert die Zusammenarbeit mit ihnen durch eine Gastprofessur.

Im Rahmen dieser Professur verbrachte Prof. Dr. Mogens Brønsted Nielsen, University of Copenhagen in 2021 zweimal eine Woche im Institut für Organische Chemie.

Die Forschungsschwerpunkte von Prof. Brøndsted Nielsen liegen in den Bereichen synthetische organische Chemie, physikalisch-organische Chemie, supramolekulare Chemie und damit auf materialwissenschaftlichen Gebieten, die auch im Institut für Organische Chemie der JLU von großem Interesse sind. Dementsprechend fand während der Besuche von Prof. Brønsted Nielsen ein reger Austausch mit den Studierenden, Doktoranden und anderen Forschenden statt.

Unter anderem ist Prof. Brøndsted Nielsen, der an der Universität Kopenhagen in Dänemark forscht und lehrt, einer der weltweit führenden Wissenschaftler auf dem hochaktuellen Forschungsgebiet der Molekularen Solarthermiespeicher (MOST),

das auch an der JLU in der Arbeitsgruppe von Prof. Hermann A. Wegner intensiv beforscht wird. Diese Art der Energiespeicherung beruht darauf, dass Sonnenlicht in chemischen Bindungen gespeichert wird und bei Bedarf wieder in Form von Wärme freigesetzt wird. Ein großer Vorteil dieser Art der Speicherung liegt darin, dass Energieumwandlung, -speicherung und -freisetzung mit ein- und demselben molekularen Material erfolgen. Aufgrund der Komplementarität zu elektrochemischen Energiespeichern erweitert dieses Thema den Potentialbereich „Material und Energie (Schwerpunkt Speichermaterialien)“ um ein vielversprechendes Forschungsfeld. Somit ist die Liebig-Professur von Prof. Brønsted Nielsen eine große Bereicherung für das ZfM im Allgemeinen. Weitere Aufenthalte für die Vertiefung der gemeinsamen Kooperation sind für 2022 geplant.



Incomings



Dr. Sudeshna Sen

Promotion am Indian Institute of Science, Bangalore, Indien

Postdoktorandin in der
AG Dr. Felix H. Richter

I am working as Postdoctoral Research Associate in the junior research group of Dr. Felix H. Richter and the research group of Professor Jürgen Janek at the JLU.

Before moving to Gießen, I pursued my postdoctoral studies in the United Kingdom. My postdoctoral research started at GSK Carbon Neutral Laboratory, University of Nottingham. During my UK stay, I was awarded a Royal Society-SERB Newton International Fellowship from University of Glasgow. Before I moved to the Richter group, I was working at University College London as a part of Faraday Institute, UK. During my PhD, I was awarded a gold medal, for the best PhD thesis, from the Indian Institute of Science in Bangalore, India.

My current research involves the development of hybrid solid state batteries employing organic inorganic hybrid materials. I am expanding my research direction from electrolyte development to interface properties of solid-state batteries. My research expertise on physical chemistry of polymers are being enriched by strong polymer expertise from the Richter group and advanced electro/analytical techniques from the Janek group.

Gießen was an unknown city to me when I moved to Germany. After working a year at the University, I am impressed with excellent research facilities and a diverse work culture. The welcoming work atmosphere in the Richter and Janek groups excites me to carry out my research further in Gießen. Now Gießen is one

of my favourite European cities, I ever stayed in. I enjoy the international environment in Gießen and Frankfurt. My colleagues from different scientific backgrounds from all over the world enriched my professional and personal life. I am very happy with my decision to work at the ZfM.

“

”



M. Sc. Matteo Crisci

Università degli Studi di Padova,
Italien

Doktorand in der
AG Dr. Teresa Gatti

My experience in Gießen started well before my PhD: I spent few months the year before it (2020) for my master thesis in the frame of a project in collaboration between Dr. Teresa Gatti and Prof. Dr. Silvia Gross from the University of Padua. From there I found myself interested in Dr. T. Gatti's work and in one of her projects, aiming on using bi-dimensional materials and their applications for novel energy storage devices, getting then my current position in this aforementioned project after my graduation at the University of Padua. My research, now, focuses on the characterization and functionalization of bi-dimensional materials and their application for energy related applications, such as hydrogen evolution and charge storage.

I first came to Gießen in a very unlucky period, where Corona was still hitting pretty hard all our countries, despite that I found both my colleagues and the city itself welcoming: I have not only found colleagues that are eager to help and compare ideas, but also likeminded people with whom I can share interests outside of work. I found a small but gracious town that welcomed me and gave many possibilities in different settings. Corona really left a sign in my life, but I am not regretting the choices I have made so far.

I graduated from Hubei University and obtained my Master's degree in 2020. During my master's study, I worked on semiconductor materials, mainly on the preparation of VO₂ single crystalline epitaxial films and the mechanism of metal-insulator transition. Based on my knowledge of the phase transition properties of VO₂, I started to investigate the application of VO₂ in the areas of smart windows and infrared detectors. It is fortunate for me to have won a scholarship from China Scholarship Council to support my research, and to have received an invitation to join Prof. Klar's group as a PhD student in 2021. In Gießen, I will continue to investigate the thermochromic properties of VO₂ in quaternary layer systems grown by combinatorial ion beam sputtering. I have great admiration for Prof. Peter J. Klar's achievements in solid-state physics, semiconductor physics, micro&nano-structure physics and space physics. It is a great honor for me having the opportunity to conduct my research under his guidance. Working at ZfM impresses me a lot. Here, a large variety of advanced analytical instruments are available for us. We can always find suitable preparation and characterization tools to meet our research needs. Hence I am looking forward to continuing my research under the supervision of Prof. Peter J. Klar and Dr. Martin Becker, and cooperating with other ZfM members.



M. Sc. Lu Hao

Hubei University, Wuhan, China
PhD grant of the China Scholarship Council (CSC)

Doktorand in der
AG Prof. Dr. Peter J. Klar



Outgoings



M. Sc. Ronja Haas
Technion, Haifa, Israel

Doktorandin in der
AG Prof. Dr. Jürgen Janek

Ich habe meine Masterarbeit über die Stabilität von Redoxmediatoren in Lithium-Sauerstoff-Batterien in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Jürgen Janek durchgeführt. Im Rahmen dessen habe ich einen dreimonatigen Forschungsaufenthalt in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Yair Ein-Eli am Technion in Haifa, Israel absolviert, für den ich ein PROMOS-Stipendium des DAAD erhielt.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Ein-Eli beschäftigt sich mit perfluorierten Additiven, die in Lithium-Sauerstoff-Batterien verwendet werden können um die Sauerstofflöslichkeit zu erhöhen. Durch den Auslandsaufenthalt konnte ich mein Wissen auf diesem Gebiet erweitern und in meiner Masterarbeit perfluorierte Additive in Kombination mit Redoxmediatoren untersuchen.

Seit November 2019 promoviere ich an der JLU in der Arbeitsgruppe von Jürgen Janek und bin Stipendiatin des Graduiertenkollegs 2204. In meiner Promotion beschäftige ich mich weiterhin mit Lithium-Sauerstoff-Batterien und spezialisiere mich nun auf den Einfluss gelöster Gase auf die Stabilität von Lithium-Elektroden. Auch für meine Promotion arbeite ich weiterhin mit der Arbeitsgruppe von Prof. Ein-Eli, zu der ich während meines Auslandsaufenthalts Kontakte knüpfen konnte, zusammen.

“

”



M. Sc. Felix Boll

Double-Degree-Programm Materialwissenschaft an der Kansai Universität, Japan, und der JLU

Doktorand in der AG Dr. Teresa Gatti

Von März 2019 bis März 2020 habe ich den *Double-Degree* in *Material Science* in Osaka an der Kansai Universität absolviert und muss sagen, dass es die beste Zeit meines Lebens war. Die Strukturen in der Gesellschaft und auch an der Universität sind ganz anders als die aus Deutschland gewohnten. Das Campusleben fühlt sich eher wie auf einem amerikanischen College an, da alles auf dem Campus angeboten wird, wie Sportaktivitäten, Geschäfte, aber natürlich auch das Studieren und Lernen. Die sehr praktisch basierte Arbeitsweise über das ganze Jahr und die Auswertung der Ergebnisse mittels Präsentationen war neu, aber auch sehr hilfreich für meine jetzige Doktorandenstelle. Abseits des Unilebens kann man einige kulturelle Unterschiede feststellen, die wunderbare Einblicke in das Leben anderer Länder liefern. Auch in den sehr internationalen Unterkünften kann man das Eine oder Andere über fast alle Nationen und Kulturen der Welt kennen lernen. Eine unglaublich gute Integration in den Wohnheimen durch einheimische Studierende macht das Kennenlernen leicht und ist die Grundlage für viele schöne Erlebnisse wie Neujahr, das Kirschblütenfest, und auch alltägliche Unternehmungen mit neuen Freunden. Auch das Reisen zu anderen Orten wie Tokyo, Hiroshima, den Inlandsee oder in die japanischen Alpen ist ein absolutes Abenteuer und liefert ganz besondere, unterschiedliche Erlebnisse. Es war das ereignisreichste und spannendste Jahr meines Lebens, privat wie auch universitär, und daher kann ich das *Double-Degree-Programm* nur allen herzlichst empfehlen!

Ich bin derzeit Doktorand am PCI in der AG von Prof. Jürgen Janek und absolvierte 2021 einen zweimonatigen Forschungsaufenthalt in der Gruppe von Prof. Jeff Sakamoto an der University of Michigan, Ann Arbor in den USA. Prof. Sakamotos Arbeitsgruppe beherrscht die mechanische Analyse von Batteriematerialien und Korrelation mit ihren elektrochemischen Eigenschaften. Diese Kombination konnte optimal mein Promotionsthema der Untersuchung von Grenzflächen in Feststoffbatterien ergänzen und bot damit einen sehr wertvollen, internationalen wissenschaftlichen Austausch.

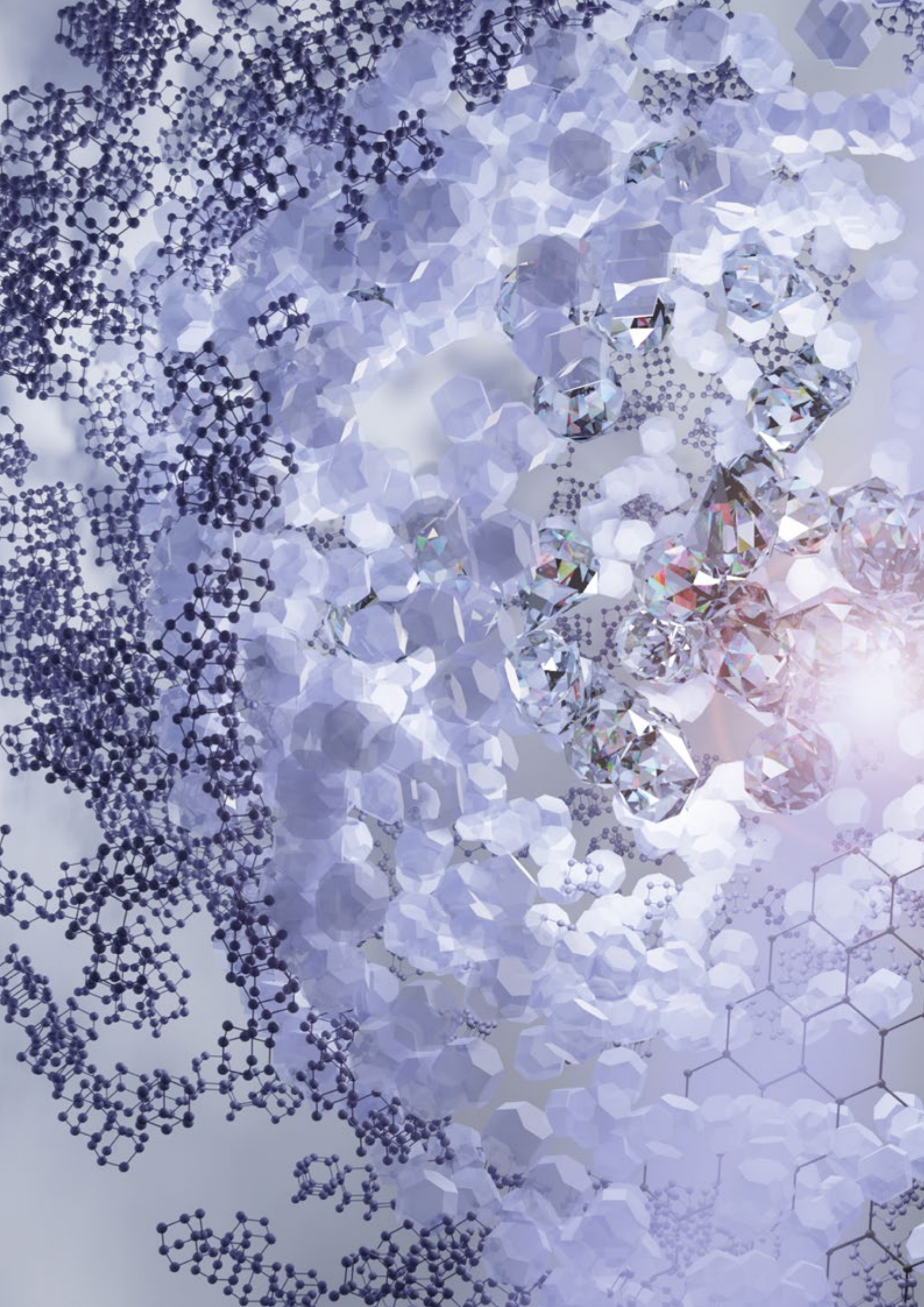
Insbesondere konnte ich meine Fachkenntnisse in der mechanischen Analyse von Batteriematerialien anhand von selbst präparierten Kompositanoden bestehend aus Lithium und Kohlenstoffnanoröhren erweitern. Schon seit mehreren Jahren stehen die Arbeitsgruppen von Prof. Sakamoto und Prof. Janek im ständigen wissenschaftlichen Austausch, welches durch gemeinsame Beteiligung im Deutsch-Amerikanischen BMBF-Projekt „CatSE“ nochmals gestärkt wurde und schlussendlich auch diesen Forschungsaufenthalt ermöglichte. Neben dem Erlernen neuer fachlicher Kompetenzen war auch der Austausch und Umgang mit den amerikanischen und internationalen Kollegen äußerst bereichernd. Daher planen beide Seiten, diesen Austausch zukünftig zu verstärken.



M. Sc. Till Fuchs

University of Michigan, Ann Arbor, USA

Doktorand in der AG Prof. Dr. Jürgen Janek





EXPERTINNEN & EXPERTEN DES ZFM & IHRE FORSCHUNGSTHEMEN

Kompetenz ist ein weit gefasster Begriff. Jede und 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 Expertin und 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.



Dünnschichttechnologie



Spektroskopie & Optik

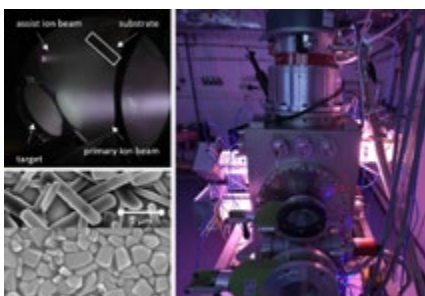


Theoretische Festkörperphysik

Dr. Martin Becker

ist Nachwuchsgruppenleiter am I. Physikalischen Institut.

Sein Schwerpunkt ist die Herstellung funktionaler Dünnschichten mittels Kathoden- und Ionenstrahlzerstäubung sowie Atomlagenabscheidung. Neben materialspezifischen Fragestellungen steht die apparative Weiterentwicklung hin zu erhöhter Prozessflexibilität zur Herstellung von neuartigen Materialien und Multischichtsystemen im Fokus (Bsp.: 2DIBS).

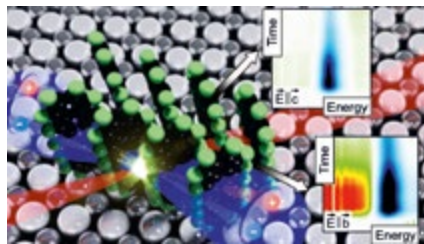


Dr. Martin Becker
AG Chatterjee/I. Physikalisches
Institut
Tel. +49 (0) 641 99 33 103
Martin.Becker@exp1.physik.
uni-giessen.de



Prof. Dr. Sangam Chatterjee

ist Professor am I. Physikalischen Institut. Er untersucht die Optodynamik halbleitender Materialien, ihrer kollektiven Anregungen und den Einfluss innerer Grenzflächen mittels Ultrakurzzeitspektroskopie. Außerdem betreibt er Wachstumsmethoden wie Molekularstrahlepitaxie von GaN, Ionenstrahl-Sputterdeposition und Atomlagenabscheidung.



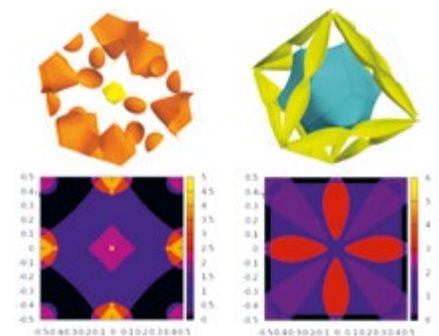
Prof. Dr. Sangam Chatterjee
I. Physikalisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 33 100
Sangam.Chatterjee@exp1.physik.
uni-giessen.de



Dr. Michael Czerner

ist Akademischer Rat am Institut für Theoretische Physik.

Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der methodischen Weiterentwicklung der KKR Green-Funktions Methode. Diese ermöglicht die Berechnung der voll-relativistischen Bandstruktur von komplexen Systemen und deren spinabhängigen Transports.



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



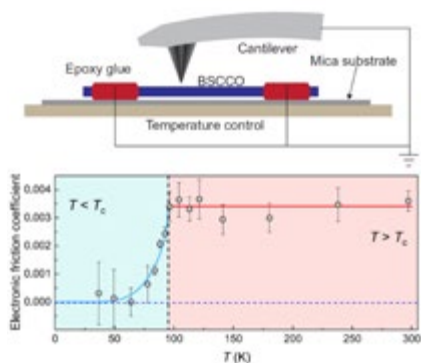


Tribologie, Nanotribologie
& Ionenleitung auf
Nanometerskalen

PD Dr. Dirk Dietzel

ist Heisenberg-Stipendiat am Institut für Angewandte Physik.

In seiner Arbeitsgruppe werden Reibung und Ionenleitung nanoskaliig untersucht. Neuartige Reibungseffekte wie z.B. Superlubrizität stehen ebenso im Fokus wie atomare Grundlagen der Reibung und Transfer auf reale Systeme. Ergänzend werden Methoden zur Analyse nanostrukturierter Ionenleiter entwickelt.



PD Dr. Dirk Dietzel

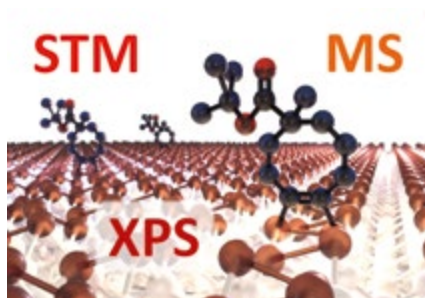
Institut für Angewandte Physik
Tel. +49 (0) 641 99 33 402
Dirk.Dietzel@ap.physik.uni-giessen.de



Reaktionen an Oberflächen -
Oberflächenfunktionalisierung &
Analyse

Prof. Dr. Michael Dürr

ist Professor am Institut für Angewandte Physik. Seine Arbeitsgruppe untersucht Oberflächenreaktionen mittels Rastertunnelmikroskopie, Photoelektronenspektroskopie und Massenspektrometrie; Ziel ist dabei u.a. die kontrollierte organische Funktionalisierung anorganischer Oberflächen.



Prof. Dr. Michael Dürr

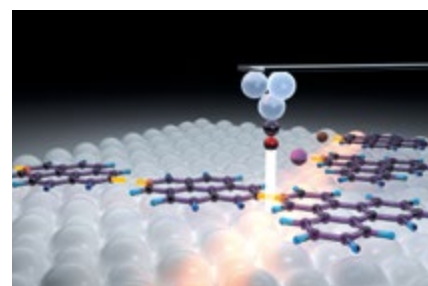
Institut für Angewandte Physik
Tel. +49 (0) 641 99 33 490
Michael.Duerr@ap.physik.uni-giessen.de



Reaktionen von Molekülen auf
Oberflächen

Dr. Daniel Ebeling

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Physik und strebt eine Habilitation an. Sein Team untersucht Reaktionen von organischen Molekülen mit Hilfe der Tieftemperatur-Rasterkraftmikroskopie und etablierte kürzlich eine Methode, mit der sich komplexe Nanoarchitekturen Molekül für Molekül konstruieren lassen. Ziel ist es, diese in Zukunft mit maßgeschneiderten Eigenschaften auszustatten.



Dr. Daniel Ebeling

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



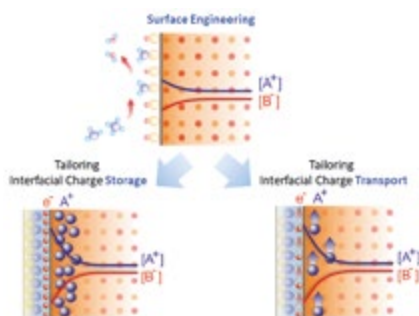


Nanoionik & Nanoelektronik

Dr. Matthias Elm

ist Akademischer Rat auf Zeit am Zentrum für Materialforschung.

Seit 2017 leitet er die vom BMBF geförderte NanoMatFutur-Nachwuchsgruppe „Nanoelektronik und Nanoionik“. Seine Arbeiten umfassen die Untersuchung des Einflusses von Nanostruktur und Oberflächenmodifikation auf die Transportprozesse und Speichereigenschaften von modernen Energiespeichermaterialien und Halbleiternanostrukturen.



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

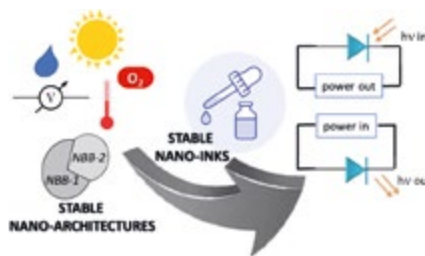


Funktionelle Kompositmaterialien für die Optoelektronik

Dr. Teresa Gatti

ist Nachwuchsgruppenleiterin am Zentrum für Materialforschung.

In ihrem Team werden verschiedene Projekte bearbeitet, bei denen der Einsatz von Nanomaterialien zur Umwandlung von Sonnenenergie in andere nutzbare Energieformen im Fokus steht. Das Hauptziel besteht darin, die Implementierung kostengünstiger und umweltfreundlicher Nanotechnologien in die nächste Generation nachhaltiger optoelektronischer Geräte zu ermöglichen.



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

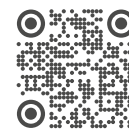


In Silico Design und Synthese neuartiger metallfreier Systeme für Bindungsaktivierung & Katalyse

Dr. Urs Gellrich

ist Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter am Institut für Organische Chemie.

In seiner Gruppe werden mithilfe von computer-gestützten Simulationen metallfreie Systeme entwickelt, die in der Lage sind, chemische Bindungen zu aktivieren. Diese Systeme werden als Katalysatoren in der Synthese und für die molekulare Wasserstoffspeicherung eingesetzt.



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





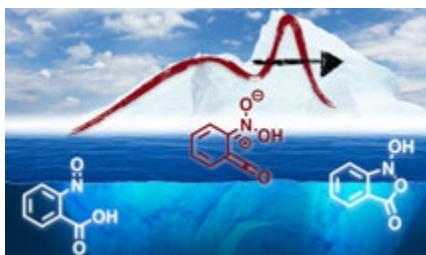
Reaktive Intermediate -
Tunnelfhänomene/Matrixlabor

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.



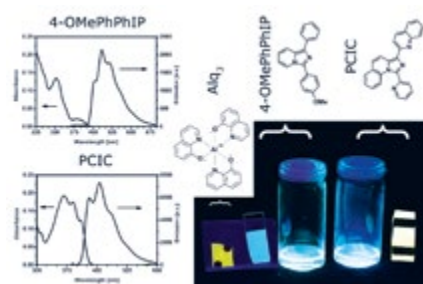
Dr. Dennis Gerbig
Institut für Organische Chemie
Tel. +49 (0) 641 99 34 380
Dennis.Gerbig@org.chemie.
uni-giessen.de



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, Imidazopyridine und deren optische Eigenschaften sowie Methylen-verbrückte Heterocyclen als Liganden.



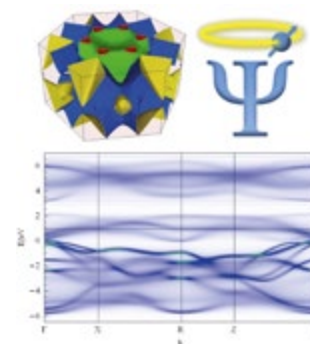
Prof. Dr. Richard Göttlich
Institut für Organische Chemie
Tel. +49 (0) 641 99 34 340
Richard.Goettlich@org.chemie.
uni-giessen.de



Theorie der kondensierten
Materie

Prof. Dr. Christian Heiliger

ist Professor am Institut für Theoretische Physik. Seine Expertise ist die *ab initio* Beschreibung von Transportphänomenen in Festkörpern. Dabei spielt die methodische Entwicklung inklusive Methoden der Data Science und KI eine wichtige Rolle.



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



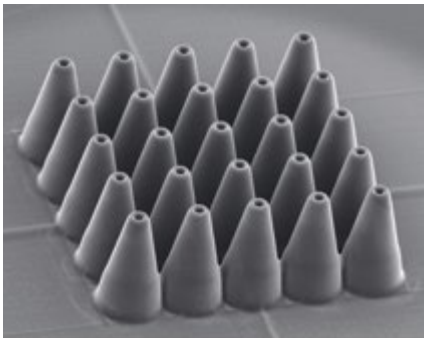


Mikro- & Nanostrukturierung

Dr. Torsten Henning

ist Akademischer Rat am I. Physikalischen Institut und leitet die Methodenplattform MiNaLab.

Er ist aktiv in der Anwendung der Mikro- und Nanotechnologie zur Herstellung stark miniaturisierter elektrischer Weltraumantriebe und verantwortlich für die Ausbildung der Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen.



Dr. Torsten Henning

I. Physikalisches Institut

Tel. +49 (0) 641 99 33 191

Torsten.Henning@physik.uni-giessen.de

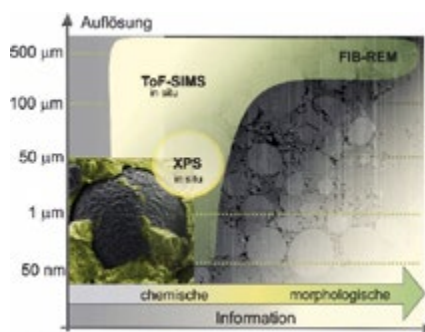


Grenzflächenanalytik an Energiespeichermaterialien

Dr. Anja Henß

ist Arbeitsgruppenleiterin am Physikalisch-Chemischen Institut.

Ihr Team nutzt hochauflösende Methoden zur Grenzflächenanalytik an Energiespeichersystemen. Im Mittelpunkt stehen (*in situ*) Experimente mittels ToF-SIMS, XPS und FIB-REM. Zudem werden diese Methoden auch für Anwendungen in den Lebenswissenschaften eingesetzt.



Dr. Anja Henß

Physikalisch-Chemisches Institut

Tel. +49 (0) 641 99 34 515

Anja.Henss@phys.chemie.uni-giessen.de

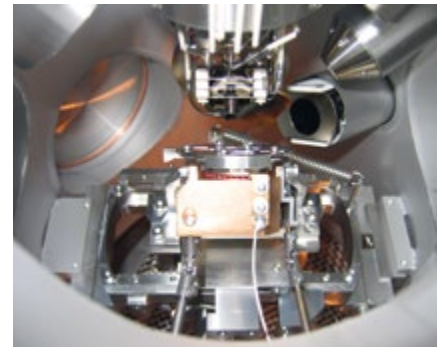


Materialcharakterisierung

Prof. Dr. Detlev Hofmann

ist außerplanmäßiger Professor am I. Physikalischen Institut.

Er ist Experte für Defekte in Festkörpern und deren Charakterisierung mittels optischer Spektroskopie und Elektronenspinresonanz. In seinem Team werden funktionelle Materialien untersucht, die epitaktisch oder mit Dünnschicht-Depositionsverfahren synthetisiert wurden. Zur Analyse der elektrischen, optischen 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

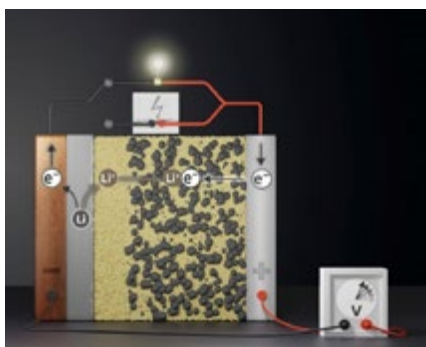




Physikalische Festkörperchemie & Festkörperionik

Prof. Dr. Jürgen Janek

ist Professor am Physikalisch-Chemischen Institut. Seine Arbeitsgruppe forscht im Bereich der Elektrochemie und der Physikalischen Festkörperchemie. Aktuelle Forschungsthemen umfassen u. a. die elektrochemische Energiespeicherung und -wandlung (z. B. Batterien), Transport (Diffusion) und Reaktionen in Festkörpern, Grenzflächenprozesse und die Modellbildung im Bereich der Festkörperelektrochemie.



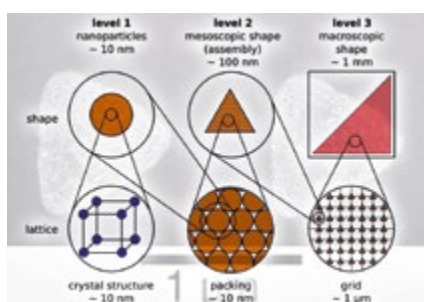
Prof. Dr. Jürgen Janek
Physikalisch-Chemisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 34 500
Juergen.Janek@phys.chemie.uni-giessen.de



Mikro- & Nanostrukturphysik

Prof. Dr. Peter J. Klar

ist Professor am I. Physikalischen Institut. Dort untersucht er nanostrukturierte Materialien. Durch Manipulation der Nanostrukturen und der Wechselwirkungen zwischen ihnen z.B. durch Kontrolle von Form, Größe und Anordnung der Nanostrukturen können ihre Eigenschaften gezielt eingestellt werden. So können sie optimal in neuartige Bauelemente integriert werden.



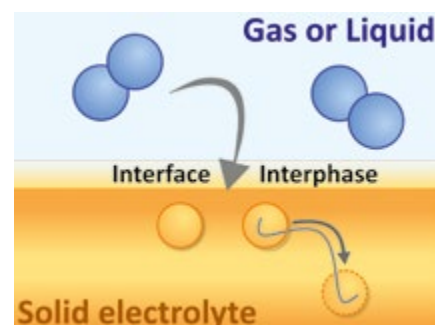
Prof. Dr. Peter J. Klar
I. Physikalisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 33 190
Peter.J.Klar@exp1.physik.uni-giessen.de



Physikalische Festkörperchemie, Festkörperionik & Grenzflächenkinetik

Dr. Bjoern Luerßen

ist Akademischer Oberrat am Physikalisch-Chemischen Institut. Seine Interessen umfassen die Kinetik von Grenzflächenreaktionen und die Erstellung wissenschaftlicher Grafiken und Abbildungen. Daneben ist er Ansprechpartner für die Röntgendiffraktometer der AG Janek.



Dr. Bjoern Luerßen
Physikalisch-Chemisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 34 504
Bjoern.Luerssen@phys.chemie.uni-giessen.de



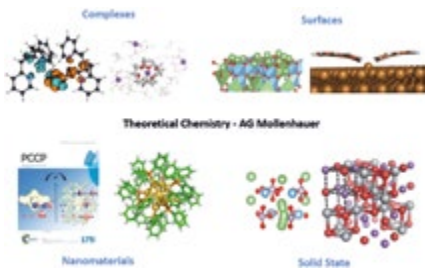


Theoretische Chemie,
Materialmodellierung,
Modellierung von Nanomaterialien

Prof. Dr. Doreen Mollenhauer

ist Professorin für Theoretische Chemie am Physikalisch-Chemischen Institut.

Die Kernarbeitsgebiete ihrer Arbeitsgruppe liegen im Bereich der quantenchemischen Berechnung und Modellierung von Energiematerialien, Nanomaterialien sowie Oberflächen- und Grenzflächenphänomenen.



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 Abteilungsleiter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) in Köln. Er untersucht hocheffektive thermoelektrische Materialien für die Luft- und Raumfahrt, Fahrzeuge und Energieanlagen, darunter nanostrukturierte Silizide und Antimonide sowie ihre Kontaktierung mit teils unikalen Messverfahren.



Prof. Dr. Eckhard Müller
Institut für Anorganische und
Analytische Chemie
Tel. +49 (0) 2203 601 35 56
Eckhard.Mueller@dlr.de



Festkörperchemie & Anorganische
Materialien

Prof. Dr. Klaus Müller-Buschbaum

ist Professor am Institut für Anorganische und Analytische Chemie. Er erforscht aktuelle Themen der Festkörper- und Materialchemie. Im Fokus stehen multifunktionale Hybridmaterialien z.B. für Sensorik sowie nachhaltige Chemie durch Entwicklung neuer Verfahren zur Rückgewinnung kritischer Ressourcen.



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

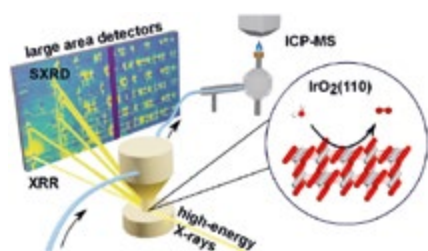




Oberflächenchemie &
Modellkatalyse

Prof. Dr. Herbert Over

ist Professor am Physikalisch-Chemischen Institut. Mit oberflächenchemischen Methoden werden fundamentale Fragen der heterogenen Katalyse und Elektrokatalyse angegangen, wie sich etwa die Redoxchemie von CeO_2 auf die katalytische Aktivität der HCl Oxidation auswirkt oder wie die Korrosion von IrO_2 - und RuO_2 -basierten Elektroden in der Sauerstoffentwicklung abläuft.



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



Elektronenmikroskopie &
Elektrochemie

Dr. Klaus Peppler

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Physikalisch-Chemischen Institut und befasst sich mit Fragestellungen der Festkörperelektrochemie, insbesondere im Bereich der Dendritenbildung an Metallelektroden. Er ist Experte für elektronenmikroskopische Methoden (HR-SEM, FIB-SEM, EDX, und elektrochemische operando Untersuchungen) und ist Ansprechpartner für die Elektronenmikroskope der Methodenplattform ELCH.



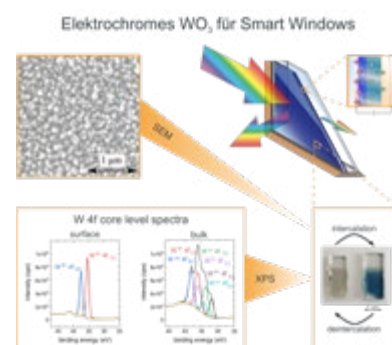
Dr. Klaus Peppler
Physikalisch-Chemisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 34 505
Klaus.Peppler@phys.chemie.
uni-giessen.de



Funktionelle Dünnschichten

PD Dr. Angelika Polity

ist Akademische Rätin am I. Physikalischen Institut. Schwerpunkt der Forschung sind mittels Sputtermethoden synthetisierte, funktionelle Dünnschichten, die anschließend analysiert und anwendungsorientiert optimiert werden. Diese Schichten kommen z.B. in Energiespeichersystemen und thermo- oder elektrochromen Bauelementen für energieeffiziente Technologien zum Einsatz.



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



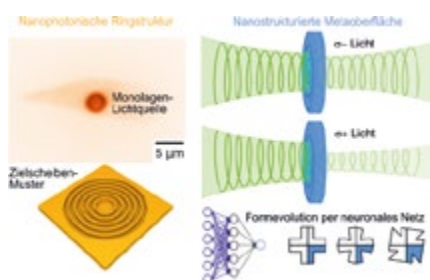


Quantennanophotonik

Dr. Arash Rahimi-Iman

ist Heisenberg-Gruppenleiter am I. Physikalischen Institut.

Dort forscht er im Themenfeld der ‚Quantennanophotonik‘ seit 2021 mit seiner gleichnamigen AG, auch unter Einsatz von „KI“-Methoden zur Design-optimierung. Sowohl funktionale Nanomaterialien als auch die kontrollierbare Licht-Materie-Wechselwirkung nehmen eine vorrangige Stellung in optischen Untersuchungen an nanoskaligen Bauteilen und Strukturen ein.



Dr. Arash Rahimi-Iman
I. Physikalisches Institut
Tel.: +49 (0) 641 99 33124
Arash.Rahimi-Iman@exp1.physik.uni-giessen.de



Polymere Schutzschichten und hybride Materialien

Dr. Felix H. Richter

ist Nachwuchsgruppenleiter am ZfM.

Seine vom BMBF geförderte NanoMatFutur-Nachwuchsgruppe ‚FLiPS‘ entwickelt Feststoffbatterien mit Lithiummetall und polymeren Schutzschichten. Polymere haben eine große chemische Vielfalt und Funktionalität. Deshalb bietet deren Einsatz vielfältige Ansatzpunkte, um Batterien zu verbessern.



Dr. Felix H. Richter
Zentrum für Materialforschung & Physikalisches-Chemisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 34 522
Felix.H.Richter@phys.chemie.uni-giessen.de



Biomaterialien, Plasmen & ToF-SIMS

PD Dr. Marcus Rohnke

ist Akademischer Oberrat und Privatdozent am Physikalisch-Chemischen Institut.

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.



PD Dr. Marcus Rohnke
Physikalisch-Chemisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 34 502
Marcus.Rohnke@phys.chemie.uni-giessen.de





Festkörperanalytik & dünne
Schichten

Dr. Joachim Sann

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Physikalisch-Chemischen Institut.

Seine Forschungsschwerpunkte sind Dünnschicht-Modellsysteme sowie die Grenzflächenanalytik mittels Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS), speziell in-situ-Experimente an Feststoffbatterie-Materialien.



Dr. Joachim Sann
Physikalisch-Chemisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 34 506
Joachim.Sann@phys.chemie.
uni-giessen.de

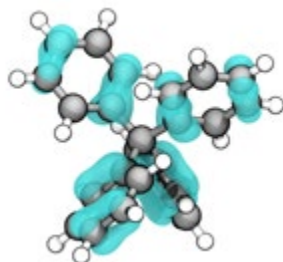


Theoretische
Festkörperspektroskopie

Prof. Dr. Simone Sanna

Prof. Dr. Simone Sanna leitet die AG Theoretische Festkörperspektroskopie.

Spektroskopische Signaturen struktureller und elektronischer Anregungen werden ab initio berechnet, um die Verknüpfung struktureller, elektronischer und optischer Eigenschaften zu verstehen und gegebenenfalls zu manipulieren.



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

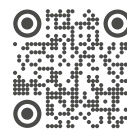
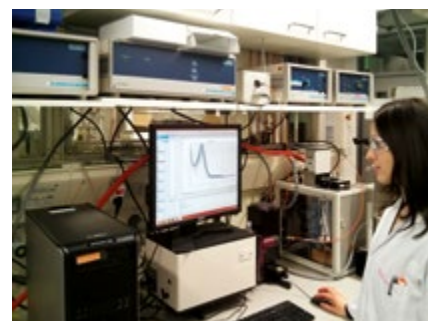


Koordinationschemie

Prof. Dr. Siegfried Schindler

ist Professor am Institut für Anorganische und Analytische Chemie.

Seine Arbeitsgruppe untersucht Modellkomplexe für Kupfer- und Eisenzyme, die für die selektive Oxidation organischer Substrate mit Sauerstoff verantwortlich sind. Reaktive Intermediatkomplexe werden spektroskopisch mit Hilfe der Tieftemperatur-„Stop-ped-Flow“-Technik detektiert, aber auch präpariert.



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.

Seine Gruppe verfügt über international anerkannte Kompetenz im Einsatz von Ionenstrahltechniken in der Atom- und Molekülspektroskopie, der Astro- und Plasmaphysik sowie der Oberflächenphysik.

Rasterkraftmikroskopie,
Nanotribologie & Ionenleitung

Prof. Dr. André Schirmeisen

ist Professor am Institut für Angewandte Physik und forscht an der Entwicklung und Anwendung von Rastersondenmethoden für die Analyse von nanoskaligen Materialien.

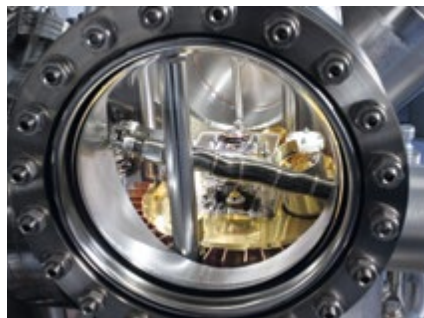
Schwerpunkte sind tribologisch aktive Oberflächen, Grenzflächen in der Energiespeicherung, und organische Moleküle auf Oberflächen. Er leitet seit 2021 den LOEWE Schwerpunkt PriOSS.



Molekulare Materialien

Prof. Dr. Derck Schlettwein

ist Professor am Institut für Angewandte Physik. Seine Forschung zielt auf die Präparation und Charakterisierung neuer Elektrodenmaterialien aus organischen oder organisch-anorganischen Hybridmaterialien als Teil von Bauteilen für die Photovoltaik, organische Feldeffekttransistoren, organische Leuchtdioden oder elektrochrome Beschichtungen ab.



Prof. Dr. Stefan Schippers
I. Physikalisches Institut
Tel.: +49 (0) 641 99 15 203
Stefan.Schippers@exp1.physik.uni-giessen.de



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



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





Dünnschichttechnologie



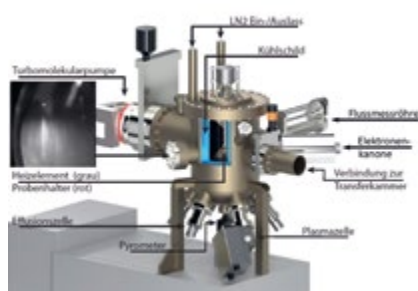
Physikalisch-organische Chemie



Funktionelle Nanomaterialien

Dr. Jörg Schörmann

ist Akademischer Rat am I. Physikalischen Institut und verantwortlich für die Molekularstrahlepitaxie (MBE) und die Atomlagenabscheidung (ALD). Er befasst sich mit der Herstellung dünner Oxid- und Nitridschichten sowie Nanostrukturen aus Gruppe-III-Nitriden für die Optoelektronik und Sensorik.

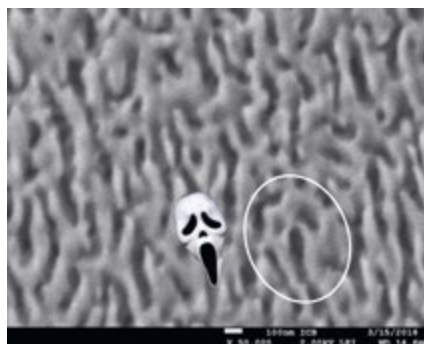


Dr. Jörg Schörmann
I. Physikalisches Institut
Tel. +49 (0) 641 99 33 122
Joerg.Schoermann@physik.uni-giessen.de



Prof. Dr. Peter R. Schreiner

ist Professor am Institut für Organische Chemie. Seine Arbeitsgruppe ist interessiert an der Organokatalyse, kohlenstoffreichen Materialien (u.a. Nanodiamanten), der Matrixisolation reaktiver Intermediate und der Computational Chemistry. In der experimentellen Quantenchemie verfolgt sie Auswirkungen von Tunneleffekten und Dispersionskräften auf chemische Strukturen und Reaktivitäten.

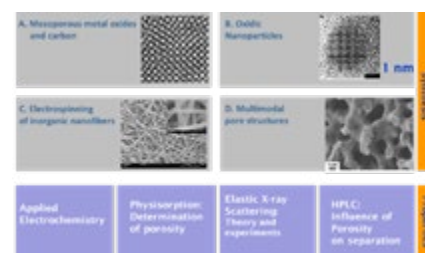


Prof. Dr. Peter R. Schreiner
Institut für Organische Chemie
Tel. +49 (0) 641 99 34 300
PRS@uni-giessen.de



Prof. Dr. Bernd Smarsly

ist Professor am Physikalisch-Chemischen Institut. Seine Arbeitsgruppe befasst sich mit nasschemischen Methoden zur Nanostrukturierung von Metalloxiden und Kohlenstoffen, auch im Hinblick auf Nachhaltigkeit in der Synthese. Zudem stellt die Material-Charakterisierung einen langjährigen Schwerpunkt dar und umfasst insbesondere Röntgenbeugung (XRD, SAXS), Porositätsanalyse und Elektronenmikroskopie.



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. Im Bereich der Plasmamedizin werden Plasmaquellen, die bei atmosphärischem Druck arbeiten, entwickelt und ihre Anwendung zur Sterilisation untersucht.



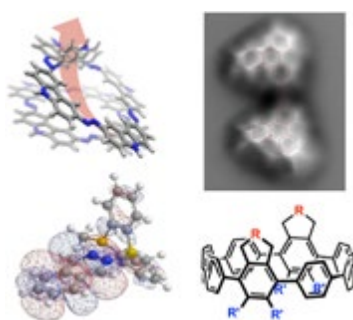
Prof. Dr. Markus Thoma
I. Physikalisches Institut
Tel.: +49 (0) 641 99 33 10
Markus.H.Thoma@exp1.physik.
uni-giessen.de



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.



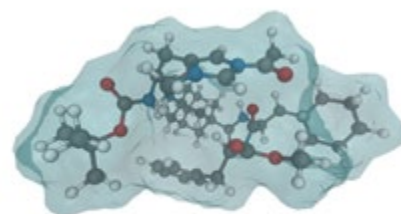
Prof. Dr. Hermann A. Wegner
Institut für Organische Chemie
Tel. +49 (0) 641 99 34 330
Hermann.A.Wegner@org.chemie.
uni-giessen.de



Peptidsynthese & Organokatalyse

Dr. Raffael C. Wende

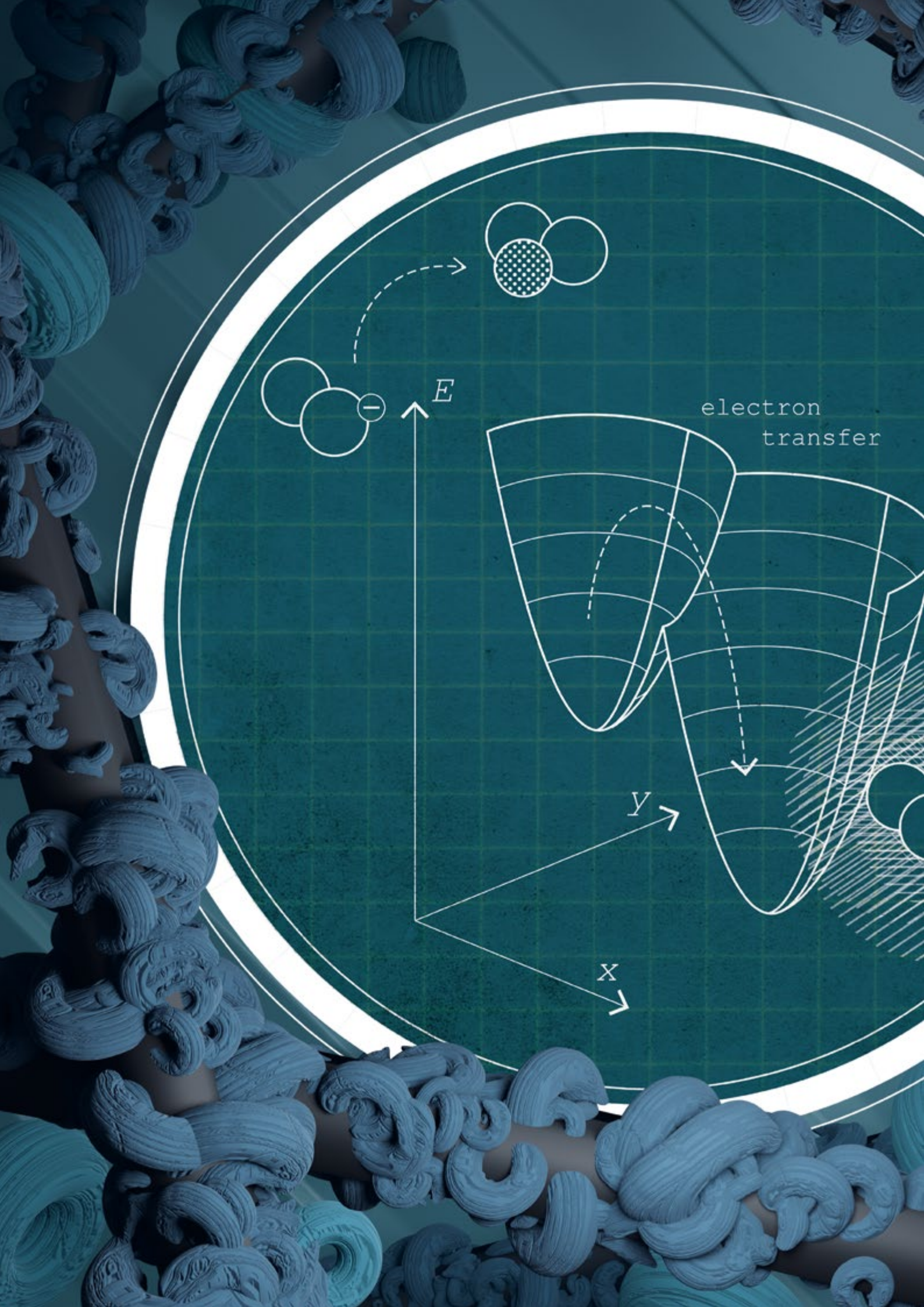
ist Akademischer Rat am Institut für Organische Chemie. Sein Forschungsgebiet umfasst die Synthese neuartiger Peptide und deren Einsatz in der Katalyse, als potentielle Biomaterialien und für pharmazeutische Anwendungen.



Dr. Raffael C. Wende
Institut für Organische Chemie
Tel. +49 (0) 641 99 34 317
Raffael.Wende@org.chemie.
uni-giessen.de







PUBLIKATIONEN



Publikationen 2020/2021

- 2020** **M. J. S. Abb, T. Weber, D. Langsdorf, V. Koller, S. M. Gericke, S. Pfaff, M. Busch, J. Zetterberg, A. Preobrajenski, H. Gronbeck, E. Lundgren, and H. Over** (2020):
Thermal Stability of Single-Crystalline IrO₂(110) Layers: Spectroscopic and Adsorption Studies
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 124 (28), S. 15324–15336
- S. Ahmed, M. Bianchini, A. Pokle, M. S. Munde, P. Hartmann, T. Brezesinski, A. Beyer, J. Janek, and K. Volz** (2020):
Visualization of Light Elements using 4D STEM: The Layered-to-Rock Salt Phase Transition in LiNiO₂ Cathode Material
ADVANCED ENERGY MATERIALS 10 (25), 2001026
- S. Appelfeller, K. Holtgrewe, M. Franz, L. Freter, C. Hassenstein, H.-F. Jirschik, S. Sanna, and M. Daehne** (2020):
Continuous crossover from two-dimensional to one-dimensional electronic properties for metallic silicide nanowires
PHYSICAL REVIEW B 102 (11), 115433
- F. M. Badaczewski, M. O. Loeh, T. Pfaff, D. Wallacher, D. Clemens, and B. M. Smarsly** (2020):
An advanced structural characterization of templated meso-macroporous carbon monoliths by small- and wide-angle scattering techniques
BEILSTEIN JOURNAL OF NANOTECHNOLOGY 11, S. 310–322
- F. M. Badaczewski, M. O. Loeh, T. Pfaff, D. Wallacher, D. Clemens, and B. M. Smarsly** (2020):
An advanced structural characterization of templated meso-macroporous carbon monoliths by small- and wide-angle scattering techniques
BEILSTEIN JOURNAL OF NANOTECHNOLOGY 11, S. 678–679
- V. V. Bakhonsky, A. A. Pashenko, J. Becker, H. Hausmann, H. J. M. de Groot, H. S. Overkleeft, A. A. Fokin, and P. R. Schreiner** (2020):
Synthesis and antiproliferative activity of hindered, chiral 1,2-diaminodiamantane platinum(II) complexes
DALTON TRANSACTIONS 49 (40), S. 14009–14016
- A. Becker, K. Kirchberg, and R. Marschall** (2020):
Magnesium Ferrite (MgFe₂O₄) Nanoparticles for Photocatalytic Antibiotics Degradation
ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIKALISCHE CHEMIE-INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN PHYSICAL CHEMISTRY & CHEMICAL PHYSICS 234 (4, SI), S. 645–654
- M. Becker, S. L. Benz, L. Chen, A. Polity, P. J. Klar, and S. Chatterjee** (2020):
Controlled thin-film deposition of α or β Ga₂O₃ by ion-beam sputtering
JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY A 38 (6), 063412
- M. Becker, X. Li, T. Henning, and P. J. Klar** (2020):
Assessing the benefits of customizable ion-beam profiles for homogeneously coating or treating the surfaces of non-planar substrates
REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 91 (1), 013905
- M. Bianchini, F. Fauth, P. Hartmann, T. Brezesinski, and J. Janek** (2020):
An in situ structural study on the synthesis and decomposition of LiNiO₂
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 8 (4), S. 1808–1820
- M. Bianchini, A. Schiele, S. Schweidler, S. Siculo, F. Fauth, E. Suard, S. Indris, A. Mazilkin, P. Nagel, S. Schuppler, M. Merz, P. Hartmann, T. Brezesinski, and J. Janek** (2020):
From LiNiO₂ to Li₂NiO₃: Synthesis, Structures and Electrochemical Mechanisms in Li-Rich Nickel Oxides
CHEMISTRY OF MATERIALS 32 (21), S. 9211–9227

- A. Bielefeld, D. A. Weber, and J. Janek (2020):**
Modeling Effective Ionic Conductivity and Binder Influence in Composite Cathodes for All-Solid-State Batteries
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 12 (11), S. 12821–12833
- K. Bomhardt, P. Schneider, A. Portz, C. R. Gebhardt, and Michael Dürr (2020):**
Analysis of Complex Molecules and Their Reactions on Surfaces by Means of Cluster-Induced Desorption/Ionization Mass Spectrometry
JOVE-JOURNAL OF VISUALIZED EXPERIMENTS (157), E60487
- C. Braun, S. Neufeld, U. Gerstmann, S. Sanna, J. Plaickner, E. Speiser, N. Esser, and W. G. Schmidt (2020):**
Vibration-Driven Self-Doping of Dangling-Bond Wires on Si(553)-Au Surfaces
PHYSICAL REVIEW LETTERS 124 (14), 146802
- M. R. Busche, M. Weiss, T. Leichtweiß, C. Fiedler, T. Drossel, M. Geiss, A. Kronenberger, D. A. Weber, and J. Janek (2020):**
The Formation of the Solid/Liquid Electrolyte Interphase (SLEI) on NASICON-Type Glass Ceramics and LiPON
ADVANCED MATERIALS INTERFACES 7 (19), 2000380
- E. Celik, R. S. Negi, M. Bastianello, D. Boll, A. Mazilkin, T. Brezesinski, and M. T. Elm (2020):**
Tailoring the protonic conductivity of porous yttria-stabilized zirconia thin films by surface modification
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 22 (20), S. 11519–11528
- D.-H. Chen, A. E. Sedykh, G. E. Gomez, B. L. Neumeier, J. C. C. Santos, V. Gvilava, R. Maile, C. Feldmann, C. Woll, C. Janiak, K. Müller-Buschbaum, and E. Redel (2020):**
SURMOF Devices Based on Heteroepitaxial Architectures with White-Light Emission and Luminescent Thermal-Dependent Performance
ADVANCED MATERIALS INTERFACES 7 (24), 2000929
- J. Chen, L. Zheng, W. Yin, M. Zhang, Y. Lu, Z. Zhang, P. J. Klar, M. Li, and Y. He (2020):**
Two-dimensional SnO ultrathin epitaxial films: Pulsed laser deposition growth and quantum confinement effects
PHYSICA B-CONDENSED MATTER 599, 412467
- R. Chen, D. Bresser, M. Saraf, P. Gerlach, A. Balducci, S. Kunz, D. Schröder, S. Passerini, and J. Chen (2020):**
A Comparative Review of Electrolytes for Organic-Material-Based Energy-Storage Devices Employing Solid Electrodes and Redox Fluids
CHEMSUSCHEM 13 (9, SI), S. 2205–2219
- S. Chen, Y. Chen, S. Ohno, L. Xu, W. Fan, L. Xue, M. Ferhat, and Y. Wu (2020):**
Enhancing Interfacial Properties of Mg₂Si-Based Thermoelectric Joint with Mg₂SiNi₃ Compound as Electrodes
PHYSICA STATUS SOLIDI A-APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE 217 (15), 1901035
- J. G. Connell, T. Fuchs, H. Hartmann, T. Krauskopf, Y. Zhu, J. Sann, R. Garcia-Mendez, J. Sakamoto, S. Tepavcevic, and J. Janek (2020):**
Kinetic versus Thermodynamic Stability of LLZO in Contact with Lithium Metal
CHEMISTRY OF MATERIALS 32 (23), S. 10207–10215
- P. Cop, E. Celik, K. Hess, Y. Moryson, P. Klement, M. T. Elm, and B. M. Smarsly (2020):**
Atomic Layer Deposition of Nanometer-Sized CeO₂ Layers in Ordered Mesoporous ZrO₂ Films and Their Impact on the Ionic/Electronic Conductivity
ACS APPLIED NANO MATERIALS 3 (11), S. 10757–10766

- P. Cop, R. Maile, Y. Sun, O. Khalid, I. Djerdj, P. Esch, S. Heiles, H. Over, and B. M. Smarsly** (2020):
Impact of Aliovalent/Isovalent Ions (Gd, Zr, Pr, and Tb) on the Catalytic Stability of Mesoporous Ceria in the HCl Oxidation Reaction
ACS APPLIED NANO MATERIALS 3 (8), S. 7406–7419
- S. P. Culver, A. G. Squires, N. Minafra, C. W. F. Armstrong, T. Krauskopf, F. Bocher, C. Li, B. J. Morgan, and W. G. Zeier** (2020):
Evidence for a Solid-Electrolyte Inductive Effect in the Superionic Conductor $Li_{10}Ge_{1-x}Sn_xP_2S_{12}$
JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 142 (50), S. 21210–21219
- C. Di Bernardino, P. Belteky, F. Schmitz, F. Lamberti, E. Menna, A. Kukovec, and T. Gatti** (2020):
Controlled Size Reduction of Liquid Exfoliated Graphene Micro-Sheets via Tip Sonication
CRYSTALS 10 (11), 1049
- D. Liu, B.-B. Yu, M. Liao, Z. Jin, L. Zhou, X. Zhang, F. Wang, H. He, T. Gatti, and Z. He** (2020):
Self-Powered and Broadband Lead-Free Inorganic Perovskite Photodetector with High Stability
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 12 (27), S. 30530–30537
- S. Dongmo, J. J. A. Kreissl, K. Miyazaki, T. Abe, T.-H. You, C.-C. Hu, and D. Schröder** (2020):
Reproducible and stable cycling performance data on secondary zinc oxygen batteries
SCIENTIFIC DATA 7 (1), 395
- S. Dongmo, D. Stock, J. J. A. Kreissl, M. Gross, S. Weixler, M. Hagen, K. Miyazaki, T. Abe, and D. Schröder** (2020):
Implications of Testing a Zinc-Oxygen Battery with Zinc Foil Anode Revealed by Operando Gas Analysis
ACS OMEGA 5 (1), S. 626–633
- D. Emmel, J. D. Hofmann, T. Arlt, I. Manke, G. D. Wehinger, and D. Schröder** (2020):
Understanding the Impact of Compression on the Active Area of Carbon Felt Electrodes for Redox Flow Batteries
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 3 (5), S. 4384–4393
- Q. Fan, D. Martin-Jimenez, S. Werner, D. Ebeling, T. Koehler, T. Vollgraff, J. Sundermeyer, W. Hieringer, A. Schirmeisen, and J. M. Gottfried** (2020):
On-Surface Synthesis and Characterization of a Cycloarene: C_{108} Graphene Ring
JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 142 (2), S. 894–899
- T. Fuchs, S. P. Culver, P. Till, and W. G. Zeier** (2020):
Defect-Mediated Conductivity Enhancements in $Na_{3-x}Pn_{1-x}W_xS_4$ ($Pn = P, Sb$) Using Aliovalent Substitutions
ACS ENERGY LETTERS 5 (1), S. 146 - 151
- C. Ganesamoorthy, J. Schoening, C. Woelper, L. Song, P. R. Schreiner, and S. Schulz** (2020):
A silicon-carbonyl complex stable at room temperature
NATURE CHEMISTRY 12 (7), S. 608–641
- K. B. Hatzell, X. C. Chen, C. L. Cobb, N. P. Dasgupta, M. B. Dixit, L. E. Marbella, M. T. McDowell, P. P. Mukherjee, A. Verma, V. Viswanathan, A. S. Westover, and W. G. Zeier** (2020):
Challenges in Lithium Metal Anodes for Solid-State Batteries
ACS ENERGY LETTERS 5 (3), S. 922–934
- A. H. Heindl, and H. A. Wegner** (2020):
Rational Design of Azothiophenes-Substitution Effects on the Switching Properties
CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 26 (60), S. 13730–13737
- A. H. Heindl, and H. A. Wegner** (2020):
Starazo triple switches - synthesis of unsymmetrical 1,3,5-tris(aryloxy)benzenes
BEILSTEIN JOURNAL OF ORGANIC CHEMISTRY 16, S. 22–31

- J. M. Herr, C. Roessiger, H. Locke, M. Wilhelm, J. Becker, W. Heimbrod, D. Schlettwein, and R. Goettlich** (2020):
Synthesis, optical and theoretical characterization of heteroleptic Iridium (III) Imidazo [1,5-a]pyridine and -quinoline complexes
DYES AND PIGMENTS 180, 108512
- J. D. Hofmann, S. Schmalisch, S. Schwan, L. Hong, H. A. Wegner, D. Mollenhauer, J. Janek, and D. Schröder** (2020):
Tailoring Dihydroxyphthalazines to Enable Their Stable and Efficient Use in the Catholyte of Aqueous Redox Flow Batteries
CHEMISTRY OF MATERIALS 32 (8), S. 3427–3438
- K. Holtgrewe, S. K. Mahatha, P. M. Sheverdyeva, P. Moras, R. Flammini, S. Colonna, F. Ronci, M. Papagno, A. Barla, L. Petaccia, Z. S. Aliev, M. B. Babanly, E. V. Chulkov, S. Sanna, C. Hogan, and C. Carbone** (2020):
Topologization of beta-antimonene on Bi₂Se₃ via proximity effects
SCIENTIFIC REPORTS 10 (1), 14619
- L. Hong, A. Spielmeyer, J. Pfeiffer, and H. A. Wegner** (2020):
Domino lignin depolymerization and reconnection to complex molecules mediated by boryl radicals
CATALYSIS SCIENCE & TECHNOLOGY 10 (9), S. 3008–3014
- J. Horn, and D. Schlettwein** (2020):
Contact formation of C-60 to thin films of formamidium tin iodide
JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH 35 (21), S. 2897–2904
- Z. Jin, Z. Zhang, J. Xiu, H. Song, T. Gatti, and Z. He** (2020):
A critical review on bismuth and antimony halide based perovskites and their derivatives for photovoltaic applications: recent advances and challenges
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 8 (32), S. 16166–16188
- D. Kitsche, S. Schweidler, A. Mazilkin, H. Gesswein, F. Fauth, E. Suard, P. Hartmann, T. Brezesinski, J. Janek, and M. Bianchini** (2020):
The effect of gallium substitution on the structure and electrochemical performance of LiNiO₂ in lithium-ion batteries
MATERIALS ADVANCES 1 (4), S. 639–647
- T. Knaflic, P. Jeglic, M. Komelj, A. Zorko, P. K. Biswas, A. N. Ponomaryov, S. A. Zvyagin, M. Reehuis, A. Hoser, M. Geiss, J. Janek, P. Adler, C. Felser, M. Jansen, and D. Arcon** (2020):
Spin-dimer ground state driven by consecutive charge and orbital ordering transitions in the anionic mixed-valence compound Rb₄O₆
PHYSICAL REVIEW B 101 (2), 024419
- A. Konovalova, D. Stock, S. Schröder, H. S. Park, J. H. Jang, H.-J. Kim, J. Han, D. Schröder, and D. Henkensmeier** (2020):
Partially methylated polybenzimidazoles as coating for alkaline zinc anodes
JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE 610, 118254
- M. A. Kraft, L. M. Gronych, T. Famprakis, S. Ohno, and W. G. Zeier** (2020):
Structure and Sodium Ion Transport in Na_{1+x}Sn_{2+x}(Sb_{1-y}P_y)_{1-x}S₁₂
CHEMISTRY OF MATERIALS 32 (15), S. 6566–6576
- T. Krauskopf, B. Mogwitz, H. Hartmann, D. K. Singh, W. G. Zeier, and J. Janek** (2020):
The Fast Charge Transfer Kinetics of the Lithium Metal Anode on the Garnet-Type Solid Electrolyte Li_{6.25}Al_{0.25}La₃Zr₂O₁₂
ADVANCED ENERGY MATERIALS 10 (27), 2000945
- T. Krauskopf, F. H. Richter, W. G. Zeier, and J. Janek** (2020):
Physicochemical Concepts of the Lithium Metal Anode in Solid-State Batteries
CHEMICAL REVIEWS 120 (15), S. 7745–7794
- J. J. A. Kreissl, D. Langsdorf, B. A. Tkachenko, P. R. Schreiner, J. Janek, and D. Schröder** (2020):
Incorporating Diamondoids as Electrolyte Additive in the Sodium Metal Anode to Mitigate Dendrite Growth
CHEMSUSCHEM 13 (10), S. 2661–2670

- S. A. Kube, K. Turke, R. Ellinghaus, D. Wallacher, M. Thommes, and B. M. Smarsly** (2020):
Pore Size Gradient Effect in Monolithic Silica Mesopore Networks Revealed by In-Situ SAXS Physisorption
LANGMUIR 36 (40), S. 11996–12009
- D. Langsdorf, T. Dahms, V. Mohni, J. J. A. Kreissl, and D. Schröder** (2020):
Pulse Discharging of Sodium-Oxygen Batteries to Enhance Cathode Utilization
ENERGIES 13 (21), 5650
- J. Liu, X. Gao, G. O. Hartley, G. J. Rees, C. Gong, F. H. Richter, J. Janek, Y. Xia, A. W. Robertson, L. R. Johnson, and P. G. Bruce** (2020):
The Interface between $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{12}$ and Liquid Electrolyte
JOULE 4 (1), S. 101–108
- C. Lupo, F. Eberheim, and D. Schlettwein** (2020):
Facile low-temperature synthesis of nickel oxide by an internal combustion reaction for applications in electrochromic devices
JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 55 (29), S. 14401–14414
- Z. Mamiyev, S. Sanna, F. Ziese, C. Dues, C. Tegenkamp, and H. Pfnur** (2020):
Plasmon Localization by H-Induced Band Switching
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 124 (1), S. 958–967
- D. Martin-Jimenez, A. Ihle, S. Ahles, H. A. Wegner, A. Schirmeisen, and D. Ebeling** (2020):
Bond-level imaging of organic molecules using Q-controlled amplitude modulation atomic force microscopy
APPLIED PHYSICS LETTERS 117 (13), 131601
- L. Medenbach, P. Hartmann, J. Janek, T. Stettner, A. Balducci, C. Dirksen, M. Schulz, M. Stelter, and P. Adelhelm** (2020):
A Sodium Polysulfide Battery with Liquid/Solid Electrolyte: Improving Sulfur Utilization Using P_2S_5 as Additive and Tetramethylurea as Catholyte Solvent
ENERGY TECHNOLOGY 8 (3), 1901200
- F. Michel, M. Couturier, M. Becker, and A. Polity** (2020):
Structural and Electrochemical Characterization of Radio Frequency Magnetron-Sputtered LiCoO_2 Thin Films
PHYSICA STATUS SOLIDI A-APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE 217 (20), 2000382
- K. Michel, T. S. BJORHEIM, T. NORBY, J. JANEK, and M. T. ELM** (2020):
Importance of the Spin-Orbit Interaction for a Consistent Theoretical Description of Small Polarons in Pr-Doped CeO_2
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 124 (29), S. 15831–15838
- N. Minafra, M. A. Kraft, T. Bernges, C. Li, R. Schlem, B. J. Morgan, and W. G. Zeier** (2020):
Local Charge Inhomogeneity and Lithium Distribution in the Superionic
INORGANIC CHEMISTRY 59 (15), S. 11009–11019
- S. Moritz, A. Schmidt, J. Sann, and M. H. Thoma** (2020):
Surface modifications caused by cold atmospheric plasma sterilization treatment
JOURNAL OF PHYSICS D-APPLIED PHYSICS 53 (32), 325203
- R. S. Negi, S. P. Culver, A. Mazilkin, T. Brezesinski, and M. T. Elm** (2020):
Enhancing the Electrochemical Performance of $\text{LiNi}_{0.70}\text{Co}_{0.15}\text{Mn}_{0.15}\text{O}_2$ Cathodes Using a Practical Solution-Based Al_2O_3 Coating
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 12 (28), S. 31392–31400
- N. Neugebauer, A. Fabian, M. T. Elm, D. M. Hofmann, M. Czerner, C. Heiliger, and P. J. Klar** (2020):
Investigation of the dipole interaction in and between ordered arrangements of magnetic nanoparticles
PHYSICAL REVIEW B 101 (10), 104409

A. Neumann, S. Randau, K. Becker-Steinberger, T. Danner, S. Hein, Z. Ning, J. Marrow, F. H. Richter, J. Janek, and A. Latz (2020):

Analysis of Interfacial Effects in All-Solid-State Batteries with Thiophosphate Solid Electrolytes
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 12 (8), S. 9277–9291

E. Oezkan, F. Badaczewski, P. Cop, S. Werner, A. Hofmann, M. Votsmeier, H. Amenitsch, and B. M. Smarsly (2020):

Peering into the Formation of Cerium Oxide Colloidal Particles in Solution by In Situ Small-Angle X-ray Scattering
LANGMUIR 36 (31), S. 9175–9190

E. Oezkan, P. Cop, F. Benfer, A. Hofmann, M. Votsmeier, J. M. Guerra, M. Giar, C. Heiliger, H. Over, and B. M. Smarsly (2020):

Rational Synthesis Concept for Cerium Oxide Nanoparticles: On the Impact of Particle Size on the Oxygen Storage Capacity
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C 124 (16), S. 8736–8748

S. Ohno, T. Bernges, J. Buchheim, M. Duchardt, A.-K.a Hatz, M. A. Kraft, H. Kwak, A. L. Santhosha, Z. Liu, N. Minafra, F. Tsuji, A. Sakuda, R. Schlem, S. Xiong, Z. Zhang, P. Adelhelm, H. Chen, A. Hayashi, Y. S. Jung, B. V. Lotsch, B. Roling, N. M. Vargas-Barbosa, and W. G. Zeier (2020):

How Certain Are the Reported Ionic Conductivities of Thiophosphate-Based Solid Electrolytes? An Interlaboratory Study
ACS ENERGY LETTERS 5 (3), S. 910–915

R. Pan, D. Rau, Y. Moryson, J. Sann, and J. Janek (2020):

Reversible Capacity Loss of LiCoO₂ Thin Film Electrodes
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 3 (7), S. 6065–607

A. Pokle, S. Ahmed, S. Schweidler, M. Bianchini, T. Brezesinski, A. Beyer, J. Janek, and K. Volz (2020):

In Situ Monitoring of Thermally Induced Effects in Nickel-Rich Layered Oxide Cathode Materials at the Atomic Level
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 12 (51), S. 57047–57054

S. Randau, D. A. Weber, O. Kötz, R. Koerver, P. Braun, A. Weber, E. Ivers-Tiffée, T. Adermann, J. Kulisch, W. G. Zeier, F. H. Richter, and J. Janek (2020):

Benchmarking the performance of all-solid-state lithium batteries
NATURE ENERGY 5 (3), S. 259–270

I. A. Razumkova, A. E. Sedykh, Y. G. Denisenko, and K. Müller-Buschbaum (2020):

Synthesis and luminescence properties of ss-NaRE_{0.95}Eu_{0.05}F₄ (RE=Y, Lu)
JOURNAL OF INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY 92, S. 218–225

M. Righetto, D. Meggiolaro, A. Rizzo, R. Sorrentino, Z. He, G. Meneghesso, T. C. Sum, T. Gatti, and F. Lamberti (2020):

Coupling halide perovskites with different materials: From doping to nanocomposites, beyond photovoltaics
PROGRESS IN MATERIALS SCIENCE 110, 100639

M. Ritter, D. Schlettwein, and U. Leist (2020):

Specific migration of caprolactam and infrared characteristics of a polyamide/polyethylene composite film for food packaging under conditions of long-term storage before use
PACKAGING TECHNOLOGY AND SCIENCE 33 (12), S. 501–514

R. Rueß, S. Schweidler, H. I. Hemmelmann, G. Conforto, A. Bielefeld, D. A. Weber, J. Sann, M. T. Elm, and J. Janek (2020):

Influence of NCM Particle Cracking on Kinetics of Lithium-Ion Batteries with Liquid or Solid Electrolyte
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 167 (10), 100532

A. L. Santhosha, N. Nazer, R. Koerver, S. Randau, F. H. Richter, D. A. Weber, J. Kulisch, T. Adermann, J. Janek, and P. Adelhelm (2020):

Macroscopic Displacement Reaction of Copper Sulfide in Lithium Solid-State Batteries
ADVANCED ENERGY MATERIALS 10 (41), 2002394

- T. Schaefer, A. E. Sedykh, J. Becker, and K. Müller-Buschbaum** (2020):
Group 13 Metal Halide Based Coordination Polymers of Al, Ga, In and 2,4,6-Tri(4-pyridyl)-1,3,5-triazine
ZEITSCHRIFT FÜR ANORGANISCHE UND ALLGEMEINE CHEMIE 646 (18, SI), S. 1555–1562
- R. Schlem, T. Bernges, C. Li, M. A. Kraft, N. Minafra, and W. G. Zeier** (2020):
Lattice Dynamical Approach for Finding the Lithium Superionic Conductor Li_3ErI_6
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 3 (4), S. 3684–3691
- R. Schlem, M. Ghidui, S. P. Culver, A.-L. Hansen, and W. G. Zeier** (2020):
Changing the Static and Dynamic Lattice Effects for the Improvement of the Ionic Transport Properties within the Argyrodite $\text{Li}_6\text{PS}_{5-x}\text{Se}_x\text{I}$
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 3 (1), S. 9–18
- F. Schmitz, K. Guo, J. Horn, R. Sorrentino, G. Conforto, F. Lamberti, R. Brescia, F. Drago, M. Prato, Z. He, U. Giovannella, F. Cacialli, D. Schlettwein, D. Meggiolaro, and T. Gatti** (2020):
Lanthanide-Induced Photoluminescence in Lead-Free $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ Bulk Perovskite: Insights from Optical and Theoretical Investigations
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS 11 (20), S. 8893–8900
- D. B. Schuepfer, F. Badaczewski, J. M. Guerra-Castro, D. M. Hofmann, C. Heiliger, B. Smarsly, and P. J. Klar** (2020):
Assessing the structural properties of graphitic and non-graphitic carbons by Raman spectroscopy
CARBON 161, S. 359–372
- J. S. Schulze, J. Migenda, M. Becker, S. M. M. Schuler, R. C. Wende, P. R. Schreiner, and B. M. Smarsly** (2020):
TEMPO-functionalized mesoporous silica particles as heterogeneous oxidation catalysts in flow
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 8 (7), S. 4107–4117
- P. Schurig, F. Michel, A. Beyer, K. Volz, M. Becker, A. Polity, and P. J. Klar** (2020):
Progress in Sputter Growth of $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ by Applying Pulsed-Mode Operation
PHYSICA STATUS SOLIDI A-APPLICATIONS AND MATERIALS SCIENCE 217 (10), 1901009
- M. Schwan, J. Schettler, F. M. Badaczewski, C. Heinrich, B. M. Smarsly, and B. Milow** (2020):
The effect of pulverization methods on the microstructure of stiff, ductile, and flexible carbon aerogels
JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 55 (14), S. 5861–5879
- S. Schwan, D. Schröder, H. A. Wegner, J. Janek, and D. Mollenhauer** (2020):
Substituent Pattern Effects on the Redox Potentials of Quinone-Based Active Materials for Aqueous Redox Flow Batteries
CHEMUSUSCHEM 13 (20), S. 5480–5488
- A. E. Sedykh, R. Bissert, D. G. Kurth, and K. Müller-Buschbaum** (2020):
Structural diversity of salts of terpyridine derivatives with europium(III) located in both, cation and anion, in comparison to molecular complexes
ZEITSCHRIFT FÜR KRISTALLOGRAPHIE-CRYSTALLINE MATERIALS 235 (8-9, SI), S. 353–363
- M. T. Seuffert, S. Wintzheimer, M. Oppmann, T. Granath, J. Prieschl, A. Alrefai, H.-J. Holdt, K. Müller-Buschbaum, and K. Mandel** (2020):
An all white magnet by combination of electronic properties of a white light emitting MOF with strong magnetic particle systems
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY C 8 (45), S. 16010–16017
- F. J. Simon, M. Hanauer, F. H. Richter, and J. Janek** (2020):
Interphase Formation of $\text{PEO}_{20}:\text{LiTFSI-Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ Composite Electrolytes with Lithium Metal
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 12 (10), S. 11713–11723
- J. R. Sorg, T. C. Schaefer, T. Schneider, and K. Müller-Buschbaum** (2020):
From a 1D Sb Coordination Polymer to a 3D Sb Framework with Pyrazine: Switching off the Stereochemically Active Lone-Pair
DALTON TRANSACTIONS 49 (15), S. 4904–4913

- E. Speiser, N. Esser, B. Halbig, J. Geurts, W. G. Schmidt, and S. Sanna** (2020):
Vibrational Raman spectroscopy on adsorbate-induced low-dimensional surface structures
SURFACE SCIENCE REPORTS 75 (1), 100480
- J. Tschakert, Q. Zhong, D. Martin-Jimenez, J. Carracedo-Cosme, C. Romero-Muniz, P. Henkel, T. Schlöder, S. Ahles, D. Mollenhauer, H. A. Wegner, P. Pou, R. Perez, A. Schirmeisen, and D. Ebeling** (2020):
Surface-controlled reversal of the selectivity of halogen bonds
NATURE COMMUNICATIONS 11 (1), 5630
- C. Tyborski, T. Hueckstaedt, R. Gillen, T. Otto, N. A. Fokina, A. A. Fokin, P. R. Schreiner, and J. Maultzsch** (2020):
Vibrational signatures of diamondoid dimers with large intramolecular London dispersion interactions
CARBON 157, S. 201–207
- P. Uredat, M. T. Elm, R. Horiguchi, P. J. Klar, and S. Hara** (2020):
The transport properties of InAs nanowires: an introduction to MnAs/InAs heterojunction nanowires for spintronics
JOURNAL OF PHYSICS D-APPLIED PHYSICS 53 (33), 333002
- P. Uredat, R. Kodaira, R. Horiuchi, S. Hara, A. Beyer, K. Volz, P. J. Klar, and M. T. Elm** (2020):
Anomalous Angle-Dependent Magnetotransport Properties of Single InAs Nanowires
NANO LETTERS 20 (1), S. 618–624
- P. Voepel, M. Sieland, J. Yue, I. Djerdj, and B. M. Smarsty** (2020):
Ionic liquid-mediated low-temperature formation of hexagonal titanium-oxyhydroxyfluoride particles
CRYSTENGCOMM 22 (9), S. 1568–1576
- F. Walther, S. Randau, Y. Schneider, J. Sann, M. Rohnke, F. H. Richter, W. G. Zeier, and J. Janek** (2020):
Influence of Carbon Additives on the Decomposition Pathways in Cathodes of Lithium Thiophosphate-Based All-Solid-State Batteries
CHEMISTRY OF MATERIALS 32 (14), S. 6123–6136
- S. Wang, X. Zhang, S. Liu, C. Xin, C. Xue, F. Richter, L. Li, L. Fan, Y. Lin, Y. Shen, J. Janek, and C.-W. Nan** (2020):
High-conductivity free-standing Li₆PS₅Cl/poly(vinylidene difluoride) composite solid electrolyte membranes for lithium-ion batteries
JOURNAL OF MATERIONICS 6 (1), S. 70–76
- W. Wang, D. Dietzel, and A. Schirmeisen** (2020):
Single-asperity sliding friction across the superconducting phase transition
SCIENCE ADVANCES 6 (12), EAAY0165
- T. Weber, M. J. S. Abb, J. Evertsson, M. Sandroni, J. Drnec, V. Vonk, A. Stierle, E. Lundgren, and H. Over** (2020):
In situ studies of the cathodic stability of single-crystalline IrO₂(110) ultrathin films supported on RuO₂(110)/Ru(0001) in an acidic environment
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 22 (40), S. 22956–22962
- T. Weber, V. Vonk, M. J. S. Abb, J. Evertsson, M. Sandroni, J. Drnec, A. Stierle, E. Lundgren, and H. Over** (2020):
Extraordinary Stability of IrO₂(110) Ultrathin Films Supported on TiO₂(110) under Cathodic Polarization
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS 11 (21), S. 9057–9062
- M. Weiss, F. J. Simon, M. R. Busche, T. Nakamura, D. Schröder, F. H. Richter, and J. Janek** (2020):
From Liquid- to Solid-State Batteries: Ion Transfer Kinetics of Heteroionic Interfaces
ELECTROCHEMICAL ENERGY REVIEWS 3 (2), S. 221–238
- M. Yasseri, D. Schtipfer, M. Weinhold, L. Chen, H. Kamila, E. Müller, J. de Boor, and P. J. Klar** (2020):
Comparing Raman mapping and electron microscopy for characterizing compositional gradients in thermoelectric materials
SCRIPTA MATERIALIA 179, S. 61–64

M. Yasseri, D. Schuepfer, L. Chen, H. Kamila, E. Müller, J. de Boor, and P. J. Klar (2020):

Raman Spectroscopic Study of the Optical Phonons of $Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ Solid Solutions

PHYSICA STATUS SOLIDI-RAPID RESEARCH LETTERS 14 (3), 1900574

Y. Bin-Bin, L. Min, Z. Yudong, Z. Xusheng, D. Zheng, J. Zhixin, L. Di, W. Yiyu, T. Gatti, O. Ageev, and H. Zhubing (2020):

Oriented Crystallization of Mixed-Cation Tin Halides for Highly Efficient and Stable Lead-Free Perovskite Solar Cells

ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS 30 (24), 2002230

A. Zaichenko, D. Schröder, J. Janek, and D. Mollenhauer (2020):

Pathways to Triplet or Singlet Oxygen during the Dissociation of Alkali Metal Superoxides: Insights by Multireference Calculations of Molecular Model Systems

CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 26 (11), S. 2395–2404

Z. Zhang, S. Wenzel, Y. Zhu, J. Sann, L. Shen, J. Yang, X. Yao, Y.-S. Hu, C. Wolverton, H. Li, L. Chen, and J. Janek (2020):

$Na_3Zr_2Si_2PO_{12}$: A Stable Na^+ -Ion Solid Electrolyte for Solid-State Batteries

ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 3 (8), S. 7427–7437

C. Zhu, A. K. Eckhardt, A. Bergantini, S. K. Singh, P. R. Schreiner, and R. I. Kaiser (2020):

The elusive cyclotriphosphazene molecule and its Dewar benzene-type valence isomer (P_3N_3)

SCIENCE ADVANCES 6 (30), EABA6934

M. F. Zscherp, J. Glaser, C. Becker, A. Beyer, P. Cop, J. Schoermann, K. Volz, and M. T. Elm (2020):

Epitaxial Growth and Structural Characterization of Ceria Deposited by Atomic Layer Deposition on High-Surface Porous Yttria-Stabilized Zirconia Thin Films

CRYSTAL GROWTH & DESIGN 20 (4), S. 2194–2201

2021 S. Ahmed, A. Pokle, M. Bianchini, S. Schweidler, A. Beyer, T. Brezesinski, J. Janek, and K. Volz (2021):

Understanding the formation of antiphase boundaries in layered oxide cathode materials and their evolution upon electrochemical cycling

MATTER 4 (12), S. 3953–3966

G. Albrecht, H. Locke, P. Schweitzer, J. Becker, L. Chen, P. R. Schreiner, and D. Schlettwein (2021):

New π -stacking motifs for molecular semiconducting materials: bis(bis(8-quinolinyl)amide)metal(II) complexes of Cr, Mn, Fe, and Zn

MATERIALS ADVANCES 2 (7), S. 2347–2357

S. Badur, D. Renz, M. Cronau, T. Göddenhenrich, D. Dietzel, B. Roling, and A. Schirmeisen (2021):

Characterization of Vegard strain related to exceptionally fast Cu-chemical diffusion in $Cu_2Mo_6S_8$ by an advanced electrochemical strain microscopy method

SCIENTIFIC REPORTS 11 (1), 18133

J. P. Beaupain, K. Waetzig, S.-K. Otto, A. Henß, J. Janek, M. Malaki, A. Pokle, J. Müller, B. Butz, K. Volz, M. Kusnezoff, and A. Michaelis (2021):

Reaction of $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ and $LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$ in Co-Sintered Composite Cathodes for Solid-State Batteries

ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 13 (40), S. 47488–47498

S. Beeck, S. Ahles, and H. A. Wegner (2021):

Orthogonal Catalysis for an Enantioselective Domino Inverse-Electron Demand Diels-Alder/Substitution Reaction

CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 28 (5), E202104085

S. L. Benz, M. Becker, A. Polity, S. Chatterjee, and P. J. Klar (2021):

Determining the band alignment of copper-oxide gallium-oxide heterostructures

JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 129 (11), 115305

J. O. Binder, S. P. Culver, W. G. Zeier, and J. Janek (2021):

A Rapid and Facile Approach for the Recycling of High-Performance $LiNi_{1-x-y}Co_xMn_yO_2$ Active Materials

CHEMSUSCHEM 14 (1), S. 441–448

J. Camut, S. Ayachi, G. Castillo-Hernandez, S. Park, B. Ryu, S. Park, A. Frank, C. Stiewe, E. Müller, and J. de Boor (2021):
Ordered mesoporous metal oxides for electrochemical applications: correlation between structure, electrical properties and device performance
 PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 23 (18), S. 10706–10735

H. Cheng, L. Li, Y. Wang, Y. Lu, Z. Zhang, M. Li, P. J. Klar, and Y. He (2021):
The S-content-dependent lattice structure evolution and bandgap modulation in quaternary MgZnOS alloy films
 JOURNAL OF PHYSICS D-APPLIED PHYSICS 54 (6), 065104

G. Conforto, R. Rueß, D. Schröder, E. Trevisanello, R. Fantin, F. H. Richter, and J. Janek (2021):
Quantification of the Impact of Chemo-Mechanical Degradation on the Performance and Cycling Stability of NCM-Based Cathodes in Solid-State Li-Ion Batteries
 JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 168 (7), 070546

M. Crisci, P. Dolcet, J. Yang, M. Salerno, P. Belteky, A. Kukovecz, F. Lamberti, S. Agnoli, S. Osella, S. Gross, and T. Gatti (2021):
Amorphous Molecular Materials for Directed Supercontinuum Generation
 CHEMPHOTOCHEM 5 (12), S. 1033–1041

S. Dehnen, P. R. Schreiner, S. Chatterjee, K. Volz, N. W. Rosemann, W.-C. Pilgrim, D. Mollenhauer, and S. Sanna (2021):
Amorphous Molecular Materials for Directed Supercontinuum Generation
 CHEMPHOTOCHEM 5 (12), S. 1033–1041

N. Dehnhardt, J.-N. Luy, P. Klement, L. Schipplick, S. Chatterjee, R. Tonner, and J. Heine (2021):
Mixed Group 14-15 Metalates as Model Compounds for Doped Lead Halide Perovskites
 ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 60 (8), S. 3906–3911

Y. G. Denisenko, V. V. Atuchin, M. S. Molokeevev, N. Wang, X. Jiang, A. S. Aleksandrovsky, A. S. Krylov, A. S. Oreshonkov, A. E. Sedykh, S. S. Volkova, Z. Lin, A. V. Oleg, and K. Müller-Buschbaum (2021):
Negative thermal expansion in one-dimension of a new double sulfate $\text{AgHo}(\text{SO}_4)_2$ with isolated SO_4 tetrahedra
 JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE & TECHNOLOGY 76, S. 111–121

Y. G. Denisenko, A. E. Sedykh, S. A. Basova, V. V. Atuchin, M. S. Molokeevev, A. S. Aleksandrovsky, A. S. Krylov, A. S. Oreshonkov, N. A. Khritokhin, E. I. Sal'nikova, V. O. Andreev, and K. Muller-Buschbaum (2021):
Exploration of the structural, spectroscopic and thermal properties of double sulfate monohydrate $\text{NaSm}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and its thermal decomposition product $\text{NaSm}(\text{SO}_4)_2$
 ADVANCED POWDER TECHNOLOGY 32 (11), S. 3943–3953

Y. G. Denisenko, A. E. Sedykh, M. S. Molokeevev, A. S. Oreshonkov, A. S. Aleksandrovsky, A. S. Krylov, N. A. Khritokhin, E. I. Sal'nikova, A. V. Oleg, and K. Müller-Buschbaum (2021):
Crystal and electronic structure, thermochemical and photophysical properties of europium-silver sulfate monohydrate $\text{AgEu}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 JOURNAL OF SOLID STATE CHEMISTRY 294, 121898

G. F. Dewald, S. Ohno, J. G. C. Hering, J. Janek, and W. G. Zeier (2021):
Analysis of Charge Carrier Transport Toward Optimized Cathode Composites for All-Solid-State Li-S Batteries
 BATTERIES & SUPERCAPS 4 (1), S. 183–194

S. L. Dreyer, K. R. Kretschmer, Đ. Tripković, A. Mazilkin, R. Chukwu, R. Azmi, P. Hartmann, M. Bianchini, T. Brezesinski, and J. Janek (2022):
Multi-Element Surface Coating of Layered Ni-Rich Oxide Cathode Materials and Their Long-Term Cycling Performance in Lithium-Ion Batteries
 ADVANCED MATERIALS INTERFACES 9 (8), 2101100

J. K. Eckhardt, S. Burkhardt, J. Zahnow, M. T. Elm, J. Janek, P. J. Klar, and C. Heiliger (2021):
Understanding the Impact of Microstructure on Charge Transport in Polycrystalline Materials Through Impedance Modelling
 JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 168 (9), 090516

- A. Fabian, M. Czerner, C. Heiliger, H. Rossignol, M.-H. Wu, and M. Gradhand** (2021):
Spin accumulation from nonequilibrium first principles methods
PHYSICAL REVIEW B 104 (5), 054402
- R. Fantin, E. Trevisanello, R. Rueß, A. Pokle, G. Conforto, F. H. Richter, K. Volz, and J. Janek** (2021):
Synthesis and Postprocessing of Single-Crystalline $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ for Solid-State Lithium-Ion Batteries with High Capacity and Long Cycling Stability
CHEMISTRY OF MATERIALS 33 (7), S. 2624–2634
- K. Feng, E. Solel, P. R. Schreiner, H. Fuchs, and H.-Y. Gao** (2021):
Diamantanethiols on Metal Surfaces: Spatial Configurations, Bond Dissociations, and Polymerization
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS 12 (13), S. 3468–3475
- P. Dalle Feste, M. Crisci, F. Barbon, F. Tajoli, M. Salerno, F. Drago, M. Prato, S. Gross, T. Gatti, and F. Lamberti** (2021):
Work Function Tuning in Hydrothermally Synthesized Vanadium-Doped MoO_3 and Co_3O_4 Mesostuctures for Energy Conversion Devices
APPLIED SCIENCES 11 (5), 2016
- T. Fuchs, B. Mogwitz, S.-K. Otto, S. Passerini, F. H. Richter, and J. Janek** (2021):
Working Principle of an Ionic Liquid Interlayer During Pressureless Lithium Stripping on $\text{Li}_{6.25}\text{Al}_{0.25}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZO) Garnet-Type Solid Electrolyte
BATTERIES & SUPERCAPS 4 (7), S. 1145–1155
- T. Gatti, F. Lamberti, R. Mazzaro, I. Kriegel, D. Schlettwein, F. Enrichi, N. Lago, E. Di Maria, G. Meneghesso, A. Vomiero, and S. Gross** (2021):
Opportunities from Doping of Non-Critical Metal Oxides in Last Generation Light-Conversion Devices
ADVANCED ENERGY MATERIALS 11 (31), 2101041
- A. Gautam, M. Sadowski, M. Ghidui, N. Minafra, A. Senyshyn, K. Albe, and W. G. Zeier** (2021):
Engineering the Site-Disorder and Lithium Distribution in the Lithium Superionic Argyrodite $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Br}$
ADVANCED ENERGY MATERIALS 11 (5), 2003369
- C. Gawlig, J. Jung, D. Mollenhauer, and S. Schindler** (2021):
Synthesis and characterization of copper complexes with tripodal ligands bearing amino acid groups
ZEITSCHRIFT FÜR ANORGANISCHE UND ALLGEMEINE CHEMIE 647 (8, SI), S. 951–959
- M. Ghidui, R. Schlem, and W. G. Zeier** (2021):
Pyridine Complexes as Tailored Precursors for Rapid Synthesis of Thiophosphate Superionic Conductors
BATTERIES & SUPERCAPS 4 (4), S. 607–611
- M. Gies, F. Michel, C. Lupo, D. Schlettwein, M. Becker, and A. Polity** (2021):
Electrochromic switching of tungsten oxide films grown by reactive ion-beam sputter deposition
JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 56 (1), S. 615–628
- S. Gowrisankar, B. Bernhardt, J. Becker, and P. R. Schreiner** (2021):
Regioselective Synthesis of meta-Tetraaryl-Substituted Adamantane Derivatives and Evaluation of Their White Light Emission
EUROPEAN JOURNAL OF ORGANIC CHEMISTRY 2021 (48), S. 6806–6810
- R. Haas, M. Murat, M. Weiss, J. Janek, A. Natan, and D. Schröder** (2021):
Understanding the Transport of Atmospheric Gases in Liquid Electrolytes for Lithium-Air Batteries
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 168 (7), 070504
- K. Hanau, S. Schwan, M. R. Schäfer, M. J. Müller, C. Dues, N. Rinn, S. Sanna, S. Chatterjee, D. Mollenhauer, and S. Dehnen** (2021):
Towards Understanding the Reactivity and Optical Properties of Organosilicon Sulfide Clusters
ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 60 (3), S. 1176–1186

- A.-K. Hansmann, R. C. Döring, A. Rinn, S. M. Giesen, M. Fey, T. Breuer, R. Berger, G. Witte, and S. Chatterjee** (2021):
Charge Transfer Excitation and Asymmetric Energy Transfer at the Interface of Pentacene-Perfluoropentacene Heterostacks
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 13 (4), S. 5284–5292
- H. Hemmelmann, J. K. Dinter, and M. T. Elm** (2021):
Thin Film NCM Cathodes as Model Systems to Assess the Influence of Coating Layers on the Electrochemical Performance of Lithium Ion Batteries
ADVANCED MATERIALS INTERFACES 8 (9), 2170047
- P. Henkel, J. Janek, and D. Mollenhauer** (2021):
Influence of the PO_4N_{4-u} structural units on the formation energies and transport properties of lithium phosphorus oxynitride: a DFT study
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 23 (39), S. 22567–22588
- P. Henkel, and D. Mollenhauer** (2021):
Uncertainty of exchange–correlation functionals in density functional theory calculations for lithium-based solid electrolytes on the case study of lithium phosphorus oxynitride
JOURNAL OF COMPUTATIONAL CHEMISTRY 42 (18), S. 1283–1295
- T. Hepp, J. Veletas, R. Günkel, O. Massmeyer, J. Glowatzki, W. Stolz, S. Chatterjee, and K. Volz** (2021):
Dilute Bismuth Containing W-Type Heterostructures for Long-Wavelength Emission on GaAs Substrates
CRYSTAL GROWTH & DESIGN 21 (11), S. 6307–6313
- M. J. Herzog, D. Esken, and J. Janek** (2021):
Improved Cycling Performance of High-Nickel NMC by Dry Powder Coating with Nanostructured Fumed Al_2O_3 , TiO_2 , and ZrO_2 : A Comparison
BATTERIES & SUPERCAPS 4 (6), S. 1003–1017
- M. J. Herzog, N. Gauquelin, D. Esken, J. Verbeeck, and J. Janek** (2021):
Facile Dry Coating Method of High-Nickel Cathode Material by Nanostructured Fumed Alumina (Al_2O_3) Improving the Performance of Lithium-Ion Batteries
ENERGY TECHNOLOGY 9 (4), 2100028
- M. J. Herzog, N. Gauquelin, D. Esken, J. Verbeeck, and J. Janek** (2021):
Increased Performance Improvement of Lithium-Ion Batteries by Dry Powder Coating of High-Nickel NMC with Nanostructured Fumed Ternary Lithium Metal Oxides
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 4 (9), S. 8832–8848
- C. Hogan, P. Lechiffart, S. Broztesi, S. Voronovich-Solonevich, A. Melnikov, R. Flammini, S. Sanna, and K. Holtgrewe** (2021):
Theoretical study of stability, epitaxial formation, and phase transformations of two-dimensional pnictogen allotropes
PHYSICAL REVIEW B 104 (24), 245421
- K. Holtgrewe, C. Hogan, and S. Sanna** (2021):
Evolution of Topological Surface States Following Sb Layer Adsorption on Bi_2Se_3
MATERIALS 14 (7), 1763
- J. Horn, and D. Schlettwein** (2021):
Role of Interfaces and Contact Formation for the Application of Lead-Free Perovskite Materials in Photovoltaic Cells
PHYSICA STATUS SOLIDI - RAPID RESEARCH LETTERS 15 (11), 2100369
- S. Kern, C. Kern, M. M. Pradja, R.-A. Duering, and M. Rohnke** (2021):
Spatially resolved indiffusion behavior of Cu^{2+} and Ni^{2+} in polypropylene
JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE 138 (2), 49655
- M. Kim, A. Alfano, G. Perotto, M. Serri, N. Dengo, A. Mezzetti, S. Gross, M. Prato, M. Salerno, A. Rizzo, R. Sorrentino, E. Cescon, G. Meneghesso, F. Di Fonzo, A. Petrozza, T. Gatti, and F. Lamberti** (2021):
Moisture resistance in perovskite solar cells attributed to a water-splitting layer
COMMUNICATIONS MATERIALS 2 (1), 6

- B. Kinzer, A. L. Davis, T. Krauskopf, H. Hartmann, W. S. LePage, E. Kazyak, J. Janek, N. P. Dasgupta, and J. Sakamoto** (2021):
Operando analysis of the molten Li vertical bar LLZO interface: Understanding how the physical properties of Li affect the critical current density
MATTER 4 (6), S. 1947–1961
- D. Kitsche, Y. Tang, Y. Ma, D. Goonetilleke, J. Sann, F. Walther, M. Bianchini, J. Janek, and T. Brezesinski** (2021):
High Performance All-Solid-State Batteries with a Ni-Rich NCM Cathode Coated by Atomic Layer Deposition and Lithium Thiophosphate Solid Electrolyte
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 4 (7), S. 7338–7345
- P. Klement, D. Anders, L. Guembel, M. Bastianello, F. Michel, J. Schoermann, M. T. Elm, C. Heiliger, and S. Chatterjee** (2021):
Surface Diffusion Control Enables Tailored-Aspect-Ratio Nanostructures in Area-Selective Atomic Layer Deposition
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 13 (16), S. 19398–19405
- P. Klement, N. Dehnhardt, C.-D. Dong, F. Dobener, S. Bayliff, J. Winkler, D. M. Hofmann, P. J. Klar, S. Schumacher, S. Chatterjee, and J. Heine** (2021):
Atomically Thin Sheets of Lead-Free 1D Hybrid Perovskites Feature Tunable White-Light Emission from Self-Trapped Excitons
ADVANCED MATERIALS 33 (23), 2100518
- A. Konetschny, M. Weinhold, C. Heiliger, M. T. Elm, and P. J. Klar** (2021):
Polarization-dependence of the Raman response of free-standing strained $Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_2$ membranes
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 23 (11), S. 6903–6913
- A. Krampf, M. Imlau, Y. Suhak, H. Fritze, and S. Sanna** (2021):
Evaluation of similarities and differences of $LiTaO_3$ and $LiNbO_3$ based on high-T-conductivity, nonlinear optical fs-spectroscopy and ab initio modeling of polaronic structures
NEW JOURNAL OF PHYSICS 23 (3), 033016
- J. J. A. Kreissl, J. Petit, R. Oppermann, P. Cop, T. Gerber, M. Joos, M. Abert, J. Tuebke, K. Miyazaki, T. Abe, and D. Schröder** (2021):
Electrochemical Lithiation/Delithiation of ZnO in 3D-Structured Electrodes: Elucidating the Mechanism and the Solid Electrolyte Interphase Formation
ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 13 (30), S. 35625–35638
- M. K. Kremer, D. Forrer, C. Rogero, L. Floreano, and A. Vittadini** (2021):
Digging Ti interstitials at the $r\text{-TiO}_2(110)$ surface: Mechanism of porphyrin Ti sequestration by iminic N nucleophilic attack
APPLIED SURFACE SCIENCE 564, 150403
- K. Kroth, P. Klement, L. Chen, S. Chatterjee, and P. J. Klar** (2021):
Microscopic origin of near- and far-field contributions to tip-enhanced optical spectra of few-layer MoS_2
NANOSCALE 13 (40), S. 17116–17124
- A. Kunz, and H. A. Wegner** (2021):
1+1 >= 2? Norbornadiene-Azobenzene Molecules as Multistate Photoswitches
CHEMSYSTEMSCHEM 3 (2), E2000035
- P. Kurzhals, F. Riewald, M. Bianchini, H. Sommer, H. A. Gasteiger, and J. Janek** (2021):
The $LiNiO_2$ Cathode Active Material: A Comprehensive Study of Calcination Conditions and their Correlation with Physicochemical Properties. Part I. Structural Chemistry
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 168 (11), 110518
- F. Lamberti, F. Schmitz, W. Chen, Z. He, and T. Gatti** (2021):
The Non-Innocent Role of Hole-Transporting Materials in Perovskite Solar Cells
SOLAR RRL 5 (10), 2100514
- N. R. Levy, P. Tereshchuk, A. Natan, R. Haas, D. Schröder, J. Janek, P. Jakes, R. A. Eichel, and Y. Ein-Eli** (2021):
Hybridization of carbon nanotube tissue and MnO_2 as a generic advanced air cathode in metal-air batteries
JOURNAL OF POWER SOURCES 514, 230597

- C. Lupo, F. Michel, F. Kuhl, Y. Su, M. Becker, A. Polity, and D. Schlettwein** (2021):
Investigation of Sputter-Deposited Thin Films of Lithium Phosphorous Sulfuric Oxynitride (LiPSON) as Solid Electrolyte for Electrochromic Devices
PHYSICA STATUS SOLIDI B-BASIC SOLID STATE PHYSICS 258 (10), 2100032
- Y. Ma, J. H. Teo, D. Kítsche, T. Diemant, F. Strauss, Y. Ma, D. Goonetilleke, J. Janek, M. Bianchini, and T. Brezesinski** (2021):
Cycling Performance and Limitations of LiNiO₂ in Solid-State Batteries
ACS ENERGY LETTERS 6 (9), S. 3020–3028
- Z. Mamiyev, C. Fink, K. Holtgrewe, H. Pfnur, and S. Sanna** (2021):
Enforced Long-Range Order in 1D Wires by Coupling to Higher Dimensions
PHYSICAL REVIEW LETTERS 126 (10), 106101
- P. Minnmann, L. Quillman, S. Burkhardt, F. H. Richter, and J. Janek** (2021):
Quantifying the Impact of Charge Transport Bottlenecks in Composite Cathodes of All-Solid-State Batteries
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY 168 (4), 040537
- Y. Moryson, F. Walther, J. Sann, B. Mogwitz, S. Ahmed, S. Burkhardt, L. Chen, P. J. Klar, K. Volz, S. Fearn, M. Rohnke, and J. Janek** (2021):
Analyzing Nanometer-Thin Cathode Particle Coatings for Lithium-Ion Batteries-The Example of TiO₂ on NCM622
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 4 (7), S. 7168–7181
- Q. K. Muhammad, L. Porz, A. Nakamura, K. Matsunaga, M. Rohnke, J. Janek, J. Rödel, and T. Frömling** (2021):
Donor and acceptor-like self-doping by mechanically induced dislocations in bulk TiO₂
NANO ENERGY 85, 105944
- R. S. Negi, E. Celik, R. Pan, R. Staeglich, J. Senker, and M. T. Elm** (2021):
Insights into the Positive Effect of Post-Annealing on the Electrochemical Performance of Al₂O₃-Coated Ni-Rich NCM Cathodes for Lithium-Ion Batteries
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 4 (4), S. 3369–3380
- R. S. Negi, S. P. Culver, M. Wiche, S. Ahmed, K. Volz, and M. T. Elm** (2021):
Optimized atomic layer deposition of homogeneous, conductive Al₂O₃ coatings for high-nickel NCM containing ready-to-use electrodes
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 23 (11), S. 6725–6737
- R. S. Negi, P. Minnmann, R. Pan, S. Ahmed, M. J. Herzog, K. Volz, R. Takata, F. Schmidt, J. Janek, and M. T. Elm** (2021):
Stabilizing the Cathode/Electrolyte Interface Using a Dry-Processed Lithium Titanate Coating for All-Solid-State Batteries
CHEMISTRY OF MATERIALS 33 (17), S. 6713–6723
- R. S. Negi, Y. Yusim, R. Pan, S. Ahmed, K. Volz, R. Takata, F. Schmidt, A. Henß, and M. T. Elm** (2021):
A Dry-Processed Al₂O₃/LiAlO₂ Coating for Stabilizing the Cathode/Electrolyte Interface in High-Ni NCM-Based All-Solid-State Batteries
ADVANCED MATERIALS INTERFACES, 9 (8), 2101428
- N. Neugebauer, T. Hache, M. T. Elm, D. M. Hofmann, C. Heiliger, H. Schultheiss, and P. J. Klar** (2021):
Frequency- and magnetic-field-dependent properties of ordered magnetic nanoparticle arrangements
PHYSICAL REVIEW B 103 (9), 094438
- S. Ohno, C. Rosenbach, G. F. Dewald, J. Janek, and W. G. Zeier** (2021):
Linking Solid Electrolyte Degradation to Charge Carrier Transport in the Thiophosphate-Based Composite Cathode toward Solid-State Lithium-Sulfur Batteries
ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS 31 (18), 2010620
- S.-K. Otto, T. Fuchs, Y. Moryson, C. Lerch, B. Mogwitz, J. Sann, J. Janek, and A. Henß** (2021):
Storage of Lithium Metal: The Role of the Native Passivation Layer for the Anode Interface Resistance in Solid State Batteries
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 4 (11), S. 12798–12807

- S.-K. Otto, Y. Moryson, T. Krauskopf, K. Peppler, J. Sann, J. Janek, and A. Henß** (2021):
In-Depth Characterization of Lithium-Metal Surfaces with XPS and ToF-SIMS: Toward Better Understanding of the Passivation Layer
CHEMISTRY OF MATERIALS 33 (3), S. 859–867
- E. Ozkan, A. Hofmann, M. Votsmeier, W. Wang, X. Huang, C. Kuebel, F. Badaczewski, K. Turke, S. Werner, and B. M. Smarsly** (2021):
Comprehensive Characterization of a Mesoporous Cerium Oxide Nanomaterial with High Surface Area and High Thermal Stability
LANGMUIR 37 (8), S. 2563–2574
- D. S. Pietruschka, B. Kumari, G. Buntkowsky, T. Gutmann, and D. Mollenhauer** (2021):
Mechanism of Heterogenization of Dirhodium Catalysts: Insights from DFT Calculations
INORGANIC CHEMISTRY 60 (9), S. 6239–6248
- J. Plaickner, E. Speiser, C. Braun, W. G. Schmidt, N. Esser, and S. Sanna** (2021):
Surface localized phonon modes at the Si(553)-Au nanowire system
PHYSICAL REVIEW B 103 (11), 115441
- P. Ponnusamy, H. Kamila, E. Müller, and J. de Boor** (2021):
Efficiency as a performance metric for material optimization in thermoelectric generators
JOURNAL OF PHYSICS-ENERGY 3 (4), 044006
- L. Porz, T. Frömling, A. Nakamura, N. Li, R. Maruyama, K. Matsunaga, P. Gao, H. Simons, C. Dietz, M. Rohnke, J. Janek, and J. Rödel** (2021):
Conceptual Framework for Dislocation-Modified Conductivity in Oxide Ceramics Deconvoluting Mesoscopic Structure, Core, and Space Charge Exemplified for SrTiO₃
ACS NANO 15 (6), S. 9355–9367
- S. Randau, F. Walther, A. Neumann, Y. Schneider, R. S. Negi, B. Mogwitz, J. Sann, K. Becker-Steinberger, T. Danner, S. Hein, A. Latz, F. H. Richter, and J. Janek** (2021):
On the Additive Microstructure in Composite Cathodes and Alumina-Coated Carbon Microwires for Improved All-Solid-State Batteries
CHEMISTRY OF MATERIALS 33 (4), S. 1380–1393
- H. M. Reinhardt, P. Chizhik, D. Dietzel, H.-C. Kim, M. Dasbach, A. Schirmeisen, and N. Hampp** (2021):
Conformable metal oxide platelets-A smart surface armor for green tribology
TRIBOLOGY INTERNATIONAL 162, 107138
- L. M. Riegger, R. Schlem, J. Sann, W. G. Zeier, and J. Janek** (2021):
Lithium-Metal Anode Instability of the Superionic Halide Solid Electrolytes and the Implications for Solid-State Batteries
ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 60 (12), S. 6718–6723
- A. Ringleb, R. Rueß, N. Hofeditz, W. Heimbrod, T. Yoshida, and D. Schlettwein** (2021):
Influence of Mg-doping on the characteristics of ZnO photoanodes in dye-sensitized solar cells
PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 23 (14), S. 8393–8402
- J. Ruhl, S. Ahles, M. A. Strauss, C. M. Leonhardt, and H. A. Wegner** (2021):
Synthesis of Medium-Sized Carbocycles via a Bidentate Lewis Acid-Catalyzed Inverse Electron-Demand Diels-Alder Reaction Followed by Photoinduced Ring-Opening
ORGANIC LETTERS 23 (6), S. 2089–2093
- S. Sanna, J. Plaickner, K. Holtgrewe, V. M. Wettig, E. Speiser, S. Chandola, and N. Esser** (2021):
Spectroscopic Analysis of Rare-Earth Silicide Structures on the Si(111) Surface
MATERIALS 14 (15), 4104
- T. C. Schaefer, J. R. Sorg, A. E. Sedykh, and K. Müller-Buschbaum** (2021):
Red emitting Sm(II) phosphors: thermally switchable luminescence in
CHEMICAL COMMUNICATIONS 57 (90), S. 11984–11987

- T. C. Schaefer, J. Becker, A. E. Sedykh, and K. Müller-Buschbaum** (2021):
2D-Coordination Polymers Constituted from Indium Halides and Dipyridyl N-Donor Ligands
ZEITSCHRIFT FÜR ANORGANISCHE UND ALLGEMEINE CHEMIE 647 (11), S. 1227–1233
- F. Schmitz, J. Horn, N. Dengo, A. E. Sedykh, J. Becker, E. Maiworm, P. Belteky, A. Kukovecz, S. Gross, F. Lamberti, K. Müller-Buschbaum, D. Schlettwein, D. Meggiolaro, M. Righetto, and T. Gatti** (2021):
Large Cation Engineering in Two-Dimensional Silver-Bismuth Bromide Double Perovskites
CHEMISTRY OF MATERIALS 33 (12), S. 4688–4700
- D. B. Schuepfer, F. Badaczewski, J. Peilstoecker, J. M. Guerra-Castro, H. Shim, S. Firoozabadi, A. Beyer, K. Volz, V. Presser, C. Heiliger, B. Smarsly, and P. J. Klar** (2021):
Monitoring the thermally induced transition from sp^3 -hybridized into sp^2 -hybridized carbons
CARBON 172, S. 214–227
- A. Schuermann, B. Luerssen, D. Mollenhauer, J. Janek, and D. Schröder** (2021):
Singlet Oxygen in Electrochemical Cells: A Critical Review of Literature and Theory
CHEMICAL REVIEWS 121 (20), S. 12445–12464
- A. E. Sedykh, D. G. Kurth, and K. Müller-Buschbaum** (2021):
Phosphorescence Afterglow and Thermal Properties of $[ScCl_3(pty)]$ (pty: 4'-phenyl-2,2',6',2''-terpyridine)
ZEITSCHRIFT FÜR ANORGANISCHE UND ALLGEMEINE CHEMIE 647 (4, SI), S. 359–364
- S. Sen, E. Trevisanello, E. Niemoeller, B.-X. Shi, F. J. Simon, and F. H. Richter** (2021):
The role of polymers in lithium solid-state batteries with inorganic solid electrolytes
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 9 (35), S. 18701–18732
- M. Sieland, V. Camus-Genot, I. Djerdj, and B. M. Smarsly** (2021):
Synthesis of $Ti(OH)OF \cdot 0.66 H_2O$ in Imidazolium-based Ionic Liquids
CHEMISTRYOPEN 10 (2, SI), S. 181–188
- M. A. Strauss, D. Kohrs, J. Ruhl, and H. A. Wegner** (2021):
Mechanistic Study of Domino Processes Involving the Bidentate Lewis Acid Catalyzed Inverse Electron-Demand Diels-Alder Reaction
EUROPEAN JOURNAL OF ORGANIC CHEMISTRY 2021 (28), S. 3866–3873
- M. A. Strauss, and H. A. Wegner** (2021):
London Dispersion in Alkane Solvents
ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 60 (2), S. 779–786
- Y. Tanuma, A. Stergiou, A. B. Bobnar, M. Gaboardi, J. Rio, J. Volkmann, H. A. Wegner, N. Tagmatarchis, C. P. Ewels, and D. Arcon** (2021):
Robust coherent spin centers from stable azafullerene radicals entrapped in cycloparaphenylene rings
NANOSCALE 13 (47), S. 19946–19955
- E. Trevisanello, R. Rueß, G. Conforto, F. H. Richter, and J. Janek** (2021):
Polycrystalline and Single Crystalline NCM Cathode Materials-Quantifying Particle Cracking, Active Surface Area, and Lithium Diffusion
ADVANCED ENERGY MATERIALS 11 (18), 2003400
- K. Turke, R. Meinus, P. Cop, E. Prates Da Costa, R. D. Brand, A. Henß, P. R. Schreiner, and B. M. Smarsly** (2021):
Amine-Functionalized Nanoporous Silica Monoliths for Heterogeneous Catalysis of the Knoevenagel Condensation in Flow
ACS OMEGA 6 (1), S. 425–437
- J. Veletas, T. Hepp, F. Dobener, K. Volz, and S. Chatterjee** (2021):
Comparison of carrier-recombination in $Ga(As,Bi)/Ga(N,As)$ -type-II quantum wells and W-type heterostructures
APPLIED PHYSICS LETTERS 118 (5), 052103

- F. Walther, F. Strauss, X. Wu, B. Mogwitz, J. Hertle, J. Sann, M. Rohnke, T. Brezesinski, and J. Janek** (2021):
The Working Principle of a $\text{Li}_2\text{CO}_3/\text{LiNbO}_3$ Coating on NCM for Thiophosphate-Based All-Solid-State Batteries
CHEMISTRY OF MATERIALS 33 (6), S. 2110–2125
- S. Wang, R. Fang, Y. Li, Y. Liu, C. Xin, F. H. Richter, and C.-W. Nan** (2021):
Interfacial challenges for all-solid-state batteries based on sulfide solid electrolytes
JOURNAL OF MATERIONICS 7 (2), S. 209–218
- S. Wang, M. Tang, Q. Zhang, B. Li, S. Ohno, F. Walther, R. Pan, X. Xu, C. Xin, W. Zhang, L. Li, Y. Shen, F. H. Richter, J. Janek, and C.-W. Nan** (2021):
Lithium Argyrodite as Solid Electrolyte and Cathode Precursor for Solid-State Batteries with Long Cycle Life
ADVANCED ENERGY MATERIALS 11 (31), 2101370
- S. Wang, W. Zhang, X. Chen, D. Das, R. Rueß, A. Gautam, F. Walther, S. Ohno, R. Koerver, Q. Zhang, W. G. Zeier, F. H. Richter, C.-W. Nan, and J. Janek** (2021):
Influence of Crystallinity of Lithium Thiophosphate Solid Electrolytes on the Performance of Solid-State Batteries
ADVANCED ENERGY MATERIALS 11 (24), 2100654
- W. Wang, D. Dietzel, and A. Schirmeisen** (2021):
Thermal Activation of Nanoscale Wear
PHYSICAL REVIEW LETTERS 126 (19), 196101
- Z. Wang, P. Erhart, T. Li, Z.-Y. Zhang, D. Sampedro, Z. Hu, H. A. Wegner, O. Brummel, J. Libuda, M. Brøndsted Nielsen, and K. M.-Poulsen** (2021):
Storing energy with molecular photoisomers
JOULE 5 (12), S. 3116–3136
- T. Weber, V. Vonk, D. Escalera-Lopez, G. Abbondanza, A. Larsson, V. Koller, M. J. S. Abb, Z. Hegedues, T. Baecker, U. Lienert, G. S. Harlow, A. Stierle, S. Cherevko, E. Lundgren, and H. Over** (2021):
Operando Stability Studies of Ultrathin Single-Crystalline $\text{IrO}_2(110)$ Films under Acidic Oxygen Evolution Reaction Conditions
ACS CATALYSIS 11 (20), S. 12651–12660
- M. Weinhold, and P. J. Klar** (2021):
Patterning 2D materials for devices by mild lithography
RSC ADVANCES 11 (48), S. 29887–29895
- M. Weiss, R. Rueß, J. Kasnatscheew, Y. Levartovsky, N. R. Levy, P. Minnmann, L. Stolz, T. Waldmann, M. Wohlfahrt-Mehrens, D. Aurbach, M. Winter, Y. Ein-Eli, and J. Janek** (2021):
Fast Charging of Lithium-Ion Batteries: A Review of Materials Aspects
ADVANCED ENERGY MATERIALS 11 (33), 2101126
- S. Werner, C. Seitz, G. Beck, J. Hennemann, and B. M. Smarsly** (2021):
Porous SiO_2 Nanofibers Loaded with CuO Nanoparticles for the Dosimetric Detection of H_2S
ACS APPLIED NANO MATERIALS 4 (5), S. 5004–5013
- T. M. Willey, L. I. Jonathan, D. Brehmer, O. A. Paredes Mellone, L. Landt, P. R. Schreiner, A. A. Fokin, B. A. Tkachenko, A. de Meijere, S. Kozhushkov, and A. W. van Buuren** (2021):
X-ray spectroscopic identification of strain and structure-based resonances in a series of saturated carbon-cage molecules: Adamantane, twistane, octahedrane, and cubane
JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY A 39 (5), 053208
- M.-H. Wu, A. Fabian, and M. Gradhand** (2021):
Spin accumulation in metallic thin films induced by electronic impurity scattering
PHYSICAL REVIEW B 104 (18), 184421

M. Yasserli, K. Mitra, A. Sankhla, J. de Boor, and E. Müller (2021):

Influence of Mg loss on the phase stability in Mg_2X ($X = Si, Sn$) and its correlation with coherency strain
ACTA MATERIALIA 208, 116737

H. Youssef, A. E. Sedykh, J. Becker, T. Schafer, I. V. Taydakov, H. R. Li, and K. Müller-Buschbaum (2021):

Variable Luminescence and Chromaticity of Homoleptic Frameworks of the Lanthanides together with Pyridylpyrazolates
CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 27 (67), S. 16634–16641

J. Yu, W. Niedenthal, B. M. Smarsly, M. M. Natile, Y. Huang, and M. Carraro (2021):

Au nanoparticles supported on piranha etched halloysite nanotubes for highly efficient heterogeneous catalysis
APPLIED SURFACE SCIENCE 546, 149100

J. Zahnow, T. Berges, A. Wagner, N. Bohn, J. R. Binder, W. G. Zeier, M. T. Elm, and J. Janek (2021):

Impedance Analysis of NCM Cathode Materials: Electronic and Ionic Partial Conductivities and the Influence of Microstructure
ACS APPLIED ENERGY MATERIALS 4 (2), S. 1335–1345

Q. Zhong, A. Ihle, S. Ahles, H. A. Wegner, A. Schirmeisen, and D. Ebeling (2021):

Constructing covalent organic nanoarchitectures molecule by molecule via scanning probe manipulation
NATURE CHEMISTRY 13 (11), S. 1133–1139

S. H. Zottnick, J. A. P. Sprenger, M. Finze, and K. Müller-Buschbaum (2021):

Statistic Replacement of Lanthanide Ions in Bis-salicylatoborate Coordination Polymers for the Deliberate Control of the Luminescence Chromaticity
CHEMISTRYOPEN 10 (2, S1), S. 164–170

T.-T. Zuo, R. Rueß, R. Pan, F. Walther, M. Rohnke, S. Hori, R. Kanno, D. Schröder, and J. Janek (2021):

A mechanistic investigation of the $Li_{10}GeP_2S_{12}|LiNi_{1-x-y}Co_xMn_yO_2$ interface stability in all-solid-state lithium batteries
NATURE COMMUNICATIONS 12 (1), 6669

Abstract

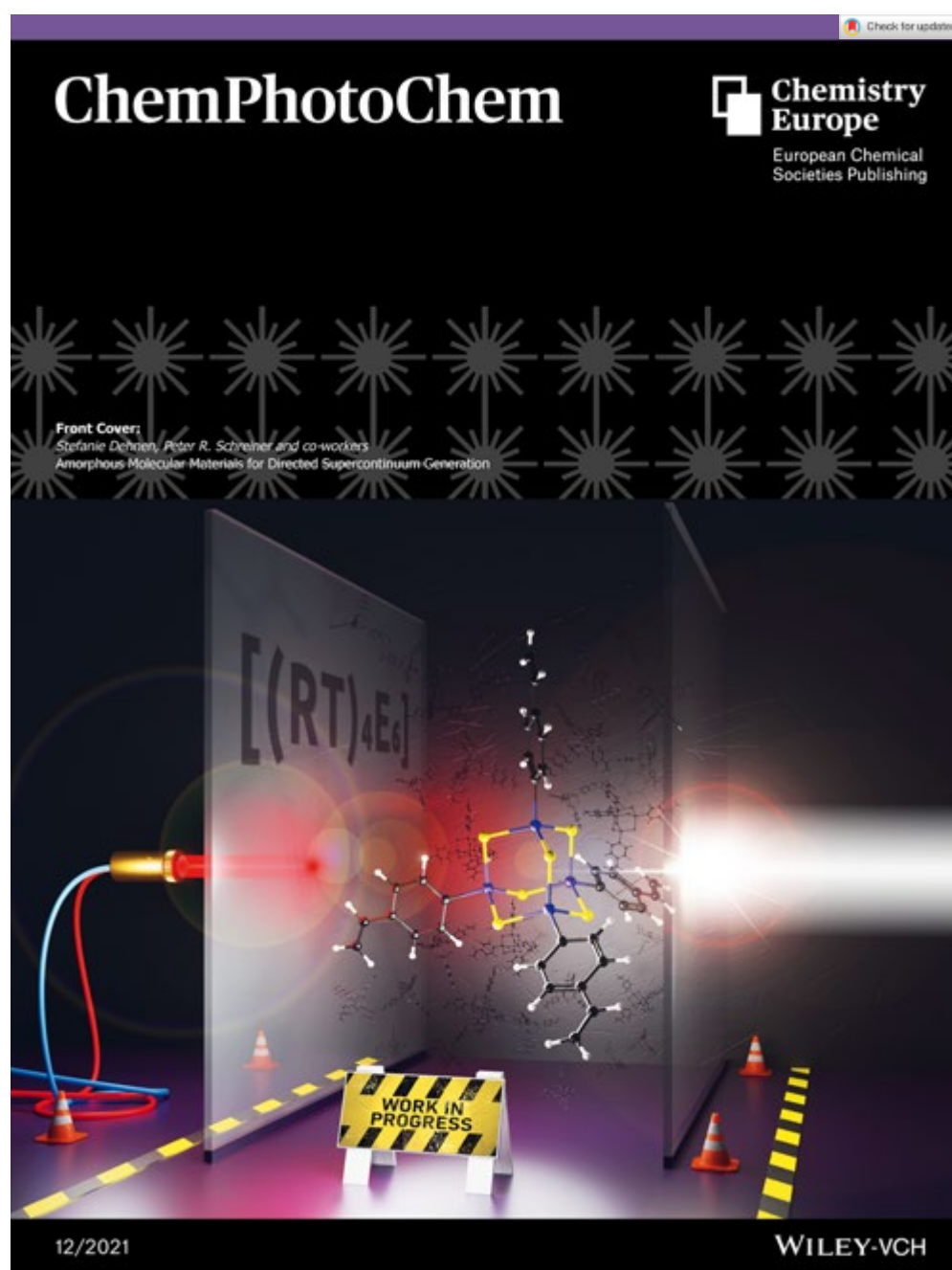
S. Dehnen, P. R. Schreiner, S. Chatterjee, K. Volz, N. W. Rosemann, W. Pilgrim, D. Mollenhauer, and S. Sanna

Amorphous Molecular Materials for Directed Supercontinuum Generation

CHEMPHOTOCHEM 5, 1027, 2021

Molecular compounds of the general formula $[(RT)_4E_6]$ (R=organic or organo-metallic substituent; T=C, Si, Ge, Sn; E=CH₂, S, Se), hence adamantane derivatives and inorganic-organic hybrid compounds based on a heteroadamantane structure exhibit a non-linear optical response upon radiation with a continuous-wave near-infrared laser. The effect depends on the compounds' habitus, which itself depends on the elemental composition of the cluster core, and on the nature of the organic substituents. A combination of these parameters that cause the material to be intrinsically amorphous leads to supercontinuum generation and thus to the emission of a broad spectrum, potentially appearing as white light. Notably, the

emission essentially retains the driving laser's directionality. For crystalline samples, second harmonic generation is observed instead, which points to a close relationship of the optical properties and the intermolecular order. Variation of R, T, and E allows further fine-tuning of the emitted spectra. We present all studies made in regards to these effects and our overarching conclusions derived from them.



Abstract

E. Celik, Y. Ma, T. Brezesinski, and M. T. Elm

Ordered mesoporous metal oxides for electrochemical applications: correlation between structure, electrical properties and device performance

PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS 23, 10706-10735, 2021

Ordered mesoporous metal oxides with a high specific surface area, tailored porosity and engineered interfaces are promising materials for electrochemical applications. In particular, the method of evaporation-induced self-assembly allows the formation of nanocrystalline films of controlled thickness on polar substrates. In general, mesoporous materials have the advantage of benefiting from a unique combination of structural, chemical and physical properties.

This Perspective article addresses the structural characteristics and the electrical (charge-transport) properties of mesoporous metal oxides and how these affect their application in energy storage, catalysis and gas sensing.

PCCP

Physical Chemistry Chemical Physics
rsc.li/pccp

Volume 23
Number 18
14 May 2021
Pages 10693-11106



ISSN 1463-9076



**ROYAL SOCIETY
OF CHEMISTRY**

PERSPECTIVE

Torsten Brezesinski, Matthias T. Elm *et al.*
Ordered mesoporous metal oxides for electrochemical
applications: correlation between structure, electrical
properties and device performance

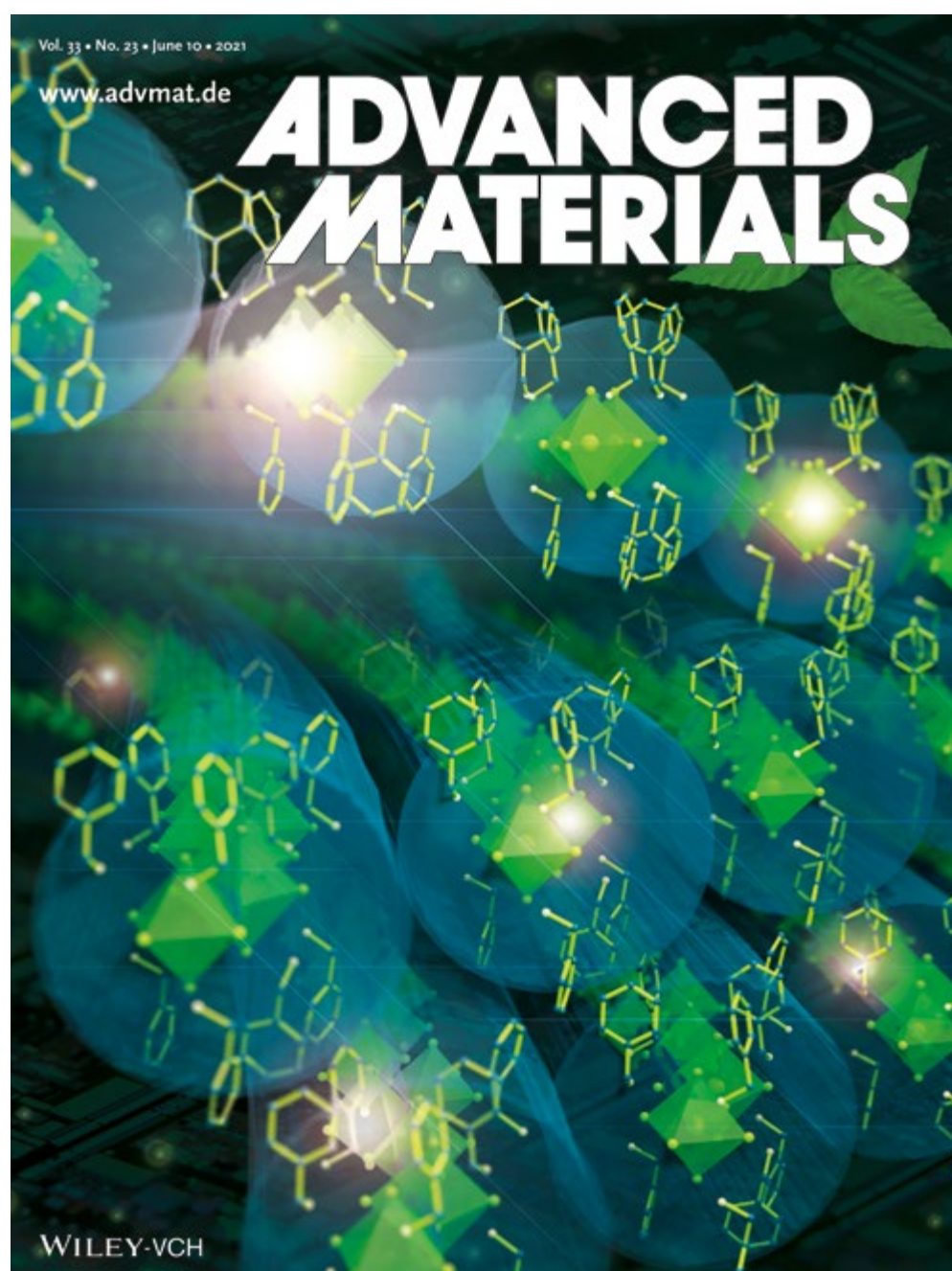


Abstract

P. Klement, N. Dehnhardt, C.-D. Dong, F. Dobener, S. Bayliff, J. Winkler, D. M. Hofmann, P. J. Klar, S. Schumacher, S. Chatterjee, and J. Heine
Atomically Thin Sheets of Lead-Free 1D Hybrid Perovskites Feature Tunable White-Light Emission from Self-Trapped Excitons
ADVANCED MATERIALS 33, 2170177, 2021

Low-dimensional organic–inorganic perovskites synergize the virtues of two unique classes of materials featuring intriguing possibilities for next-generation optoelectronics: they offer tailorable building blocks for atomically thin, layered materials while providing the enhanced light-harvesting and emitting capabilities of hybrid perovskites. This work goes beyond the paradigm that atomically thin materials require in-plane covalent bonding and reports single layers of the 1D organic–inorganic perovskite $[C_7H_{10}N]_3[BiCl_5]Cl$. Its unique 1D–2D structure enables single layers and the formation of self-trapped excitons, which show white-light emission. The thickness dependence of the exciton self-trapping causes an extremely strong shift of

the emission energy. Thus, such 2D perovskites demonstrate that already 1D covalent interactions suffice to realize atomically thin materials and provide access to unique exciton physics. These findings enable a much more general construction principle for tailoring and identifying 2D materials that are no longer limited to covalently bonded 2D sheets.



Abstract

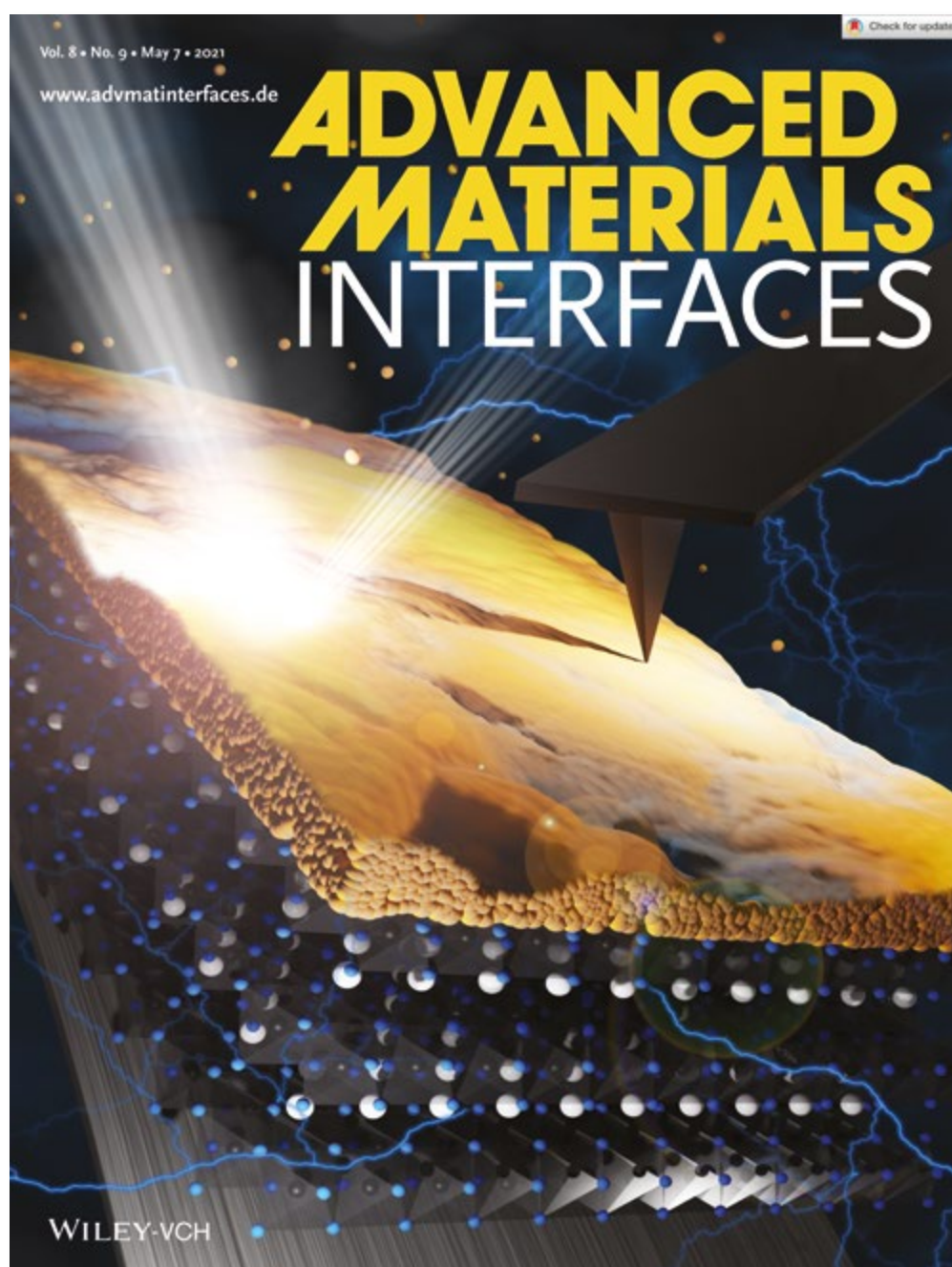
H. Hemmelmann, J. K. Dinter, and M. T. Elm

Thin Film Model Systems: Thin Film NCM Cathodes as Model Systems to Assess the Influence of Coating Layers on the Electrochemical Performance of Lithium Ion Batteries

ADVANCED MATERIALS INTERFACES 8, 2170047, 2021

A facile procedure is demonstrated to prepare lithium nickel cobalt manganese oxide (NCM) thin film cathodes. Via a sol-gel approach and subsequent spin-coating, a crystalline and phase-pure cathode layer is prepared without any further additives or binders. It is shown that the thin film cathodes are ideal model systems to access the effect of coating layers on electrochemical performance in lithium ion batteries. For this purpose, the thin films are coated with an ultrathin alumina layer using atomic layer deposition. The samples are structurally and electrochemically characterized, exhibiting comparable properties as cathodes prepared from powder. After cycling, post-mortem analysis is conducted to investigate structural

changes inflicted by the electrochemical treatment. The characterization reveals that uncoated samples exhibit severe structural changes due to cycling, while coated samples show only minor changes under the same conditions. Post-mortem surface analysis using X-ray photoelectron spectroscopy confirms the corrosion of the uncoated cathode and proves the scavenging effect of alumina. The presented results provide a simple and versatile method to prepare thin film NCM model systems, which enable an accurate analysis of the cathode-electrolyte interface and thus allow to obtain a deeper understanding of the beneficial effect of coatings for next-generation lithium ion batteries.



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@lama.uni-giessen.de
 www.uni-giessen.de/lama

Herausgeber

Prof. Dr. Jürgen Janek
Geschäftsführender Direktor

Konzeption & Gestaltung

Isabelle Laxa-Breuer (NIGGEMANN KOMMUNIKATION; Wetzlar)

Grafikerin

Elisa Monte (Zentrum für Materialforschung - JLU)

Projektmanagement/Lektorat

Ralf Niggemann (NIGGEMANN KOMMUNIKATION, Wetzlar)

Bildnachweis

AG Becker: Seite 046
 AG Gatti: 037
 AG Janek: Seite 068-069, 075
 AG Richter: 042 (oben)
 Daniel Ebeling/Daniel Martin-Jimenez: Seite 025 (unten)
 Elisa Monte: Kapitelaufmacher, 032
 Ernst Fessler: Seite 074, Rechte: KLiB e. V.
 Herrmann A. Wegner: Seite 025 (oben)
 HWP Planungsgesellschaft mbH / Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen (LBIH) / Bearbeitung - Elisa Monte: Seite 023
 Jan Michael Hosan: Seite 024
 Jeweilige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: Seite 096-099
 Jeweilige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: Seite 102-114
 JLU/Michael Schepp: Seite 006 (bearbeitet)
 JLU/Pressestelle/Katrina Friese: Seite 087 (bearbeitet), 095, 105 (oben Mitte, bearbeitet)
 Johannes Voigt: Seite 036
 Kiyon Linus Pohl/Daniel Martin-Jimenez: Seite 058
 Kristof Holste: Seite 073
 Martin Güngerich: Seite 047 (unten), 058, 060-063, 089
 Ralf Niggemann: Titel/Umschlag, Seite 005, 010, 013 (bearbeitet), 019, 026-029, 031 (links), 035, 041, 043, 044-045, 047 (oben), 048-049, 051, 054-055 (bearbeitet), 057, 059, 070-072, 078-079, 080 (bearbeitet), 082, 083 (oben), 084-086, 093-094, 102 (oben links, bearbeitet), 107 (oben links und Mitte, bearbeitet), 110 (oben links, bearbeitet), 115 (bearbeitet)
 Rolf K. Wegst: Seite 030 (bearbeitet), 034 (bearbeitet), 106 (oben Mitte, bearbeitet), 108 (oben rechts, bearbeitet), 109 (oben Mitte, bearbeitet), 110 (oben rechts, bearbeitet), 111 (oben links, bearbeitet), 113 (oben rechts, bearbeitet)
 Thomas Leichtweiß: Seite 033
 Zentrum für Materialforschung: Seite 066-067, 088

Druck

Jürgen Haas Print Consulting e. K., Bad Endbach

Auflage

200 Exemplare





Zentrum für Materialforschung - Center for Materials Research

Heinrich-Buff-Ring 16

35392 Giessen

Telefon +49 (0)641 99 33 601

info@lma.uni-giessen.de

www.uni-giessen.de/lama