

e-conversion

Das Magazin

Sommer 2025

Schwerpunkt: Batterieforschung

Lasst uns die Zukunft aufladen



18 Im Austausch

Events von und für unsere
Science-Community

22 Im Dialog

Wie e-conversion-Forschung
zum Escape Room wird

24 Im Interview

Prof. Frédéric Laquai und
Prof. Peter Müller-Buschbaum

Inhalt

Hightech zwischen Plus und Minus 4
Batterieforschung für die Energiewende

Feststoffbatterien zum Durchbruch verhelfen 12
Interview mit Dr. Andreas Weis von Qkera

News 14
e-conversion-Forschung – kurz & knapp

Rückblick 18
Cluster-Konferenz 2024 & Industry Day 2025

Junge Wissenschaft 22
Escape Game und Graduiertenprogramm

Mehr Sonnenpower ernten 24
Interview mit Prof. Peter Müller-Buschbaum

Materialien mit Licht entschlüsseln 26
Interview mit Prof. Frédéric Laquai



Photonen als Werkzeug: Prof. Frédéric Laquai nutzt Lichtpulse, um organischen Halbleitern ihre innersten Geheimnisse zu entlocken.



Raus aus der Kohlenstoff-Falle: Im Escape Game, das e-conversion mitentwickelte, dreht sich alles um die künstliche Photosynthese.



Neue Materialtalente gesucht: Wo steht die Forschung bei Redox-Flow-Batterien? Sind Solarbatterien die Zukunft? Wie können Lithium-Ionen-Zellen noch besser werden? Und warum steht Kollege Roboter in den e-conversion-Laboren? Forscherinnen und Forscher geben Antworten und Einblicke.

Was uns antreibt

Neues aus dem Exzellenzcluster e-conversion

Liebe Leserinnen und Leser, obwohl der derzeitige Übergang zu einer nachhaltigen Energieumwandlung und -speicherung bereits viele bemerkenswerte Erfolge zeitigt, liegen immer noch gewaltige Steine im Weg. Um diese herausfordernden Hürden zu überwinden, bedarf es grundlegender wissenschaftlicher Fortschritte, die die derzeitigen Grenzen der Effizienz und Stabilität überwinden. Sie erfordern oft die Entdeckung und Entwicklung neuer Materialien sowie neuartiger Konzepte.

Im Exzellenzcluster e-conversion gehen wir davon aus, dass viele wichtige Energietechnologien auf denselben grundlegenden physikalischen und chemischen Prinzipien beruhen. Im interdisziplinären Netzwerk arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von e-conversion gemeinsam an der Erforschung dieser einheitlichen Grundlagen und Mechanismen, um neuartige Lösungen zu entwickeln, die die nächste Stufe der Energiewende vorantreiben können. Durchbrüche, die uns ein besseres Verständnis und eine bessere Kontrolle der Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie, elektronischen Anregungen und Grenzflächenreaktionen ermöglichen, um nur einige Beispiele zu nennen, öffnen die Tür zu völlig neuen Lösungen – solchen, die nicht nur wissenschaftlich innovativ, sondern auch technologisch realisierbar sind – und beschleunigen so unseren Fortschritt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiezukunft.

Im Mittelpunkt dieser Magazinausgabe steht die Batterieforschung – ein Feld, das wie kaum ein anderes für die Herausforderungen zukünftiger Energiesysteme steht: Batterien müssen nicht nur leistungsfähig, sondern auch langlebig, nachhaltig

und für vielfältige Anwendungen anpassbar sein. Im Exzellenzcluster e-conversion erforschen wir ganz neue Materialien und Konzepte für die nächste Generation von Energiespeichern. Wir bündeln die Expertise vieler Disziplinen, um bestehende Speichertechnologien zu verbessern und völlig neue zu entwickeln. Dabei nutzen wir datenbasierte Forschungsansätze, Hochdurchsatz-Experimente, maschinelles Lernen sowie die Unterstützung durch Künstliche Intelligenz (KI).

Innovation braucht jedoch nicht nur Wissen, sondern auch Räume, in denen Ideen aufblühen und wachsen können. Als Teil des einzigartigen Wissenschafts- und Technologie-Ökosystems in München profitieren wir von herausragenden Netzwerken, engen Kontakten zur Industrie und einem Umfeld, das Unternehmertum fördert. Aus e-conversion heraus haben Forschende bereits erfolgreich mehrere Startups gegründet. Wir sind überzeugt, dass in der kürzlich für weitere sieben Jahre bewilligten zweiten Förderperiode ab 2026 viele weitere folgen werden.

Gemeinsam in unserem kollaborativen Team aus Forscherinnen und Forschern bei e-conversion, mit unseren Partnern und der Gesellschaft arbeiten wir an einem Ziel: die Zukunft der Energie nachhaltiger, flexibler und effizienter zu gestalten – durch Grundlagenforschung, die den Funken der Inspiration entfacht, und durch Technologien, die reale Fortschritte ermöglichen.

Viel Freude beim Lesen!

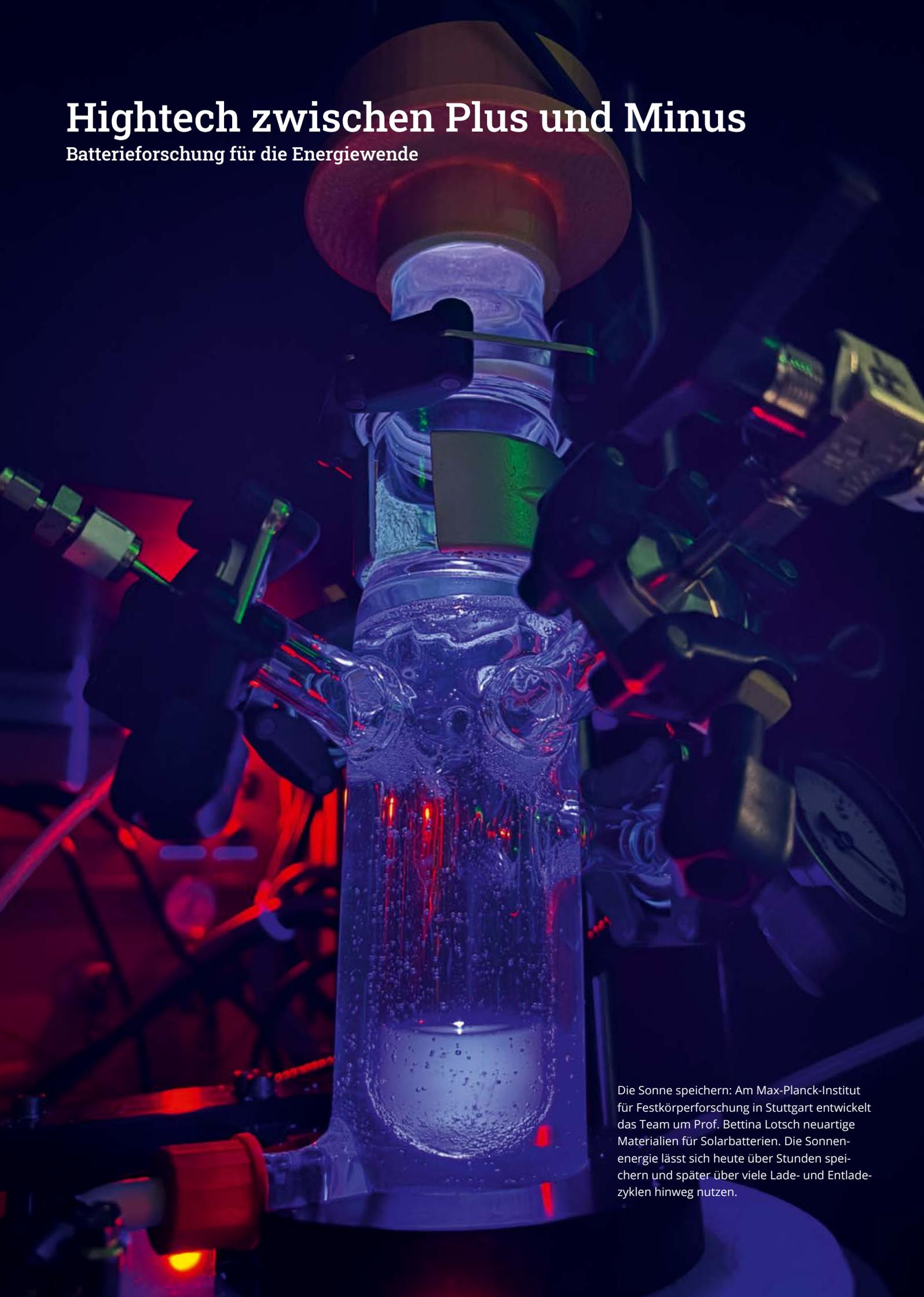
Prof. Achim Hartschuh, Prof. Ulrich Heiz, Prof. Ian Sharp
Prof. Frédéric Laquai, Prof. Bettina Lotsch, Prof. Jennifer L. M. Rupp



Public Viewing im engsten Kreis: Wer es vom Taskforce- und Begutachtungs-Team einrichten konnte, feierte am 22. Mai 2025, dem Tag der Verkündung, mit, welche Exzellenzcluster von der DFG ab 2026 weiter gefördert werden. Im Franziskaner in der Münchner Innenstadt waren Jubel, Erleichterung und Dankbarkeit groß, als die Liste zeigte: e-conversion besteht für weitere sieben Jahre.

Hightech zwischen Plus und Minus

Batterieforschung für die Energiewende



Die Sonne speichern: Am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart entwickelt das Team um Prof. Bettina Lotsch neuartige Materialien für Solarbatterien. Die Sonnenenergie lässt sich heute über Stunden speichern und später über viele Lade- und Entladezyklen hinweg nutzen.

In Batterien verbirgt sich etwas Magisches: Es wird Energie gespeichert, die sich als Strom nutzen lässt. Was vor mehr als 200 Jahren Erstaunen hervorrief – als Alessandro Volta mit der Volta’schen Säule seine erste Batterie präsentierte – ist heute selbstverständlich. Flexibel einsetzbare Stromspeicher sind unverzichtbar in Smartphones, Laptops und Fahrzeugen. Sie gelten als Herzstück der Energiewende. Dennoch ist die Wunschliste an die ideale Batterie noch lang: billiger, sicherer, leistungsstärker, länger haltbar, ohne bedenkliche Rohstoffe und leicht recyclebar. Mit ihrer Forschung adressieren die e-conversion-Expertinnen und -Experten diese Anforderungen und treiben die Erfolgsgeschichte der Batterie weiter voran.

Grüner Strom ist ein unbeständiger Begleiter – verlässlich bei Sonnenschein und steifer Brise, treulos während Dunkelflauten. Damit sich die erneuerbaren Energien zu einem verlässlichen Partner entwickeln, braucht es einen massiven Ausbau von Stromspeichern. Denn Deutschland hat ein ambitioniertes Klimaziel und will bis zum Jahr 2045 treibhausgasneutral sein. Ein Etappenziel: den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch bis 2030 auf 80 Prozent zu erhöhen. Leistungsfähige Stromspeicher spielen für das Erreichen des Klimaziels eine Schlüsselrolle, weil sie die Schwankungen der erneuerbaren Energien ausgleichen und helfen, grünen Strom jederzeit abrufbar zu machen. Parallel muss der Ausbau von Wind- und Solaranlagen sowie eine klimafreundliche Mobilität vorangetrieben werden. „All das zeigt, dass die längerfristige Speicherung elektrischer Ladung ein zentraler Aspekt der gesamten Transformation ist. Nicht zu vergessen den Übergang von einer fossilen zu einer elektrobasierteren Industrie“, sagt Jennifer L. M. Rupp. Sie ist Professorin für Festkörperelektrolyte an der TU München, wissenschaftliche Leiterin der TUMint.Energy Research GmbH und ab Januar 2026 Sprecherin von e-conversion 2.0. „Fakt ist: Die heutige Energietransformation für Wind- und Solarenergie basiert auf nur fünfzig Materialien, die weitestgehend in den 1970er-Jahren erfunden und entwickelt wurden. Wir brauchen eine neue Generation an innovativen Materialien und Umwandlungsprinzipien für die Energietransformation 2.0 – und nicht weniger als

eine *Green Energy Tech-Revolution*“, ist die Materialwissenschaftlerin und Gründerin des Startups Qkera (siehe Interview mit Co-Gründer Dr. Andreas Weis auf Seite 12) überzeugt.

Batterieforschung neu gedacht

Viele innovative Ideen stehen in den Startlöchern – und die Forschenden des Exzellenzclusters e-conversion leisten Pionierarbeit, um neue Materialtalente zu finden, die Forschung nach aussichtsreichen Kandidaten zu beschleunigen und ganz neue Batteriekonzepte zu entwerfen. „Wir arbeiten beispielsweise an Brückentechnologien, die Energieumwandlung und -speicherung zusammenführen. Das können zum Beispiel direkte Lichtspeicher wie Solarbatterien sein“, sagt Bettina V. Lotsch, Direktorin am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung und Honorarprofessorin an der LMU München. „Um solche neuen Konzepte in Devices zu übersetzen, bringen wir im Exzellenzcluster Expertinnen und Experten ganz unterschiedlicher Disziplinen wie Materialchemie, Optoelektronik, Photovoltaik und Batterieforschung zusammen“, erklärt die Materialwissenschaftlerin, die ab Januar 2026 ebenfalls Sprecherin von e-conversion sein wird.

Speichertechnologien – Rückgrat der Energiewende

Wer sich mit Energiespeicheroptionen befasst, merkt schnell: Es gibt ein breitgefächertes Spektrum an Technologien, Designs und Materialien, das die Bauteile auszeichnet – und die Nachfrage wächst weiter. „Batterien sind das Rückgrat der grünen Elektrifizierung. Doch um den steigenden Bedarf an Speicherkapazität zu decken, müssen sie effizienter, nachhaltiger und wirtschaftlicher werden“, sagt Rupp. „Wie lässt sich das erreichen? Was sind innovative Energiekonversions- und Speicherkonzepte? Welche Mechanismen sind entscheidend? Was sind aussichtsreiche Materialien oder Materialkombinationen, die in den nächsten zehn bis 20 Jahren interessant werden? Das sind ein paar grundlegende Fragestellungen, mit denen wir uns befassen und gewissermaßen die Essenz von e-conversion.“ Die Chemikerin forscht an Festkörpermaterien und wie sich diese als funktionale Bauteile für Energiekonversions- und Speicherkonzepte anwenden lassen. Gemeinsam mit ihrem Team entwickelt Rupp beispielsweise neuartige Lithium-Festkörperleiter und



Die *Green Energy Tech-Revolution* vorantreiben: Das Ziel hat Prof. Jennifer Rupp (links) stets vor Augen. Sie forscht an Festkörpermaterien und wie sich diese als funktionale Bauteile für Energiekonversions- und Speicherkonzepte nutzen lassen. Eine Dünnschichtprobe (rechts) wird auf einem beheizbaren Messaufbau unter atmosphärischen Bedingungen getestet. So analysieren die Forschenden, wie sich die Eigenschaften bei Temperatur- und Umweltveränderungen verhalten.

beispielsweise eng mit dem Forschungsteam von Prof. Thomas Bein an der LMU München. Dort wurde eine kovalent-organische Gerüstverbindung (COF = Covalent Organic Framework) als vielversprechendes Material für neuartige Energiespeicher entwickelt“, erklärt Rupp. „Das Besondere an dem Material ist: Es kann sowohl als Anode als auch Kathode fungieren. Daraus haben wir gemeinsam mit unseren Gruppen einen bipolaren elektrochemischen Speicher entwickelt.“ Dieser besteht aus nur einem einheitlichen Elektrodenmaterial, wobei eine Seite als Anode und die andere als Kathode dient. Die Vorteile: eine einfachere Bauweise mit nachhaltigen Materialien.

Forschungspower in neuem Licht

Ein weiterer e-conversion-Forschungsansatz verfolgt ein völlig neues Speicherkonzept: die Verschmelzung von Solar- und Batterietechnologien. Mit dem kürzlich gegründeten MPG TUM SolBat Center (mehr auf Seite 14), dem weltweit ersten Zentrum für Solarbatterien und optoionische Technologien, bündeln die TU München und die Max-Planck-Gesellschaft ihre Forschungspower – unterstützt vom Bayerischen Wirtschaftsministerium, das eine Fördersumme von acht Millionen Euro investiert. Im Mittelpunkt des Zentrums stehen die noch weitgehend unerforschten Solarbatterien, mit denen sich die e-conversion-Expertin Prof. Bettina Lotsch und ihr Team intensiv befassen. „Solarbatterien kombinieren Solarzellen und Batterien in einem einzigen Bauteil und können die Energie des Sonnenlichts direkt elektrochemisch speichern – und anschließend in Form von elektrischer Energie als Strom wieder abgeben“, erklärt die Chemikerin, die für ihre herausragenden Beiträge in der Festkörperchemie mit dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis 2025 geehrt wurde. Das SolBat-Zentrum wurde von Prof. Bettina Lotsch, Prof. Jennifer Rupp und Prof. Karsten Reuter (FHI Berlin) ins Leben gerufen und fokussiert sich auf Forschungen im Bereich der Optoionik, einer Querschnittswissenschaft zwischen Optoelektronik und Festkörperionik, die sich mit der Kontrolle von Ionen durch Licht beschäftigt. „Die Verbesserung lichtgesteuerter Prozesse in Energiematerialien ist ein Fokus, ebenso die Herstellung neuartiger Energiesysteme an der Schnittstelle zwischen Batterien und Photovoltaik. Direkte Lichtspeicher haben perspektivisch ein enormes Potenzial für diverse solare und optische Anwendungstechnologien“, sagt die Max-Planck-Wissenschaftlerin.



Mit dem Pulsed-Laser-Deposition-System (rechts) lassen sich ultradünne Materialschichten sehr präzise herstellen. Damit kann das Forschungsteam um Prof. Jennifer Rupp die Zusammensetzung, Dicke und Kristallinität im Nanometerbereich kontrollieren. Mit verschiedenen Schablonen (links) steuern die Forschenden aus Rupp's Team gezielt, wo sie Metalle auf eine Probe aufbringen und untersuchen die elektrochemischen Transporteigenschaften etwa auf Dünnschichten oder Keramiken.



Geniale Gerüstmoleküle: Mit ihrem Team hat Prof. Bettina Lotsch (rechts; links: Dr. Tigmanu Pal) ein Material entwickelt, das Sonnenlicht bis zu 48 Stunden speichern und die Energie später nutzbar machen kann.

Solarbatterien: doppelt gut

Die Idee der Solarbatterie (siehe Infografik auf Seite 8) aus optoionischen Materialien entstand in ihrem Team, das sich in vielfältiger Weise mit der Umwandlung von Sonnenlicht in chemische Energie durch Photokatalyse befasst, während eines ganz anderen Experiments: Die Forschenden hatten ein vielversprechendes Material hergestellt und wollten herausfinden, ob es sich wie eine typische Solarzelle verhält und *nur* Elektronen angeregt werden – oder ob das eingestrahlte Licht auch Ionen in Bewegung setzt wie bei einer Batterie. „Ein Versuch zeigte, dass sich die gelbe Materialprobe durch das eingestrahlte Licht blau verfärbte, also bestimmte Wellenlängen absorbierte“, sagt Lotsch. „Das Spannende passierte dann beim Abschalten der Beleuchtung: Die blaue Farbe blieb über Stunden hinweg erhalten – ein Hinweis darauf, dass Ladungen im Material gespeichert wurden.“ Seitdem lässt die Chemikerin diese Zufallsentdeckung und eins ihrer Forschungshighlights nicht mehr los, denn diese Art von Materialien verspricht eine Anwendung mit zwei Funktionen: Die Aufnahme von Sonnenlicht und gleichzeitig die Speicherung von Lichtenergie.

Lichtenergie im Käfig

Mittlerweile hat ihr Team eine solche bifunktionale Zelle entwickelt. Sie ist mit einer Anode, Kathode und Elektrolyt wie eine herkömmliche Batterie aufgebaut. Die Besonderheit verbirgt sich in der dünnen Schicht eines zweidimensionalen Kohlenstoffnitrids als Photoanode, in die Kalium-Ionen integriert sind. In diesem Material findet der entscheidende Prozess statt. „Seine Farbänderung zeigt uns die Erzeugung und Speicherung von Ladungsträgern – hier Elektronen“, erklärt die Materialwissenschaftlerin. „Dass sich die lichtinduzierten Elektronen in der Kohlenstoffnitridschicht ansammeln können, liegt an den Kalium-Ionen. Diese hindern die Ladungsträger daran, Reaktionen einzugehen und schirmen die Elektronen soweit ab, dass diese sich akkumulieren können. Photocharging, also Lichtladen, nennen wir diesen Prozess.“ Das System lässt sich analog einer Batterie aufladen und nutzt dafür: Licht. Kürzlich gelang dem Team um Prof. Bettina Lotsch gemeinsam mit Forschenden

der TU München und der Universität Stuttgart ein weiterer Fortschritt in Sachen optoionische Materialien: Sie entwickelten ein neuartiges, organisches Gerüstmaterial (COF), das Sonnenlicht einfängt und seine Energie über 48 Stunden speichert (mehr auf Seite 15). Das Material kombiniert die Funktionen einer Solarzelle und einer Batterie in einem System. Mit seiner hohen Leistungsfähigkeit und Stabilität ermöglicht es perspektivisch auch nach Sonnenuntergang eine Stromversorgung – ohne den Einsatz seltener oder kritischer Elemente.

Neuer Forschungszweig: optoionische Materialien

Für das Team um Lotsch geht es vor allem darum, die grundlegenden Mechanismen in solchen Materialien aufzuklären: Wie funktioniert das Aufladen mit Licht in verschiedenen optoionischen Materialien? Welchen Einfluss hat die Zusammensetzung und Struktur des Materials? Welche Komponenten sind essenziell, damit die Elektronen akkumulieren? Solche und mehr Fragen wollen die Forschenden beantworten, um mit diesem Wissen neue Talente für das aufstrebende Forschungsfeld optoionischer Materialien zu entwickeln. Die TUM-Forscherin Jennifer Rupp, die zusammen mit Bettina Lotsch und Karsten Reuter das SolBat-Zentrum leitet, ist zuversichtlich: „Die Kombination aus Solar- und Batterietechnologien wird eine neue Dimension für die Zukunft der nachhaltigen Energieversorgung eröffnen. Das Konzept dieses weltweit einzigartigen Zentrums setzt auf eine enge Verzahnung von Grundlagenforschung und Technologieentwicklung. Wir sehen hier die Chance, Energiesysteme deutlich kompakter und effizienter zu gestalten.“

Die Limits von Lithium-Ionen-Batterien

Während sich Solarbatterien noch in der Grundlagenforschung befinden, können Lithium-Ionen-Batterien (siehe Infografik auf Seite 10) schon auf eine steile Forschungskarriere zurückblicken. Die Zugpferde der Elektromobilität haben eine beachtliche Transformation hinter sich: Als die ersten Lithium-Ionen-Batterien Anfang der 1990er-Jahre auf den Markt kamen, waren sie Schwergewichte im Tonnenmaßstab. Heute begegnen wir schlanken Hightech-Devices. Der Gewichtsunterschied von früher und heute liegt zwischen einem Elefanten und einer Tafel Schokolade. Die beeindruckende Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterien macht deutlich, wie leistungsfähig moderne Batterien

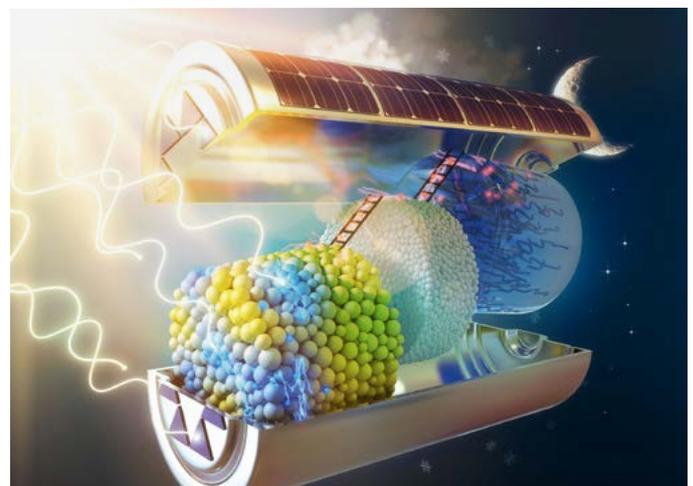
bereits sind. Und sie müssen noch besser werden: energiereicher und sicherer, günstiger und nachhaltiger heißt die Devise. Doch wo liegen die Grenzen? Was lässt sich aus den Materialien noch herausholen? Genau damit befasst sich Hubert Gasteiger, Professor für Technische Elektrochemie an der TU München. Der Chemieingenieur entwickelt mit seinem Team unter anderem neue Batteriematerialien für Lithium-Ionen-, Natrium-Ionen- und Festkörperbatterien. „Wir wollen verstehen, wie sich neue Materialien in den Batteriezellen auswirken und wie effektiv sie sind. Damit befinden wir uns an der Schnittstelle zwischen grundlegender Forschung und angewandter Forschung mit industrierelevanten Zellen“, sagt Gasteiger. „Dazu nutzen wir verschiedene Charakterisierungsmethoden, um beispielsweise die Alterungsprozesse detailliert zu verstehen.“ Letztere spielen eine große Rolle, wenn es darum geht, die Energiedichte von Lithium-Ionen-Batterien zu erhöhen. „Um diese noch leistungsfähiger zu machen, geht man sozusagen an das Stabilitätslimit der Materialien“, erklärt der TUM-Experte. „Diese Grenzen zu identifizieren und wie diese sich auf die Stabilität und Sicherheit auswirken, ist ein Schwerpunkt unserer Forschung.“

Warum mehr Energie einen Haken hat

Dieses Vorhaben gleicht nicht selten einem Drahtseilakt: Ein Ansatz, um die Energiedichte von Lithium-Ionen-Batterien (siehe Infografik auf Seite 10) zu erhöhen, ist eine stärkere Delithiierung der Aktivmaterialien in der positiven Elektrode durch eine Erhöhung von dessen Potenzial. Denn bei jedem Laden und Entladen bewegen sich Lithium-Ionen zwischen den Elektroden hin und her und nehmen elektrischen Strom auf bzw. geben ihn wieder ab. Deswegen ist die Fähigkeit der Elektroden, also der negativen Elektrode (Anode) und der positiven Elektrode (Kathode), Lithium-Ionen reversibel aufzunehmen und abzugeben, so entscheidend. „Mehr Energie in einer Batterie zu speichern, bedeutet: Es müssen dem Kathodenmaterial beim Laden mehr Lithium-Ionen entzogen und in der Anode eingelagert werden. Die maximale Menge an entnehmbaren Ionen bestimmt die Kapazität der Batterie“, erklärt Gasteiger. „Aber das Material wird dadurch thermodynamisch instabiler – und das geht auf Kosten der Sicherheit und der Lebensdauer.“ Je höher die angelegte Spannung und je schneller die Ladevorgänge, desto stärker ist die Alterung des Kathodenmaterials und des Elektrolyten.

Wie Solarbatterien funktionieren

Solarzelle und Batterie sind nicht getrennt, sondern in einem einzigen Bauteil integriert. Dadurch lässt sich die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrochemische Energie und ihre Speicherung realisieren. Der Prozess beginnt, wenn Photonen (Lichtteilchen) auf die lichtabsorbierende Schicht treffen und Elektronen anregen. Die entscheidende Innovation von Solarbatterien ist: Das Licht regt nicht nur die Elektronen an, sondern beeinflusst auch die Ionenbewegungen. So werden die gleichzeitige Absorption von Licht und die Speicherung elektrochemischer Energie in einem einzigen Bauteil vereint.





Eingefangene Elektronen: Wie sich Materialien mit Licht aufladen lassen (links) und welche Voraussetzungen im Festkörperlattice vorliegen müssen, sind zentrale Fragen, mit denen sich Prof. Bettina Lotsch (rechts) am Max-Planck-Institut in Stuttgart befasst. Mit diesem Wissen will ihr Team neue Materialtalente für das aufstrebende Forschungsfeld der optoionischen Speichermaterialien finden.

Dem Altern von Lithium-Ionen-Batterien auf der Spur

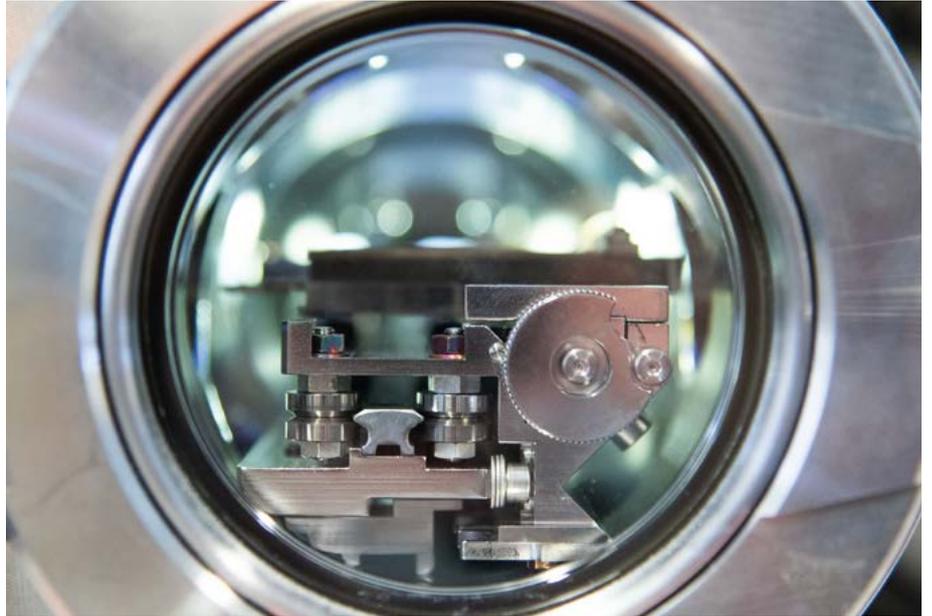
Gasteigers Team arbeitet daran, die Alterungsmechanismen der Kathodenmaterialien – bestehend aus einem Lithium-Metalloxyd – genauer zu verstehen: „Bekannt ist, dass bei höheren Potentialen der Elektrolyt oxidiert und sich das Metalloxyd auflöst. Wir konnten zeigen, dass es zwei Teilprozesse sind, die unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten bezüglich Temperatur und Spannung folgen“, erklärt der TUM-Experte. „Die Oxidation des Elektrolyten hängt nur von seiner Beschaffenheit, der Temperatur und der angelegten Spannung ab. Die Oxidation und Zersetzung des Kathodenmaterials findet in einem anderen Potenzialbereich statt und hängt vor allem von der absoluten Delithierungsmenge des Kathodenmaterials ab.“ Ihre Erkenntnisse erzielt

die Forschungsgruppe mithilfe hochauflösender operando / in situ-Messmethoden, für die das Team die erforderlichen elektrochemischen Zellen selbst entwickelt und verfeinert. Dazu zählen zum Beispiel die elektrochemische Impedanzspektroskopie, operando-Röntgenanalytik und Gasmessungen. „Man weiß über Lithium-Ionen-Batterien tatsächlich weniger als viele denken – in Relation zu ihrer langjährigen Existenz“, sagt Gasteiger. „Viele Verbesserungen wurden durch Trial-and-Error-Ansätze, also rein empirisch entwickelt, denn Batterietests sind vergleichsweise kostengünstig und effizient durchzuführen. In Kombination mit wissenschaftlicher Forschung wollen wir wertvolle Erkenntnisse gewinnen, um diese Batterien noch besser zu verstehen und besser designen zu können.“



Batterien im Test: Im Klimaschrank (links) testet das Forschungsteam um Prof. Hubert Gasteiger (rechts) bis zu 100 Batteriezellen gleichzeitig. Unter kontrollierten Temperaturbedingungen durchlaufen sie Lade- und Entladezyklen, um ihr Verhalten und ihre Lebensdauer zu untersuchen. Getestet werden dabei unterschiedlichste Zelltypen – von kleinen Laborzellen bis hin zu Formaten, die kommerziellen Batterien bereits sehr nahekommen.





Einsichten dank Röntgen-Check: Mithilfe einer Ultrahochvakuumschleuse (rechts) positionieren die Forschenden ihre Materialproben im Röntgen-Photoelektronenspektroskop (links). Mit dieser Methode analysiert das Team um Prof. Hubert Gasteiger unter anderem die Elementzusammensetzung und Oxidationszustände der Proben.

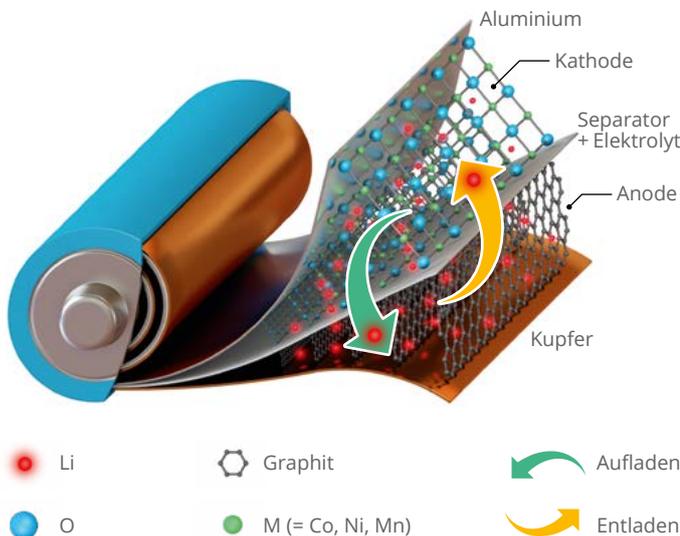
In Rekordzeit zu neuen Batteriematerialien

Um neuen Materialtalenten schneller auf die Spur zu kommen und sie gezielter optimieren zu können, nutzen Forschende verstärkt die Verknüpfung von automatisierten Plattformen, künstlicher Intelligenz (KI), Simulationen und Robotik. Materialexpertinnen und -experten sind überzeugt, dass diese Technologien einen Paradigmenwechsel einläuten könnten. Ein Vorreiter auf diesem Gebiet ist e-conversion-Forscher Helge Sören Stein, Professor für Digitale Katalyse an der TU München. „Anstatt jahrelang einzelne Komponenten zu testen, setzen wir auf eine Plattform, die direkt das gesamte System optimiert“, sagt der Physiker und promovierte Maschinenbauer, der sich auf automatisierte Forschungssysteme spezialisiert hat. „Dadurch können wir Trends in der Materialzusammensetzung aufdecken, die sonst jahrelange Laborarbeit erfordern würden“, erklärt Stein. Er verbindet mit seiner Forschung verschiedene Disziplinen – von

der Chemie und Physik über die Ingenieurwissenschaften bis hin zur Informatik. Im Zentrum seiner Arbeit steht die Materials Acceleration Platform, kurz MAP, mit der er die Materialentwicklung beschleunigen will. Steins Team hat maßgeblich zur Entwicklung und Implementierung dieser Plattform beigetragen. Das Besondere: Das System kombiniert die reinen Messungen mit Simulationen und lernt selbstständig aus den Ergebnissen.

Digitale Datensätze clever nutzen

Zudem geht es dem TUM-Forscher darum, eine dezentrale Infrastruktur zu schaffen und die wertvollen Forschungsdaten, die in der Batterieforschung entstehen, zugänglich und lesbar zu machen. Das kann die Entwicklung von Batteriematerialien enorm beschleunigen. Liegen diese Datensätze standardisiert vor, kann eine KI damit optimal arbeiten und die Forschungsteams insgesamt unterstützen. „Deswegen wollen wir das



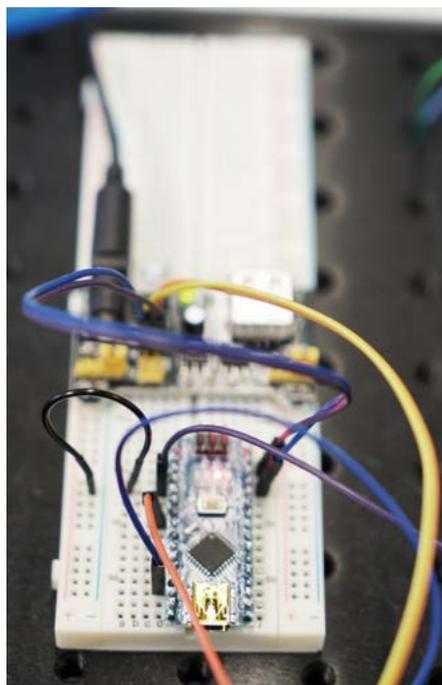
Wie Lithium-Ionen-Batterien funktionieren

Elektrische Energie wird gespeichert, indem sich Lithium-Ionen zwischen zwei Elektroden bewegen: der Anode (meist Graphit) und der Kathode (z. B. aus Lithium-Metalloxiden). Beim Laden wandern die Lithium-Ionen durch den Elektrolyten von der Kathode zur Anode und lagern sich dort ein – die Batterie speichert nun Energie. Beim Entladen kehren die Lithium-Ionen zurück zur Kathode, wobei Elektronen über ein externes Gerät (z. B. ein Smartphone oder Elektroauto) zur Kathode fließen. Dieser Elektronenfluss erzeugt den nutzbaren Strom. Die chemischen Reaktionen in den Elektroden sind reversibel und ermöglichen wiederholtes Laden und Entladen.

FINALES-Framework – das Kürzel steht für „Fast *IN*tention-Agnostic *LE*arning Server“ – integrieren. Es kann verschiedene Forschungsinstitute europaweit verknüpfen, ohne zentrale Kontrolle. Diese behält jedes Labor über seine Experimente“, erklärt Stein. Die MAP gewährleistet, dass Daten optimal ausgetauscht und Versuche intelligent gesteuert werden. Dadurch verbessert sich die Effizienz und Reproduzierbarkeit von Experimenten. Der Vorteil ist, dass die Plattform alle relevanten Schritte abdeckt: Von der Formulierung und Charakterisierung neuer Elektrolyte über den Zusammenbau und Tests von Batteriezellen bis hin zur Vorhersage ihrer Lebensdauer. Das System lässt sich beispielsweise nutzen, um die Ionenleitfähigkeit von Elektrolyten zu optimieren und die Auswirkungen von Elektrolytformulierungen auf die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Knopfzellen zu untersuchen. „Digitales Forschungsdatenmanagement, der Einsatz von KI und Automatisierung wird im Labor der Zukunft sicher einen Großteil an zeitraubenden Messungen reduzieren können und ermöglicht gleichzeitig viel mehr Raum für Kreativität“, ist Stein überzeugt. „Ich denke, das Vernetzen der Experimente und Daten über mehrere Standorte und Labore hinweg, bringt die Forschung auf eine ganz andere Ebene, weil wir plötzlich Dinge miteinander korrelieren können, die vorher nicht sichtbar waren.“



Turbo für die Materialsuche: Prof. Helge Stein kombiniert Hochdurchsatz-Experimente mit Künstlicher Intelligenz, um vielversprechende Batteriematerialien schneller zu identifizieren und die Entwicklung leistungsstarker Energiespeicher zu beschleunigen.



Automatisiert zur besseren Batterie: In den Laboren von Prof. Helge Stein mischen Roboter verschiedene aktive Pulver und Flüssigkeiten zu Batterie-Pasten, sogenannten Slurries. Diese werden anschließend auf eine Kupferfolie aufgetragen (oben). In Kombination mit weiteren Tests, KI-gestützter Datenauswertung und Temperaturanalysen beschleunigt das automatische System die Entwicklung leistungsstarker Batteriematerialien.

Heute die Welt von morgen gestalten

Die moderne Gesellschaft durch wissenschaftliche Innovationen ein Stück nachhaltiger zu machen, ist ein großes Ziel und Ansporn für die e-conversion-Forschenden. Gemeinsam stehen sie vor der Herausforderung, neue Materialien, Mechanismen und Methoden zu entwickeln, die in der Zukunft einen echten Impuls setzen können. Auch Jennifer Rupp ist überzeugt: „Jetzt ist die Zeit, groß zu denken und mutig zu handeln – uns immer wieder zu hinterfragen. Und manchmal muss man sich auch neu erfinden. Am Ende des Tages zählt für mich: Unsere Forschung sollte eine Wirkung erzielen.“ Und was das anbelangt, können die e-conversion-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler auf einige Erfolge zurückblicken. In der ersten Förderperiode des Exzellenzclusters sind fast 1.300 Publikationen (Stand Juli 2025) entstanden. Zudem wurden aus e-conversion heraus erfolgreich sieben Startups (siehe dazu auch das Interview mit Co-Gründer Dr. Andreas Weis von Qkera auf Seite 12) gegründet, die extrem breit gefächert sind – von Batterien über Katalyse und erneuerbare Treibstoffe bis hin zu innovativen Messtechniken. Die Ausgründungen zeigen die horizontale Ausrichtung des Exzellenzclusters über die Grenzen einzelner Technologien hinweg. Zur großen Freude des ganzen e-conversion-Teams ist seit dem 22. Mai 2025 klar: Die Erfolgsgeschichte von e-conversion wird weitergeschrieben – die nächste siebenjährige Förderperiode startet am 1. Januar 2026 mit neuer Energie. Die Basis von e-conversion 2.0 ist die Verknüpfung von Photovoltaik, Katalyse und Batterien, die Erforschung gemeinsamer fundamentaler Prinzipien und die Entwicklung neuer Anwendungen voranzutreiben. Ob Nanowissenschaft und Materialdesign, Hochdurchsatz-Screening und KI-gesteuertes Lernen: Das interdisziplinäre Team aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern arbeitet intensiv an entscheidenden Schnittstellen, um den Weg für die Energietransformation zu ebnen – und grünen Strom zu einem verlässlichen Partner zu machen.

Feststoffbatterien zum Durchbruch verhelfen

Höhere Energiedichten, mehr Sicherheit und eine längere Lebensdauer – das versprechen Feststoffbatterien. Sie gelten als einer der vielversprechendsten Ansätze, um Elektromobilität und Energiespeicherung der Zukunft auf ein völlig neues Niveau zu heben. Doch bis zur breiten Anwendung ist es noch ein weiter Weg. Im Interview erklärt Dr. Andreas Weis, Co-Founder und CTO des Münchner Startups Qkera, warum deren Entwicklung oxidkeramischer Festelektrolyte ein entscheidender Baustein sein könnte, um die Technologie nicht nur schneller, sondern auch zuverlässiger zur Marktreife zu bringen.



Was war die Initialzündung dafür, das Startup Qkera gemeinsam mit Prof. Jennifer L. M. Rupp zu gründen?

Man kann schon sagen, dass es Qkera wegen e-conversion gibt. Der Schlüsselmoment war ein Vortrag, den Jennifer in München gehalten hat, nachdem sie gerade an die TU München berufen worden war. Ich habe an meiner Doktorarbeit bei Prof. Thomas Bein an der LMU München gearbeitet. Thematisch habe ich mich in meiner Promotion mit der Nanostrukturierung von Dünnschichtfilmen befasst und damit, wie man sie kostengünstig aus Lösungen abscheiden kann. Jennifer nutzt zur Filmbildung einen Sprühprozess. Während eines mehrmonatigen Aufenthalts in ihrer Forschungsgruppe habe ich über dieses Verfahren viel gelernt. Als Team haben wir uns über die Forschungsmethoden und ihre Synergien gefunden, mit dem Ziel, keramische Filme nanostrukturiert im Rolle-zu-Rolle-Verfahren abzuscheiden. Mein Doktorvater Thomas Bein hat uns dazu ermutigt, das Startup zu gründen, weil er großes Potenzial in unserer Idee gesehen hat. Die Vernetzung im Exzellenzcluster war also in vielerlei Hinsicht sehr förderlich!

Seit Anfang 2024 gibt es Qkera offiziell. Was sind die Schwerpunkte des Unternehmens?

Als großes Ziel haben wir vor Augen, Feststoffbatterien zum Durchbruch zu verhelfen. Der entscheidende Unterschied zur bislang dominierenden Lithium-Ionen-Batterie ist, dass sie anstatt eines flüssigen einen festen Elektrolyten enthalten. Mit Qkera setzen wir genau hier an: Wir entwickeln Festelektrolyte auf Basis von Oxidkeramiken. Eingesetzt in Batterien könnten sie die Energiedichte um 30 bis 50 Prozent steigern – verglichen mit herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien. Zudem wollen wir ein skalierbares Herstellungsverfahren entwickeln, das mit bestehenden Rolle-zu-Rolle-Prozessen kompatibel ist und so auch entsprechend kostengünstig werden kann.

Was sind die Vorteile von Oxidkeramiken als Festelektrolyte in Batterien?

Ein großer Pluspunkt ist, dass sie sehr robust sind – auch in chemischer Hinsicht. Kaum eine Substanz kann ihnen etwas anhaben. Sie lassen sich im Gegensatz zu Sulfiden, die ebenfalls als Festelektrolyte in Frage kommen, ohne Reinraumbedingungen herstellen. Zudem sind sie sehr hart und können somit die Dendritenbildung, die auch bei Lithium-Ionen-Batterien auftritt, verhindern. Das stellt für neue Konzepte mit reinen Lithium-Anoden einen wichtigen Vorteil dar. Nachteilig ist, dass keramische Materialien spröde sind. Dies versuchen wir durch eine geringe Schichtdicke und eine genau abgestimmte Mikrostruktur, die wir mit unserem Verfahren erreichen, zu kompensieren.

Wie unterscheidet sich Qkeras Technologie von bisherigen Methoden?

Bislang werden Oxidkeramiken in einem Sinterprozess produziert. Das heißt, es braucht hohe Temperaturen und hohe Drücke, um solche Materialien zu erzeugen. Das sind die Hauptkostentreiber für Festelektrolyte. Mit unserem Verfahren sparen wir viel Energie, da es mit wesentlich niedrigeren Temperaturen auskommt. Zudem können wir sehr dünne und homogene Oxidschichten von nur zwei bis zehn Mikrometern Dicke herstellen, also materialsparend arbeiten. Um das zu erreichen, nutzen wir verschiedene gelöste Metallsalze als Vorstufen, sogenannte Precursor, und scheiden sie in einem speziellen Heiz- und Trocknungsprozess auf einem Substrat ab. Das kann ein poröses Glasfaser- oder Keramikgeflecht oder ein Polymerträger sein, um eine flexible Membran zu erhalten. Ein sehr gleichmäßiges und homogenes Kristallwachstum lässt sich durch die präzise Kontrolle von Trocknung und Verdichtung sicherstellen. Das ist das technologische Herzstück von Qkera und Resultat unserer Entwicklungsarbeit im letzten Jahr. Wir sind gut und schnell zu überzeugenden Ergebnissen gekommen – und ein technischer Meilenstein ist auf den anderen gefolgt.

Das klingt vielversprechend. Gibt es bereits Industrieunternehmen, mit denen Sie im Gespräch sind?

Ja, wir sind mit einem großen deutschen Batterie- sowie einem Autohersteller im Gespräch und definieren, wie eine Entwicklungspartnerschaft aussehen könnte. Die Unternehmen sind auf uns aufmerksam geworden, weil wir für unsere innovativen Ansätze bereits einige Preise gewinnen konnten; wir wurden zum Beispiel als eines der 25 besten Science-Startups weltweit beim Falling Walls Science Summit ausgezeichnet. Es ist unglaublich spannend und motivierend zu sehen, dass wir mit unserer Idee richtig liegen und es Interesse an unserer Technologie gibt.

Als Startup durchzustarten ist kein Selbstläufer. Was ist der Erfolgsschlüssel von Qkera?

Wir hatten zunächst das Glück, früh ein sehr gutes Team zu haben – und Business Angels aus unserem Bereich mit entsprechend hoher Expertise, die an uns glauben. Dann hat die TU München eine einzigartige Infrastruktur für Entrepreneurs: Wir sind bei UnternehmerTUM alle Schritte durchgegangen, was sehr wertvoll war. Besonders den XPRENEURS-Inkubator haben wir als extrem hilfreich empfunden und das Netzwerk, das wir zu anderen Startups darüber knüpfen konnten. Man profitiert so von einem großen Wissensschatz – sei es hinsichtlich der Gesprächsführung mit Investoren über die Zuwendungsoptionen öffentlicher Gelder bis hin zum Patentrecht. Zudem haben uns die TUM Venture Labs mit den Laborflächen einen Entwicklungsschub gegeben. Deswegen wollen wir auch weiter in Flächen dort investieren.

Wagen Sie einen Blick in die Zukunft: Wo sehen Sie Qkera in fünf Jahren?

Das ist eine spannende Frage. Ich bin von der Festkörperbatterie überzeugt und denke, dass sie ein unglaublich großes Potenzial hat. Es wäre ein Traum, wenn wir in Europa eine Batterie bauen könnten, die kompetitiv mit asiatischen Konzepten ist. Aber ich bin auch realistisch: Wir entwickeln aus der Forschung heraus. Es ist eine wahnsinnig komplexe Herausforderung und sicherlich noch ein weiter Weg. Allerdings haben wir bereits wichtige Meilensteine erreicht – sei es mit Kunden wie auch im Labor. Was mich sehr optimistisch stimmt, ist der Skalierungsprozess. Wir haben angefangen mit Filmen von einem Quadratzentimeter Fläche und haben in unter einem Jahr die Fläche schon jetzt mehr als verzwanzigfacht! Damit ist tatsächlich eines der größten Probleme dieser Materialklasse für die industrielle Anwendung gelöst.

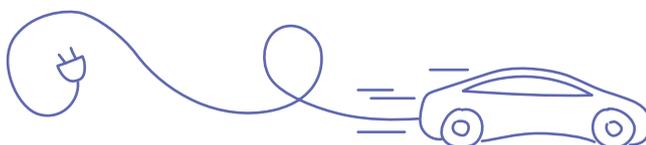
Qkera: Batterien der nächsten Generation



Festkörperbatterien neu gedacht: Das Team von Qkera stellt oxidkeramische Festelektrolyte her, die sich mit industriellen Verfahren verarbeiten lassen (von links: Steffen Weinmann, Lea Schulz, Dr. Andreas Weis, Marcel Arnold, Prof. Jennifer Rupp).

Das Münchner Startup Qkera, 2023 gegründet von Prof. Dr. Jennifer L. M. Rupp und Dr. Andreas Weis, entwickelt innovative Festelektrolyte auf Basis von Lithium-leitenden Oxidkeramiken. Die Materialien sind nicht entflammbar, kommen ohne seltene Erden aus und ermöglichen eine bis zu 50 Prozent höhere Energiedichte als herkömmliche Lithium-Ionen-Batterien. Ein zentraler Fokus liegt auf der Skalierbarkeit: Die Herstellung ist mit industriellen Rolle-zu-Rolle-Verfahren kompatibel und energieeffizient. Damit eignet sich die Technologie für Anwendungen in den Bereichen der Elektromobilität, tragbarer Elektronik und stationärer Speicher. Für diesen Ansatz wurde Qkera bereits international ausgezeichnet – unter anderem als eines der weltweit besten wissenschaftlichen Startups beim Falling Walls Summit 2023.

Mehr Infos unter:
www.qkera.com



News

Kurz & knapp: die Vielfalt der e-conversion-Forschung



Das Leitungsteam des weltweit ersten Solarbatterie-Zentrums (v. l.): Prof. Jennifer L. M. Rupp, Prof. Bettina V. Lotsch, Prof. Karsten Reuter.

Das weltweit erste Zentrum für Solarbatterien und optoionische Technologien entsteht in Bayern. Die TU München und die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) haben dafür mit Unterstützung des Bayerischen Wirtschaftsministeriums die Weichen gestellt. Mit dem SolBat-Zentrum soll ein einzigartiges Forschungsökosystem aufgebaut werden, um neuartige Energiespeicher zu erforschen und Anwendungen zu entwickeln, um Solarenergie noch effizienter und flexibler nutzen zu können. Im Mittelpunkt stehen Solarbatterien (siehe auch Titelstory ab Seite 4), die noch weitgehend unerforscht sind. Sie vereinen Solarzellen und Batterien in einem Bauteil und können die Energie von Sonnenlicht direkt elektrochemisch speichern – ohne den Umweg der Umwandlung in Elektrizität. Die Optoionik – eine Querschnittswissenschaft zwischen Optoelektronik und Festkörperionik, die sich mit der Kontrolle von Ionen durch Licht beschäftigt – lässt enormes Potenzial für diverse solare und optische Anwendungstechnologien erwarten.

Die Leitung des neuen SolBat-Zentrums übernehmen Prof. Jennifer L. M. Rupp, Inhaberin des Lehrstuhls für Festkörperelektrochemie an der TU München sowie Fellow am Fritz-Haber-Institut (FHI) der MPG in Berlin, Prof. Karsten Reuter, Direktor am FHI und Distinguished Affiliated Professor an der TU München, sowie Prof. Bettina V. Lotsch, Direktorin am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart und Honorarprofessorin an der LMU München und der Universität Stuttgart. Alle drei sind auch Vorstandsmitglieder des Exzellenzclusters e-conversion, auf dessen Ergebnissen, Expertennetzwerk und interdisziplinärer Grundlagenforschung das neue Zentrum maßgeblich aufbaut. Jennifer Rupp betont: „Die Verschmelzung von Solar- und Batterietechnologien wird eine neue Dimension für die Zukunft der nachhaltigen Energieversorgung eröffnen. Das Konzept unseres weltweit einzigartigen Zentrums setzt auf eine enge Verzahnung von Grundlagenforschung und Technologieentwicklung. Wir sehen hier die Chance, Energiesysteme deutlich kompakter und effizienter zu gestalten.“ Bayerns Wirtschaftsminister

Hubert Aiwanger gab bekannt, dass der Freistaat das SolBat-Zentrum mit bis zu acht Millionen Euro fördert: „Wir stehen heute vor nie dagewesenen Herausforderungen in den Bereichen Energie und Nachhaltigkeit. Um neue Energielösungen zu entwickeln, sind moderne Materialien ebenso wichtig wie neue Konzepte zur Energiekonversion und -speicherung. Ich bin überzeugt, dass die SolBat-Initiative starke Lösungsbeiträge für den massiv gestiegenen Energiespeicherbedarf der Zukunft leisten wird. Mit unserer finanziellen Unterstützung von Infrastrukturmaßnahmen am Standort Garching der TU München tragen wir dazu bei, Bayern an der Innovationspitze der solaren Energiespeicherung zu positionieren.“

Optoionik: ein neuer Forschungszeitweig mit Potenzial

Im Fokus des Zentrums steht die Optoionik. Bettina Lotsch erläutert: „Die Optoionik ermöglicht uns nicht nur die Verbesserung lichtgesteuerter Prozesse in Energiematerialien, sondern auch die Herstellung neuartiger Energiesysteme an der Schnittstelle zwischen Batterien und Photovoltaik, die als direkte Lichtspeicher fungieren. Die Optoionik ist ein Schlüsselfaktor, um die Effizienz von Solarbatterien und die Funktionalität zukünftiger Energiesysteme erheblich zu steigern.“ Von der Forschung des Zentrums versprechen sich die Beteiligten zudem neue Impulse für die Photokatalyse, Sensorik und Künstliche Intelligenz (KI). Karsten Reuter hebt die Bedeutung der theoretischen Modellierung für die Entwicklung von Solarbatterien hervor: „Mit Hilfe präziser Simulationen können wir die komplexen Wechselwirkungen zwischen Licht und Ionenbewegungen in den Materialien besser verstehen. Dieses Verständnis wird von Anfang an in KIs einfließen, die zunehmend die Planung der Experimente übernehmen werden, um Materialien und Prozesse gezielt zu optimieren und neue Funktionalitäten zu erschließen.“ Der Ansatz des SolBat-Zentrums, experimentelle, theoretische und KI-basierte Forschung zu kombinieren und die gesamte Wertschöpfungskette bis hin zur Entwicklung von Bauteilen zu berücksichtigen, schafft eine einzigartige Innovationsplattform für die nächste Generation von Energiespeichern.

Partnerschaft und Unterstützung

Das SolBat-Zentrum ist das Ergebnis einer gleichberechtigten strategischen Zusammenarbeit von TU München und Max-Planck-Gesellschaft, gefördert durch die bayerische Staatsregierung. TUM-Präsident Prof. Thomas F. Hofmann betont: „Das Zentrum ist in seiner Struktur einzigartig. Es soll Bayern und Deutschland international als Innovationsführer im Bereich der solaren Energiespeicherung positionieren. Dabei profitiert es von der hervorragenden Energieforschungslandschaft am Campus Garching, wie dem von der DFG geförderten Exzellenzcluster e-conversion, dem Walter Schottky Institut der TU München (Zentrum für Nanotechnologie und Nanomaterialien) und TUMint.Energy Research.“ Das SolBat-Zentrum leistet Pionierarbeit auf dem Gebiet der Energieforschung und versteht sich als Innovationsmotor für die Energiewende 2.0.

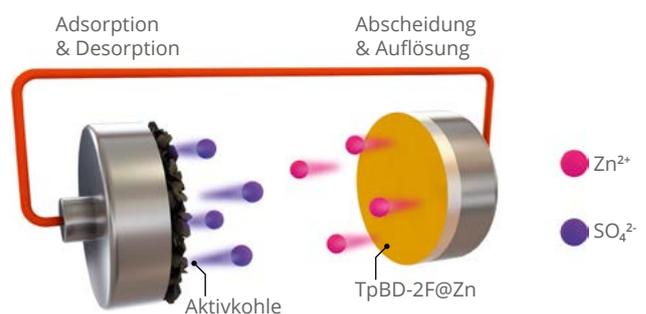
Dieses Material funktioniert wie ein Sonnenspeicher: Es fängt Sonnenlicht ein und liefert auch Stunden nach Sonnenuntergang noch Energie. Die eingefangene Sonnenenergie lässt sich im Dunkeln zur Stromversorgung nutzen. Erstmals ist es gelungen, Lichtnutzung und Langzeitspeicherung in einem metallfreien molekularen Gerüstmaterial zu vereinen – einem leichten und nachhaltigen System, das die Funktionen einer Solarzelle und einer Batterie vereint. Forschende der TU München, des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung in Stuttgart und der Universität Stuttgart haben eine hochporöse, zweidimensionale organische Gerüstverbindung (COF) auf Basis von Naphthalendiimid entwickelt. Es absorbiert Sonnenlicht, stabilisiert die dabei entstehenden Ladungen und ermöglicht eine Energiespeicherung von über 48 Stunden im wässrigen Medium. Die gespeicherten Ladungen bleiben stabil und können gezielt zur Stromversorgung genutzt werden. „Dieses Material hat eine Doppelfunktion: Es wirkt als Sonnenlicht-Absorber und Langzeit-Ladungsspeicher“, sagt Dr. Bibhuti Bhusan Rath,



Solarbatterien: Dr. Bibhuti Bhusan Rath untersucht die langfristige Speicherung von Ladungen in organischen Gerüstverbindungen (COFs).

Der Umstieg auf erneuerbare Energien erfordert effiziente Methoden zur Speicherung großer Mengen Strom. Forschende der TU München haben eine neue Methode entwickelt, die die Lebensdauer von wässrigen Zink-Ionen-Batterien um ein Vielfaches verlängern könnte. Statt nur einige Tausend sollen sie künftig mehrere Hunderttausend Lade- und Entladezyklen überstehen. Der Schlüssel zu dieser Innovation ist eine spezielle Schutzschicht für die Zink-Anoden der Batterien. Sie behebt bisherige Probleme, wie das Wachstum von Zink-Dendriten sowie unerwünschte chemische Nebenreaktionen, die Wasserstoffbildung und Korrosion verursachen. Die Forschenden um Prof. Roland A. Fischer verwenden hierfür ein besonderes Material: ein poröses organisches Polymer namens TpBD-2F. Es bildet einen stabilen, hauchdünnen und hochgeordneten Film auf der Zink-Anode, der Zink-Ionen durch Nanokanäle sehr effizient fließen lässt und gleichzeitig Wasser von der Anode fernhält. Da Lei, Doktorand in Fischers Team, erklärt: „Zink-Ionen-Batterien mit dieser neuen Schutzschicht könnten Lithium-Ionen-Batterien bei der Speicherung von Energie in großem Maßstab ersetzen – etwa in Kombination mit Solar- oder Windkraftanlagen. Sie halten länger, sind sicherer und Zink ist zudem günstiger

Postdoktorand im Team von Prof. Bettina Lotsch, Direktorin am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung. „Seine Leistungsfähigkeit übertrifft die vieler existierender optoionischer Materialien – und das ganz ohne Metalle oder seltene Elemente.“ Mittels moderner optischer, elektrochemischer Methoden und Simulationen zeigte sich: Wasser stabilisiert die gespeicherten Ladungen. Diese beeinflussen die Orientierung der Wassermoleküle, was eine energetische Barriere gegen Rekombination schafft. So bleibt die Energie für eine spätere Nutzung erhalten. Das Material erreicht eine Kapazität von 38 mAh/g und übertrifft damit vergleichbare Materialien. Der theoretische Mechanismus wurde gemeinsam mit dem Team um Prof. Frank Ortmann (TU München) aufgeklärt. In Simulationen untersuchten sie Szenarien zur Ladungsstabilisierung und kooperierten eng mit den experimentell arbeitenden Forschenden, um das Zusammenspiel zwischen COF-Struktur, elektronischen Zuständen und der Wasserumgebung zu verstehen. „Was dieses Systems auszeichnet, ist seine Einfachheit und Robustheit“, so Ortmann. „Es kann lichtinduzierte Ladungen in einem stabilen Zustand speichern – dank des fein abgestimmten Zusammenspiels von Moleküldesign, Gerüststruktur und umgebender Matrix – und sie bei Bedarf wieder freisetzen.“ Zudem zeigt das System eine hervorragende Zyklenstabilität: Nach zehn Ladezyklen blieb über 90 Prozent der Kapazität erhalten – ein starkes Argument für den Einsatz als Solarbatterie. „Diese Arbeit zeigt das Potenzial organischer Gerüstmaterialien, gezielt für fortschrittliche Energieanwendungen angepasst zu werden“, sagt Lotsch. „Das ist ein bedeutender Schritt in Richtung nachhaltiger, materialbasierter Energiespeicherlösungen und autarker Anwendungen.“



und einfacher verfügbar als Lithium.“ Lithium bleibt zwar erste Wahl für mobile Anwendungen, doch für den großflächigen Einsatz zur Energiespeicherung ist es weniger attraktiv. Fischer ergänzt: „Das ist ein wirklich spektakuläres Forschungsergebnis. Wir konnten zeigen, dass der erdachte chemische Ansatz funktioniert und gezielt steuerbar ist. Wir haben schon einen ersten Prototyp im Format einer Knopfzelle entwickelt. Ich sehe keinen Grund, warum sich unsere Erkenntnisse nicht auch auf größere Anwendungen übertragen ließen. Jetzt sind Ingenieurinnen und Ingenieure gefragt, die Idee aufzugreifen und passende Produktionsverfahren zu entwickeln.“

News

Kurz & knapp: die Vielfalt der e-conversion-Forschung

Forschende der LMU München und TU München haben eine Methode entwickelt, um poröse, DNA-basierte Nanostrukturen vielseitig einsetzbar zu machen. Die Technik verbindet Nass- und Trockenchemie und erweitert die Anwendungsmöglichkeiten von 3D-DNA-Origami erheblich. Das Verfahren und seine Potenziale beschreiben die Teams um Prof. Tim Liedl, Prof. Thomas Bein (beide LMU München) und Prof. Ian Sharp (TU München) in einem Fachartikel. Im Zentrum stehen poröse Strukturen mit exakt definierbaren Porengrößen – relevant für Energiespeicherung, Elektrokatalyse und Photonik. Die Herstellung solcher Strukturen in großem Maßstab gelingt durch Selbstorganisation von DNA-Bausteinen in wässriger Lösung. Das Team um Prof. Liedl setzt dafür seit Jahren auf die DNA-Origami-Technik. „Die Crux ist: Um die komplexen Nanomaterialien präzise mit Metalloxidschichten zu funktionalisieren, sind Prozesse der Trockenchemie notwendig – sowie hohe Temperaturen. Diese können zu ungünstigen Spannungen im 3D-Gerüst führen“, erklärt Arthur Ermатов, Doktorand bei Prof. Liedl. Zuvor nutzte man Schutzschichten aus Siliziumdioxid. „Wir haben jetzt ein Verfahren entwickelt, bei dem wir mithilfe der überkritischen Trocknung die Strukturen schonend aus der wässrigen Lösung extrahieren“, sagt Ermатов. „Wir können die DNA-Kristalle konservieren und erhalten ihre komplexe, offene Struktur.“ Die getrockneten Nanostrukturen lassen sich mit Atomic Layer Deposition gleichmäßig und zerstörungsfrei mit Metallen und Metalloxiden beschichten. Als Proof-of-Concept beschichtete Melisande Kost (LMU München) die Kristalle

mit Iridiumoxid und testete deren katalytische Leistungsfähigkeit: „Die effizienteste Methode zur elektrokatalytischen Wasserstoffproduktion erfordert die seltene Verbindung Iridiumoxid als Katalysator. Daher sind präzise beschichtete Nanostrukturen unabdingbar“, erklärt sie. Das Material zeigte eine deutlich gesteigerte Wasserstoffproduktion und blieb unter Reaktionsbedingungen stabil. „Unsere Methode eröffnet völlig neue Möglichkeiten im Materialdesign für die Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse“, betont Prof. Liedl. Die Technik ist robust und bietet Perspektiven für maßgeschneiderte Nanomaterialien.



Ergebnisse diskutieren: Melisande Kost (links) und Arthur Ermатов (rechts) besprechen die aufgenommenen Röntgenspektren (sichtbar auf dem Bildschirm), mit denen sich die auf den Kristallen deponierten Materialien beschreiben lassen.

Der Photosynthese liegt eine besonders effiziente Energieumwandlung zugrunde. Um chemische Energie zu erzeugen, muss zunächst das Sonnenlicht aufgefangen und weitertransportiert werden. Das erfolgt praktisch verlustfrei und extrem schnell. Eine neue Studie der TU München um Erika Keil und Prof. Jürgen Hauer zeigt nun, dass photosynthetische Organismen sich beim Einfangen von Sonnenlicht quantenmechanischer Vorgänge bedienen, wie Prof. Hauer erläutert: „Wenn Licht in

einem Blatt absorbiert wird, ist die elektronische Anregung über mehrere Zustände verteilt; man spricht von einer sogenannten Superposition. Das ist die erste Stufe eines verlustfreien Energietransfers innerhalb der Moleküle und eines effizienten Weitertransports der Sonnenenergie. Die Quantenmechanik ist hier zentral, um die ersten Schritte des Energie- und Ladungstransfers zu verstehen.“ Dieser mit den Mitteln der klassischen Physik nicht nachvollziehbare Vorgang findet ständig in Grünpflanzen oder photosynthetischen Bakterien statt. Die genauen Mechanismen sind immer noch nicht vollständig entschlüsselt. Die TUM-Forschenden sehen ihre Studie als wichtige neue Grundlage für die Bestrebungen, die Funktionsweise von Chlorophyll zu klären und für künstliche Photosyntheseeinheiten nutzbar zu machen. Die Forschenden untersuchten für die Studie zwei konkrete Ausschnitte des Lichtspektrums, in denen Chlorophyll Licht absorbiert: den energiearmen Q-Bereich (gelb-grün bis rot) und den energiereichen B-Bereich (im blauen Spektrum). Der Q-Bereich besteht dabei aus zwei verschiedenen elektronischen Zuständen, die quantenmechanisch gekoppelt sind. Diese Kopplung führt zu extrem schnellem Energietransport im Molekül. Danach beruhigt sich das System durch Abkühlung, indem es Energie in Form von Wärme abgibt. Die Studie zeigt, dass quantenmechanische Effekte auch biologisch relevante Prozesse entscheidend beeinflussen können.



Energietransport im Blattgrün: Erika Keil und Prof. Jürgen Hauer zeigen mit ihrer Studie, dass quantenmechanische Effekte im pflanzlichen Chlorophyll (gewonnen aus Tiefkühlspinat) eine Rolle spielen.

Redoxreaktionen sind zentrale Prozesse des Lebens. Ohne sie gäbe es weder Zellatmung noch Photosynthese. Auch für chemische, biochemische und energiebezogene Anwendungen sind sie entscheidend. Ein Team um die LMU-Chemikerin Prof. Ivana Ivanović-Burmazović, Mitglied im Exzellenzcluster e-conversion, und Prof. Dirk Guldi (FAU Erlangen-Nürnberg) ist es nun mithilfe einer innovativen Methode erstmals gelungen, zwischen zwei zusammenhängenden Reaktionsmechanismen zu unterscheiden. Ihr Werkzeug: hoher Druck.

Bei Redoxreaktionen werden Elektronen zwischen Molekülen übertragen. Da Elektronen eine negative Ladung tragen, kann sich dadurch die Ladung der Reaktionspartner ändern, was energetisch ungünstig ist. Um dies zu vermeiden, hat die Natur eine elegante Lösung gefunden: Oft wird die Übertragung von Elektronen an die von positiv geladenen Protonen gekoppelt. Bei dieser sogenannten protonengekoppelten Elektronenübertragung (PCET) entsteht keine Ladungsänderung – der effizienteste Mechanismus, um eine Redoxreaktion ablaufen zu lassen. Dabei gibt es zwei mögliche Mechanismen: Entweder werden Elektronen und Protonen gleichzeitig (konzertiert) übertragen oder die Übertragung erfolgt stufenweise, also getrennt nach Elektronen und Protonen. „Um diese Prozesse optimieren zu können, muss man die genauen Mechanismen kennen“, sagt Ivanović-Burmazović. „Bisher gab es allerdings keine direkte Methode, um die beiden Möglichkeiten zweifelsfrei zu unterscheiden. Hier setzt unsere Arbeit an.“ Untersucht wurde die lichtinduzierte Reaktion eines photosensitiven Moleküls in Lösung. Das Analyserwerkzeug: hoher Druck – bis zu 1.200 Atmosphären. „Unsere

Ergebnisse zeigen: Den Effekt von Druck auf die Reaktionsgeschwindigkeit zu messen ermöglicht direkte Rückschlüsse auf die Mechanismen“, so Ivanović-Burmazović. Bleibt die Geschwindigkeit unverändert, handelt es sich um eine konzertierte Reaktion. Verändert sie sich, spricht das für einen stufenweisen Ablauf.

Zur Überraschung des Teams ließ sich der Mechanismus durch Druck sogar gezielt beeinflussen: „Indem wir den Druck erhöhten, konnten wir die Reaktion von einem stufenweisen Mechanismus in Richtung eines konzertierten Mechanismus lenken“, erklärt Ivanović-Burmazović. Die Studie liefert neue Einblicke in fundamentale Prozesse der Elektronen- und Protonenbewegung und hat großes Potenzial für Anwendungen in der Redoxkatalyse, der solaren Brennstoffproduktion und der Energiespeicherung.



Expertin für Hochdruck: Prof. Ivana Ivanović-Burmazović arbeitet mit hohem Druck, um Reaktionsgeschwindigkeiten zu untersuchen.

Ehrungen & Preise 2024/2025

Prof. Bettina V. Lotsch (Max-Planck-Institut für Festkörperforschung) erhielt den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis 2025 und wurde damit für ihre herausragenden wissenschaftlichen Beiträge auf dem Gebiet der Festkörperchemie geehrt. Zudem erhielt sie den Remsen Award der ACS Maryland Section. Der Preis ist benannt nach Ira Remsen, der sich für höchste Standards in Lehre und Forschung in der Chemie einsetzte.

Prof. Jennifer L. M. Rupp (TU München) wurde 2024 in die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina aufgenommen. Sie bereichert die Sektion Technikwissenschaften mit ihrem herausragenden Fachwissen. Zudem wurde Rupp für die nächsten fünf Jahre zum Max-Planck-Fellow am Fritz-Haber-Institut in Berlin ernannt. Dieser Ehrentitel stärkt die Verbindung zur Max-Planck-Gesellschaft. Die TUM-Professorin wurde zur Vizepräsidentin der International Society for Solid State Ionics (ISSI) für die Jahre 2024 und 2025 sowie zur Präsidentin der Jahre 2026 und 2027 gewählt. Jennifer Rupp wurde weiterhin von der American

Ceramic Society mit dem Richard M. Fulrath Award ausgezeichnet für herausragende Leistungen in den Keramikwissenschaften und der Materialforschung.

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker zeichnete **Prof. Roland A. Fischer** (TU München) mit dem Wilhelm-Klemm-Preis 2025 aus. Gewürdigt werden insbesondere seine herausragenden und wegweisenden Beiträge zu metall-organischen Netzwerken (MOFs) sowie sein vielfältiges Engagement in Forschung, Lehre und Wissenschaftspolitik.

Prof. Barbara A.J. Lechner erhielt im November 2024 den Ernst-Haage-Preis der Mülheimer Max-Planck-Institute.

Die Nachwuchsforscherin **Dr. Fuzhan Rahmanian**, Postdoktorandin bei Prof. Jennifer Rupp an der TU München, erhielt den renommierten ZEISS Women Award 2024 in der Kategorie Digital Research.

Am Puls der Spitzenforschung

Rückblick: e-conversion Cluster-Konferenz und CeNS-Workshop in Venedig



Wissen austauschen, über Forschung diskutieren, den Horizont erweitern. Die gemeinsame Veranstaltung des Exzellenzclusters e-conversion und des Center for NanoScience (CeNS) vom 23. – 26. September 2024 bot dafür die optimale Plattform. Zudem brachte sie junge Forschende mit erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Bereichen Physik und Chemie zusammen, die einen Überblick über ihre aktuellen Projekte gaben.

„Wir konnten eine beeindruckende Reihe hochkarätiger Fachleute aus aller Welt gewinnen, die ein vielfältiges, für unsere Forschenden höchst relevantes Themenspektrum abdeckten“, erklärt Prof. Frédéric Laquai (LMU München), der im Programmkomitee mitwirkte. Der Tagungsort – die Insel San Servolo in der Lagune Venedigs – hätte kaum attraktiver sein können: Per Vaporetto kamen die rund 140 Teilnehmenden in die historischen Gebäude des ehemaligen Klosters, die heute die Venice International University (VIU) beherbergen. „Der beeindruckende Konferenzort und die perfekte Workshop-Organisation haben bei mir einen bleibenden Eindruck hinterlassen“, ergänzt Laquai.

Gemeinsam mehr bewegen

Einigen war der Konferenzort bereits bekannt, denn im Herbst 2022 fand dort die erste e-conversion-Konferenz statt. „Es fühlte sich nicht nur deswegen ein wenig an wie nach Hause zu kommen“, sagt Prof. Bettina V. Lotsch, Direktorin am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung und Sprecherin von e-conversion 2.0. „Die e-conversion-Gemeinschaft ging aus der Münchner Nanowissenschafts-Community hervor – und es war

großartig zu sehen, wie sich die Forschenden hier wieder treffen und austauschen konnten!“ Das Center for NanoScience (CeNS) wurde 1998 an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München als eines der ersten nanowissenschaftlichen Netzwerke weltweit gegründet. Einige e-conversion-Mitglieder sind ebenfalls in CeNS vertreten – daraus ergab sich ein enorm vielfältiges Programm.

Eine Tagung – viele Facetten

Breit gefächert wie die Forschungsfelder von e-conversion und CeNS waren die Vorträge der viertägigen Konferenz. Ein Themenschwerpunkt waren die aktuellen Fortschritte in der Materialwissenschaft und der physikalischen Chemie, die sich beispielsweise mit innovativen Methoden zur Kohlendioxid-Abscheidung und -Umwandlung durch Sonnenlicht, Simulationen von elektrochemischen Systemen sowie dem Ladungstransport in polymeren Materialien befassten. Zudem wurden auf der Tagung wegweisende Entwicklungen in der Katalyseforschung wie zum Beispiel programmierbare Katalysatoren vorgestellt. Ein Fokus lag außerdem auf neuen Materialien wie den Perowskit-Kristallen, die für Solarzellentechnologien enorme Fortschritte bringen. „Die Qualität der Vorträge war wirklich beeindruckend“, betont Prof. Ian Sharp (TU München), der ebenfalls für das Konferenzprogramm mitverantwortlich war. „Diese boten nicht nur grundlegende Einführungen in die jeweiligen Fachgebiete, sondern auch inspirierende wissenschaftliche Fortschritte. Die komplementäre Breite der Vorträge regte viele fruchtbare Diskussionen an und verdeutlichte die potenziellen Synergien, die sich aus der interdisziplinären Forschung ergeben.“

Forschung im Fokus: Für Prof. Bettina Lotsch (links, 3. v. l.) war die Konferenz dank ihres vielfältigen Programms ein perfekter Ort zum Austausch. Bei Poster-Sessions präsentierten Nachwuchsforschende wie Nina Miller (oben r.) ihre Ergebnisse. Zudem war das Startup Qlibri (mitte r.) vor Ort.



Wertvolle Impulse und Anknüpfungspunkte

Die Präsentationen der internationalen Sprecherinnen und Sprecher thematisierten mit Konzepten für lichtbasierte Energiespeicher und KI-gestützte Simulationen von Quanten(bio)molekülen aktuelle Fortschritte im Bereich der Nanophotonik und Quantenforschung. Zudem befassten sich Vorträge mit innovativen Methoden zum Design von Proteinmaterialien und dem Einsatz von DNA-Origami. Ergänzt wurden die Fachvorträge durch Poster Flash Talks von Nachwuchsforschenden. Zudem gaben zwei Poster-Sessions jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Gelegenheit, ihre Projekte mit den anwesenden Fachleuten zu diskutieren. „Die aktive Beteiligung der Nachwuchsforschenden in Form von Kurzvorträgen, Posterpräsentationen und Diskussionen war besonders wichtig für die lebendige und intellektuell anregende Atmosphäre der Konferenz“, erklärt Sharp. Insgesamt boten sich während der Tagung viele Gelegenheiten zum wissenschaftlichen Austausch, Netzwerken und zu persönlichen Gesprächen.



„Für mich war die Konferenz eine sehr angenehme Erfahrung. Auch von den Studierenden habe ich ein sehr positives Feedback erhalten“, sagt Prof. Christopher Stein (TU München), der auch dem Programmkomitee angehörte. „Das Niveau der Präsentationen war einfach unglaublich, sodass man wirklich sagen

kann: Der Veranstaltungsort hat eine fantastische, vielfältige Auswahl an Rednerinnen und Rednern angezogen. Es hat mich sehr gefreut, so viele Diskussionen zwischen den Teilnehmenden und den Referentinnen und Referenten zu sehen. Ich hoffe, dass wir diese Veranstaltung bald wieder anbieten können“, fasst Stein seine Eindrücke zusammen.

Wir freuen uns auf die nächste Cluster-Konferenz im September 2025. Diesmal trifft sich die e-conversion-Community in Tutzing und tauscht sich dort über die Forschungs-Highlights aus – und bringt mindestens ebenso viel Energie mit, um den Exzellenzcluster ab 2026 erfolgreich fortzusetzen!

Hochkarätige Vorträge und inspirierende Gespräche: Die gemeinsame Konferenz von e-conversion und CeNS in Venedig bot den Forschenden ein breites Themenspektrum und vielfältige Möglichkeiten zum Austausch – und das bei herrlichem Wetter und vor traumhafter Kulisse.



Netzwerken. Diskutieren. Lernen.

e-conversions Industry Day e-Connect im Rückblick



Expertenvorträge, Startup-Talks, Poster-Sessions und Diskussionen: Die e-Connect-Veranstaltung kreierte eine inspirierende Atmosphäre für alle Teilnehmenden und zeigte, dass starke Partnerschaften die Energiewende vorantreiben.

Rückblick e-Connect 2025: Forschung trifft Wirtschaft

Was braucht es, damit eine wissenschaftliche Idee den Sprung zur marktreifen Technologie schafft? Wie agieren erfolgreiche Startups und was zeichnet gelungene Industriepartnerschaften aus? Antworten auf diese und mehr Fragen gab der von e-conversion organisierte Industry Day *e-Connect*, der am 27. März 2025 im Galileo Conference Center auf dem Forschungscampus Garching stattfand. Rund 90 Teilnehmende aus Forschung und Industrie, Startup-Community und Technologietransfer kamen zur Veranstaltung, die eindrucksvoll zeigte, wie anwendungsinspirierte Grundlagenforschung und unternehmerisches Denken in der Industrie ineinandergreifen können. In Fachvorträgen und Startup-Talks, Poster-Sessions und Diskussionen wurde deutlich: Damit die Energiewende gelingt, braucht es genau diese Verlinkung. Zum Auftakt gab Cluster-Sprecher Prof. Achim Hartschuh (LMU München) einen prägnanten Überblick über e-conversion 1.0 und das Ziel des Exzellenzclusters, grundlegende Prozesse der Energieumwandlung auf molekularer Ebene zu verstehen. Dazu trägt auch die einzigartige Forschungsinfrastruktur bei, die die Münchner Universitätslandschaft bietet.

Vision für e-conversion 2.0

Einen Ausblick auf die Zukunft des Clusters zeichnete Prof. Jennifer Rupp (TU München), die für die Fortsetzung von e-conversion als Cluster-Sprecherin vorgesehen ist. Sie hob die globalen Herausforderungen hervor, die der weltweit steigende Energiebedarf mit sich bringt und die Dringlichkeit, dass Energie speicherbar, nachhaltig und breit verfügbar sein muss. Dafür braucht es laut Rupp nicht weniger als eine *Green Energy Tech-Revolution*: Viele der heute genutzten Materialien wurden vor über 50 Jahren entwickelt, unterstrich die TUM-Professorin, und die nächste Generation an Energiematerialien muss jetzt erforscht werden. e-conversion bietet dafür eine hervorragende Plattform, entwickelt neue Konzepte wie Solar-Batterien und Optoionics und zeigt Wege, Batterien radikal anders zu denken. Die Entwicklung von *Deep Tech*-Startups ist ein wichtiger Teil des Erfolgsrezepts, denn sie schlagen eine Brücke zwischen Forschung und Markt. Dazu tragen Initiativen wie der Batterie-Startup-Inkubator an der TU München bei.

Erfolgreiche Startups und Industriepartnerschaften

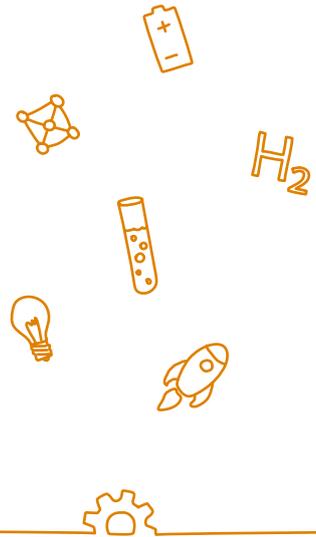
Chiara Turrina von den TUM Venture Labs stellte das weitreichende Unterstützungsnetzwerk für Gründerinnen und Gründer vor. Die Initiative der TU München und UnternehmerTUM bietet ein umfassendes Ökosystem mit moderner Infrastruktur, zwölf thematischen Venture Labs und versteht sich als Sprungbrett für Deep Tech und Life Science Entrepreneurship von der Idee bis zum Markteintritt. In kurzen Talks präsentierten Startup-Gründer Dr. Andreas Weis (Qkera), Christoph Gruber (iNSyT) und Prof. Dominik Bucher (Quantum Sensors) ihre Unternehmergeschichten, Herausforderungen



und Erfolge – und gaben authentische Eindrücke in ihre Startups. Zudem gewährten die Sprecherinnen und Sprecher aus der Industrie wertvolle Einblicke in ihre Strategien und Kooperationspotenziale: So beleuchtete Dr. Simon Anniés (PULSETRAIN GmbH) Multilevel-Batterien und Herausforderungen entlang der Batteriewertschöpfungskette – von First- bis Second-Life-Nutzung und technischen Aspekten wie MOSFETs. Dr. Johanna Poschenrieder (Wacker Chemie AG) zeigte strategische Anknüpfungspunkte in der Elektrochemie auf und berichtete von der Zusammenarbeit mit Startups. Dr. Daniel Böhm und Dr. Julius Hornung (Freudenberg ePower Systems) präsentierten neuartige Herstellungsverfahren für Elektroden und Katalysatoren – von der Tinte bis zur MEGA-Produktion. Über die wirtschaftliche Bedeutung geistigen Eigentums für Forschung, Gründung und Förderung – ein oft unterschätztes, aber zentrales Thema – referierte Dr. Raphael Tautz (Tautz & Schuhmacher Patentanwälte PartGmbH). Zudem berichtete Patricia Hornstein (TUM School of Management) über die Relevanz nachhaltiger Führung. Andrea Capogrosso stellte das H₂-Reallabor Burghausen vor und schilderte die Herausforderungen, die die Transformation zu grünem Wasserstoff mit sich bringen.

Impulse und Inspiration

Während der Poster-Session sowie den Kaffee- und Essenspausen in lockerer Atmosphäre boten sich viele Gelegenheiten zum Netzwerken und wissenschaftlichen Austausch. Mit viel positivem Feedback, neuen Kontakten und zahlreichen Impulsen für zukünftige Kooperationen zeigte sich, wie erfolgreich e-conversion als Plattform zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung bereits ist – und wie wichtig es ist, dass Wissenschaft, Wirtschaft und Unternehmergeist für die Energiewende am gleichen Strang ziehen.



Forschungsimpulse für Quantensensorik und -mikroskopie

Forschen bedeutet, neue Wege zu entdecken – und auch Ideen umzusetzen, die auf den ersten Blick unkonventionell erscheinen. Dafür brauchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Auszeit vom Alltag sowie finanzielle Unterstützung. Das **Hans Fischer Senior Fellowship** der TU München ebnet genau solchen Vorhaben den Weg. Es richtet sich an exzellente internationale Forschende, die mit einer Forschungsgruppe der TU München oder der LMU München ein gemeinsames Projekt realisieren möchten. Die Fellows erhalten unter anderem ein dreijähriges Stipendium, das einen mindestens neunmonatigen Aufenthalt bei der Münchner Partnerinstitution vorsieht. Das Hans Fischer Senior Fellowship ist Teil des umfangreichen Programms des TUM Institute for Advanced Study (IAS). Ende 2024 waren die Forschungsgruppen um Prof. Dominik Bucher (TU München) und Prof. Jennifer Rupp (TU München) Gastgeber für zwei Hans Fischer Fellows:



Prof. Sossina Haile ist an der Northwestern University (USA) tätig und forscht dort an Brennstoffzellen, Batterien, thermochemischer Wasserstoffproduktion und anderen Energieumwandlungssystemen. Ihre Forschungsgruppe untersucht Ionen-Transportmechanismen und elektrochemische Reaktionswege, um eine hohe Effizienz in Energietechnologien zu erreichen. Die Zusammenarbeit mit den e-conversion-Forschenden konzentriert sich auf die Entwicklung neuartiger Methoden im Bereich der Quantensensorik zur Detektion von Ionenbewegungen.



Prof. Dennis Valbjørn Christensen von der Technical University of Denmark ist ein renommierter Wissenschaftler im Bereich der Materialwissenschaften und der angewandten Physik. Seine Forschungsgruppe charakterisiert neuartige Oxidmaterialien und Bauelemente mithilfe der Rastermagnetometrie. Gemeinsam mit den e-conversion-Teams soll vor allem die Entwicklung der magnetischen Quantenmikroskopie vorangetrieben werden, um dynamische Prozesse im Nanobereich besser sichtbar zu machen.

Escape from Carbonia

Mit Zukunftsenergie den Escape Room knacken



Die kreative Energie hat sich ausgezahlt: Mit der Kommunikationsidee von *Escape from Carbonia* gewann e-conversion gemeinsam mit der TU München im Hochschulwettbewerb 2025 von *Wissenschaft im Dialog* und konnte sich als eines von zehn Teams in der finalen Runde durchsetzen.

Insgesamt gingen dort knapp 120 Einreichungen zum Wissenschaftsjahr *Zukunftsenergie* ein. Ausgestattet mit einem Preisgeld von 10.000 Euro hat das Gemeinschaftsprojekt bereits konkrete Formen angenommen und Premiere auf dem Kunstarealfest in München gefeiert. Mit *Escape from Carbonia* bringt ein Team aus Studierenden, Promovierenden und Mitarbeitenden aus Wissenschaftsmanagement und -kommunikation der TU München die Energieforschung auf die Straße: Das interaktive Escape-Room-Spiel macht die Forschung an erneuerbaren Energien

spielerisch erlebbar. Knifflige Rätsel zu innovativen Technologien, Experimente und Modelle aus Physik und Chemie sowie Spaß beim Knobeln erwarten die Besucherinnen und Besucher von Münchner Straßenfestivals wie dem Kunstarealfest. Dabei entdecken sie, welche Rolle e-conversion und seine Spitzenforschung zu einer klimaneutralen Zukunft spielt und woran aktuell gearbeitet wird.

Wissenschaftskommunikation mit Aha-Momenten

Vor allem Technologien, die für eine künstliche Photosynthese gebraucht werden, stehen im Fokus von *Escape from Carbonia*. Denn das Ziel des Escape Rooms ist ganz klar: den Teilnehmenden das Potenzial nachhaltiger Energiequellen zu vermitteln und zu zeigen, dass es viele Wege gibt, wie man zur Energiewende beitragen kann. Zu kurz kommen darf laut Lukas Rau, der an der TU München Energiemärkte und Erneuerbare Energien studiert, aber nicht der Spaß: „Gute Wissenschaftskommunikation bringt Aha-Momente und das vor allem durch eigene Erlebnisse und Spaß. Als ich über das TUM Sustainability Office vom Hochschulwettbewerb zum Wissenschaftsjahr *Zukunftsenergie* erfahren habe, dachte ich mir sofort: Da möchte ich unbedingt mitmachen!“



Raus aus der Kohlenstoff-Falle: Wie lässt sich die künstliche Photosynthese umsetzen? Wie kann der fiktive Planet Carbonia gerettet werden? Vor dieser Mission stehen die Spielenden des Escape Rooms (oben). Am Ende entscheiden sie per Klebepunkt (links): Auf Carbonia bleiben oder die Technologie mit auf die Erde nehmen.

Escape Room als Kreativitätsmaschine

Das Ziel war ein wiederverwendbares Format, das nicht nur bei Festivals, sondern auch auf dem Campus eingesetzt werden kann. Mit viel Herzblut hat das Team in den letzten Monaten im e-conversion-Schülerlabor gewerkelt. „Dieser Wettbewerb ist eine richtige Kreativitätsmaschine“, sagt Kolja Kröger vom Public Engagement Team der TU München, der mit seiner Initiative und Energie die Gruppe ins Leben rief. „Es ist ein neues, spielerisches Outreach-Format, um Wissenschaft auf die Straße zu bringen und ist ein Gewinn, weil es den Kompetenzaufbau für Public Engagement bereichert – ganz besonders für Studierende und junge Forschende, die bei uns mitmachen.“ Im Fokus des Projekts steht Learning by Doing, neue Erfahrungen sammeln und gemeinsam etwas auf die Beine zu stellen, da sind sich Silke Mayerl-Kink, die bei e-conversion für Schülerprogramme, Events und Diversity verantwortlich ist, sowie Dr. Caroline Zörlein, Public Outreach Managerin bei e-conversion, einig. Begleitet werden die Gewinnerteams des Hochschulwettbewerbs durch Schulungen und Veranstaltungen von *Wissenschaft im Dialog* und erhalten wertvolle Unterstützung in Wissenschaftskommunikation, Social Media, Storytelling und Veranstaltungsorganisation. Updates gibt es regelmäßig auf Instagram, LinkedIn und auf: www.hochschulwettbewerb.net/2025/escape-from-carbonia



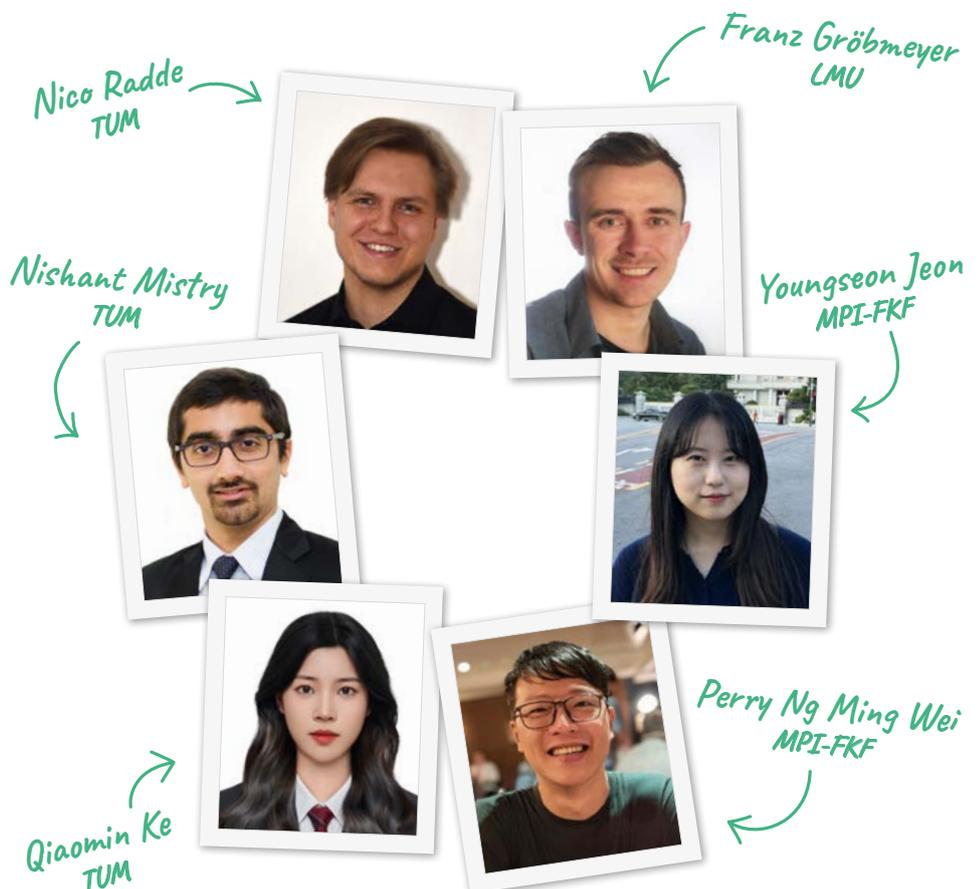
Festival-Premiere am Kunstarealfest: Die Besuchergruppen erkobeln das Elektrolyse-Spielfeld, entschlüsseln den Licht-Code und lösen Molekül-Puzzle. Anhand von 3D-gedruckten Nanostrukturen und Sprachnachrichten von der fiktiven Dr. Violetta Photon erfahren die Spielenden mehr über künstliche Photosynthese (oben), Halbleiter und Katalysatoren.

Netzwerk für Nachwuchsforschende

Das aktuelle Student Board von e-conversion

Das neue Student Board (die offizielle Vertretung der Doktorandinnen und Doktoranden im Graduiertenprogramm von e-conversion) hat im November 2024 seine Arbeit aufgenommen und bereits das Winter Retreat im März 2025 in Bayrischzell erfolgreich umgesetzt. Auch für den kommenden Winter ist ein solches Treffen vorgesehen. Zudem plant das Student Board weitere Workshops und sommerliche Zusammenkünfte. Um den wissenschaftlichen Austausch über e-conversion hinaus zu fördern, sind angesichts der Verlängerung und des Starts einiger neuer Exzellenzcluster an der LMU München und TU München zusätzliche gemeinsame Veranstaltungen mit den Forschenden dort geplant.

Mehr Infos zum Programm und zu den Teilnahmebedingungen unter: www.e-conversion.de/de/graduiertenprogramm





Mehr Sonnenpower ernten

Prof. Peter Müller-Buschbaum

Die Energiezukunft ist regenerativ. Wie sich der Mix aus Sonnen-, Wind- und Wasserkraft zusammensetzt, ist heute noch ungewiss. Aber sicher ist: Die verschiedenen Energieformen müssen effizient ineinander umgewandelt werden können. Hier setzt die Forschung von e-conversion an und konzentriert sich auf die Umwandlungsprozesse an den Grenzflächen verschiedener Materialien. Einer von ihnen ist Prof. Peter Müller-Buschbaum. Mit seinem Team an der TU München erforscht er unter anderem neue Energiematerialien für Solarzellen und ist überzeugt: Mit den richtigen Werkstoffen könnte Sonnenenergie Haushalte problemlos energieautark machen.

Mit welchen Forschungsthemen beschäftigen Sie sich und Ihr Team?

Wir erforschen Funktionsmaterialien, insbesondere im Energiebereich, und konzentrieren uns auf Batterien und Thermoelektrika – letztere können Wärme in Strom umwandeln – aber vor allem befassen wir uns mit Solarzellen. Diese begeistern mich schon lange, vor allem die Weiterentwicklung von organischen Solarzellen, Perowskit- und Quantenpunkt-Solarzellen. Für diese neuen Arten sehe ich ein großes Potenzial und ein breites Anwendungsspektrum.

Warum können Silizium-Solarzellen denn diesbezüglich nicht mithalten?

Oft wird missverstanden, dass es nicht darum geht, die klassischen Solarzellen zu ersetzen. Uns ist vielmehr daran gelegen, weitere Anwendungen für Solarzellen zu erschließen, die mit starren Silizium-Modulen nicht möglich sind. Diese neuen Devices können z. B. semitransparent sein, sodass sich damit Fenster ausstatten lassen und Glasfassaden eine weitere Funktion erhalten und Strom produzieren – Hochhäuser könnten so energieautark werden. Zudem punkten die neuen Solarzell-Typen mit einer hohen Flexibilität und einem geringen Gewicht, was sie wiederum als photoaktive Fasern für Kleidung oder photoaktive Lacke für Autos interessant macht. Für die Ernte von Sonnenenergie bieten sich viele Möglichkeiten. Wir nutzen bislang nur einen Bruchteil.

Wie steht es um die Lichtausbeute der neuen Solarzell-Typen?

Silizium-Solarzellen brauchen blauen

Himmel und volles Sonnenlicht. Ist es wolkenverhangen, liefern diese keinen Strom. Die neuen Typen können das kompensieren, weil sie gerade bei geringerer Lichtintensität noch sehr gut funktionieren. Zudem absorbieren sie die Sonnenenergie aufgrund ihrer halbleitenden Eigenschaften sogar besser als Silizium. Oftmals reichen bei diesen Hightech-Materialien sehr dünne Schichten von nur 100 Nanometern aus.

Eine geringere Schichtdicke ist ökonomisch interessant. Können die neuen Energiematerialien bezüglich der Herstellung wirtschaftlich mithalten?

Sie haben in der Tat das Potenzial, sehr kostengünstig zu werden. Deswegen arbeiten wir auch daran, dass sie künftig in die breite Anwendung kommen. Die Materialien, die man für organische Solarzellen, Perowskit- und Quantenpunkt-Solarzellen braucht, lassen sich durch nasschemische Prozesse herstellen. Oftmals sind die Ausgangsstoffe in großen Mengen vorhanden und kostengünstig. Zudem benötigt man geringere Substanzmengen und bei der Verarbeitung sind in der Regel keine aufwendigen Reinräume nötig. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich die Materialien schichtweise auf Trägersubstanzen aufdrucken lassen. Das macht die neuen Solarzellen für die industrielle Produktion sehr interessant.

Ist das Drucken von Solarzellen vergleichbar mit dem Papierdruck?

Teilweise ja. Die grundlegenden Drucktechniken wie Tintenstrahl- und Siebdruck lassen sich auch bei Solarzellen vielseitig einsetzen. Besonders das

Rolle-zu-Rolle-Druckverfahren ist interessant, weil damit sehr große Flächen in sehr kurzer Zeit gedruckt werden können. Allerdings benötigt man spezielle photovoltaische Tinten und der Druckprozess an sich ist aus physikalischer Sicht sehr anspruchsvoll. Das schaue ich mir mit meinem Team im Detail an. Die aktiven Schichten bestehen aus komplexen Strukturen, die sich durch Selbstorganisation der molekularen Bausteine aufbauen. Es braucht die optimale Nano-Architektur, damit Ladungsträger effizient erzeugt, getrennt und transportiert werden können. Genau hier setzen wir an: Wir bauen die Solarzellen selbst zusammen und beobachten sozusagen live mithilfe von Streuexperimenten, wie sich die Schichten und Strukturen während des Druckprozesses bilden. Dadurch können wir Rückschlüsse ziehen, wie Komponenten, Additive oder Lösungsmittel die Filmbildung und Selbstorganisation beeinflussen. Natürlich messen wir auch die Performance der fertigen Solarzelle.

Können organische Solarzellen oder Perowskit-Solarzellen denn in Sachen Effizienz und Lebenszeit mithalten?

Absolut. Dafür braucht man nur einen Blick in das unter Energieforschenden bekannte Diagramm des National Renewable Energy Laboratory werfen: Die Perowskit-Solarzellen haben die Silizium-Solarzellen hinsichtlich ihrer Zelleffizienz beispielsweise fast eingeholt, die organischen Solarzellen stehen auf dem Sprung zu 20 Prozent. Ein Schwachpunkt der neuen Solarzell-Typen ist noch die relativ kurze Lebenszeit. Deswegen wollen wir mit unserer Forschung den

Alterungsprozess besser verstehen und herausfinden, warum die Materialien mit der Zeit instabil werden – und das auf molekularer Ebene. Oft sind es leider die rekordverdächtigen Solarzellen, die nicht so lange halten. Deswegen sind unsere Erkenntnisse hilfreich, wenn es darum geht, ein stabileres Moleküldesign zu entwerfen oder den Filmbildungsprozess zu verbessern. Da spielen Temperaturprofile, Trocknungszeiten und die Auswahl der Lösungsmittel eine entscheidende Rolle.

Gibt es weitere Aspekte?

Wir versuchen umweltfreundlichere Komponenten für den Herstellungsprozess der Solarzellen zu etablieren wie grüne Lösungsmittel. Das bringt zwar Herausforderungen mit sich, weil sich dann Oberflächenspannungen und Verdampfungsraten verändern. Aber wir haben es bereits geschafft, andere Prozessparameter so anzupassen, dass auch umweltverträglichere Lösungsmittel funktionieren. Das ist für die industrielle Produktion ein ausschlaggebender Aspekt. Was mich und mein Team anspricht: Wir haben ein Ziel – die breite Anwendung von Solarzellen. Verglichen mit dem Bergsteigen ist es der Gipfel, den wir erreichen möchten. Niemand würde zehn Meter davor abbrechen und sagen: Die letzten Schritte können andere gehen. Wir haben bewusst die ganze Wertschöpfungskette im Blick.

Das wird auch an Ihrem übergeordneten Engagement deutlich.

Ja. Bereits vor mehr als zehn Jahren habe ich das TUM-Solar-Keylab für die solare Energieforschung gegründet, das ich auch

leite. Es ist im Soltech-Verbund integriert, das vier weitere Keylabs an der LMU München sowie den Universitäten in Erlangen, Würzburg und Bayreuth beinhaltet und kooperativ forscht. In der bereits dritten Förderperiode liegt der Schwerpunkt jetzt bei der solaren Wasserspaltung. Zudem bin ich im Netzwerk Regenerative Energien im Munich Institute of Integrated Materials, Energy and Process Engineering der TU München engagiert. Hier kommen Experten aus einem größeren Kontext zusammen – Ingenieure, Architekten und Elektrotechniker. Diese interdisziplinären Treffen erweitern den Blick enorm. Das ist auch für Nachwuchsforschende inspirierend und bietet spannende Anknüpfungspunkte. Noch größer wird der Kreis im Sustainability Board der TU München, in dem ich die Naturwissenschaften und Energieaspekte verrete. Hier sind auch Mediziner, Sozial- und Politikwissenschaftler engagiert und das Spektrum an Fragestellungen und Projekten ist noch weiter gefasst. Die nachhaltige Umgestaltung unserer Gesellschaft muss ganzheitlich gedacht werden.

Zurück zur Solarzelle: Wo sehen Sie Potenziale für die Zukunft?

Quantenpunkt-Solarzellen sind so etwas wie die *Rising Stars*. Quantenpunkte sind eine neue Klasse von fluoreszierenden Nanokristallen, mit denen sich sehr brillante Farben effizient erzeugen lassen. Über die Partikelgröße werden die Absorptionseigenschaften in einzigartiger Weise eingestellt. Nahezu der gesamte Spektralbereich ist zugänglich. Wir haben sie mit triboelektrischen Komponenten – diese verwandeln Bewegungsenergie in

Kurzprofil

Peter Müller-Buschbaum studierte Physik an der Universität Kiel und promovierte dort 1996. Anschließend arbeitete er als Wissenschaftler u. a. am Max-Planck-Institut für Polymerforschung und an der European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble. Er habilitierte sich 2002 und leitete den Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe an der TU München, bevor er 2018 zum Professor ernannt wurde. Von 2018 – 2023 war er wissenschaftlicher Direktor der Forschungs-Neutronenquelle und des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums. Seit 2024 ist er stellvertretender Herausgeber der Zeitschrift ACS Applied Materials & Interfaces und Mitglied im TUM Sustainability Board.

elektrische Energie – kombiniert. Die Idee ist, dass die Solarzelle tagsüber Sonnenenergie erntet und nachts Windkraft nutzt, wenn sich das Bauteil durch Luftströme verbiegt. So ließen sich zwei Energiegewinnungsmodi verbinden. Wie angedeutet, könnte Sonnenenergie jeden Haushalt energieautark machen, wenn wir sie überall einfangen: Fenster als Solarzellen, photovoltaische Wandastriche, Indoor-Photovoltaik oder photovoltaische Kleidung. An neuen Materialien, die sich dafür eignen, forschen wir mit Hochdruck.

Herzlichen Dank für das interessante Gespräch. Wir wünschen Ihnen alles Gute und viel Erfolg für Ihre Forschung an der TU München und beim Exzellenzcluster e-conversion!



Materialien im All: Zu Testzwecken haben Peter Müller-Buschbaum (rechts; links: Lennart K. Reb) und sein Team Solarzellen bereits in den Weltraum geschickt und materialwissenschaftlich ausgewertet – mit vielversprechenden Ergebnissen.



Energiekonversion mit Licht entschlüsseln

Prof. Frédéric Laquai

Mit ultrakurzen Lichtpulsen sind Prof. Frédéric Laquai und sein Team den Ladungen dicht auf den Fersen. Der Grund: Wenn Photonen (Lichtteilchen) auf Halbleiter treffen, lösen sie hochkomplexe, photophysikalische Prozesse aus – und erzeugen im besten Fall nutzbare Ladungen. Der Physikochemiker erforscht, welche Prozesse in Solarzellen ablaufen und wo Verluste auftreten. Mit seinen spektroskopischen Experimenten trägt er dazu bei, effizientere Materialien für die Energiekonversion zu finden. Laquai kam im August 2024 an die LMU München und engagiert sich dort nicht nur in der Wissenschaft und Lehre, sondern auch im Management-Team des kürzlich bewilligten e-conversion 2.0-Clusters.

Was hat Sie ursprünglich zur Chemie geführt – und wie kamen Sie schließlich zu Ihrem heutigen Forschungsgebiet, das sich vor allem mit Halbleitermaterialien befasst?

Bereits in der Schule habe ich mich sehr für Naturwissenschaften interessiert. Zudem hatte ich engagierte Lehrer, die es mir Ende der 1990er-Jahre ermöglicht haben, bei *Jugend forscht* teilzunehmen. Bei dem damaligen Projekt ging es um organische Leuchtdioden. Damit habe ich beim Bundeswettbewerb den ersten Platz belegt. Die Idee organische Moleküle für Elektronik zu nutzen, hat mich fasziniert. Zu der Zeit war das noch eine sehr neue Richtung. Während meines Chemiestudiums in Oldenburg und später in Marburg habe ich gezielt nach Möglichkeiten gesucht, in diesem Gebiet weiterzuarbeiten. In meiner Diplomarbeit beschäftigte ich mich mit OLEDs, also organischen lichtemittierenden Dioden, und zeitaufgelöster Photolumineszenz-Spektroskopie. In meiner Doktorarbeit am Max-Planck-Institut für Polymerforschung habe ich diese Richtung weiter vertieft. Das war letztlich der Grundstein für meine jetzige Forschung.

Welche Rolle spielte Ihre Zeit am Cavendish-Labor an der University of Cambridge und am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz?

Mein zweijähriger Postdoc-Aufenthalt ab 2006 in Cambridge hat mich entscheidend geprägt. Während dieser Zeit lag mein Fokus auf der Femtosekunden-Laserspektroskopie, mit der sich ultrakurze, elektronische Prozesse untersuchen lassen. In Cambridge habe ich

diese Technik erlernt und gleichzeitig meinen Blick für zeitaufgelöste Phänomene erweitert. Mit dem neuen Wissen bin ich damals zurück an das MPI in Mainz gegangen, und habe dort eine selbstständige Nachwuchsgruppe aufgebaut und dann für sieben Jahre geleitet. Wir beschäftigten uns zu der Zeit viel mit Ladungstransport und Energietransfer in organischen halbleitenden Materialien. Später kamen dann auch andere Materialien wie z. B. hybride (organisch-anorganische) Perowskite hinzu.

Anschließend sind Sie nach Saudi-Arabien gegangen. Erzählen Sie uns von Ihrer Zeit an der King Abdullah University of Science and Technology (KAUST).

Genau. 2015 bin ich an die KAUST gegangen – zunächst als Associate Professor for Material Science und später wurde ich Professor for Applied Physics und Direktor des KAUST Solar Centers. Ich habe insgesamt fast zehn Jahre in Saudi-Arabien gelebt. An der KAUST habe ich nicht nur universitär geforscht und gelehrt, sondern war auch stark in die Leitung des KAUST Solar Centers involviert. In der Zeit habe ich eine eigene wissenschaftliche Arbeitsgruppe mit Masterstudierenden, Promovierenden, Nachwuchsforschenden und erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern geleitet. Außerdem war ich für ein technisches Forschungszentrum verantwortlich, dem insgesamt zehn Arbeitsgruppen angehörten.

Wie kam es zu Ihrer Rückkehr nach Deutschland und zur LMU München?

Das ergab sich über die Nachfolge von Prof. Thomas Bein in der Physikalischen

Chemie des Departments Chemie. Ich habe mich auf die Ausschreibung hin beworben, da die LMU München für mich eine sehr attraktive und hochinteressante Option war, unter anderem auch wegen des Exzellenzclusters e-conversion. Im Sommer 2024 habe ich dann den W3-Lehrstuhl für Physikalische Chemie & Spektroskopie von Energiematerialien an der LMU München übernommen – und wurde von den Kolleginnen und Kollegen ins zukünftige e-conversion-2.0-Sprecher-team aufgenommen.

Was sind die aktuellen Forschungsschwerpunkte Ihrer Arbeitsgruppe?

Ein Hauptziel meiner Forschung ist es, besser zu verstehen: Warum sind Energiematerialien nicht so effizient, wie sie eigentlich sein könnten? Wir schauen uns die Vorgänge, sprich die Umwandlung von Photonen in Ladungen, ganz genau an, und auch alle Prozesse, die sich daran anschließen: Ladungstrennung, -transport und -extraktion. In jedem Schritt treten Verluste auf, die wir verstehen und dann möglichst reduzieren möchten.

Was sind aktuell die größten Herausforderungen im Labor?

Man könnte sagen die Zeit – oder besser gesagt: die verschiedenen Zeitskalen, auf denen die Prozesse bei der Energiekonversion ablaufen. Manche Vorgänge, wie zum Beispiel die Erzeugung von angeregten Zuständen durch Lichteinfall und die Ladungstrennung, passieren im Bereich von unter 100 Femtosekunden bis zu Pikosekunden. Die Ladungsextraktion läuft dann im Nanosekunden- bis Mikrosekundenbereich ab. Darüber hinaus gibt

es Alterungsprozesse, die deutlich länger dauern, von Minuten über Tage – oder noch länger. Um diese Bandbreite experimentell abdecken zu können, braucht es verschiedene zeitauflösende spektroskopische Methoden. Dazu müssen wir mit modernen Methoden arbeiten und auf unseren optischen Tischen Lichtpulse gegeneinander verzögern, um diese zeitauflösenden spektroskopischen Messungen überhaupt machen zu können. Viele der Experimente sind zumindest teilweise von uns entwickelt, um mehr leisten zu können als kommerzielle Systeme bieten.

Was ist das Ziel Ihrer Forschung und welche Materialien spielen aktuell eine Rolle?

Wir wollen Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aufdecken und daraus Designregeln für die Materialentwicklung ableiten. Dazu untersuchen wir nicht nur dünne Filmschichten der Halbleitermaterialien, sondern auch vollständige und funktionsfähige Solarzellen, die wir selbst herstellen. Durch den Vergleich von zum Beispiel Absorptionsspektren im nicht angeregten und angeregten Zustand können wir die Ladungserzeugung in den Materialien entschlüsseln. Unsere Erkenntnisse helfen dann wiederum den synthetischen Chemikern, um neue Verbindungen, die effizienter das Licht in elektrische Energie umwandeln, zu entwickeln und zu synthetisieren. Hierbei spielt die Energieland-

karte des Materials eine entscheidende Rolle. Wir wollen die Ergebnisse unserer Charakterisierung in allgemeingültige Regeln für die Materialentwicklung übersetzen. Ein Großteil unserer Arbeit dreht sich momentan um neuartige Halbleitermaterialien, sowohl organische als auch hybride Materialien wie z. B. Perowskite. Letztere vor allem im Hinblick darauf, diese möglichst bleifrei herstellen zu können. Wir schauen uns zudem Materialien an, die für die photokatalytische Wasserspaltung, die CO₂-Reduktion und für Solarbatterien interessant sein könnten. Innerhalb von e-conversion 2.0 bieten sich dafür sehr spannende und vielversprechende Kooperationen an. Nach knapp einem Jahr in München haben sich schon einige interessante Projekte aufgetan.

Was treibt Sie persönlich an und wie bekommen Sie den Kopf frei, um selbst neue Energie zu tanken?

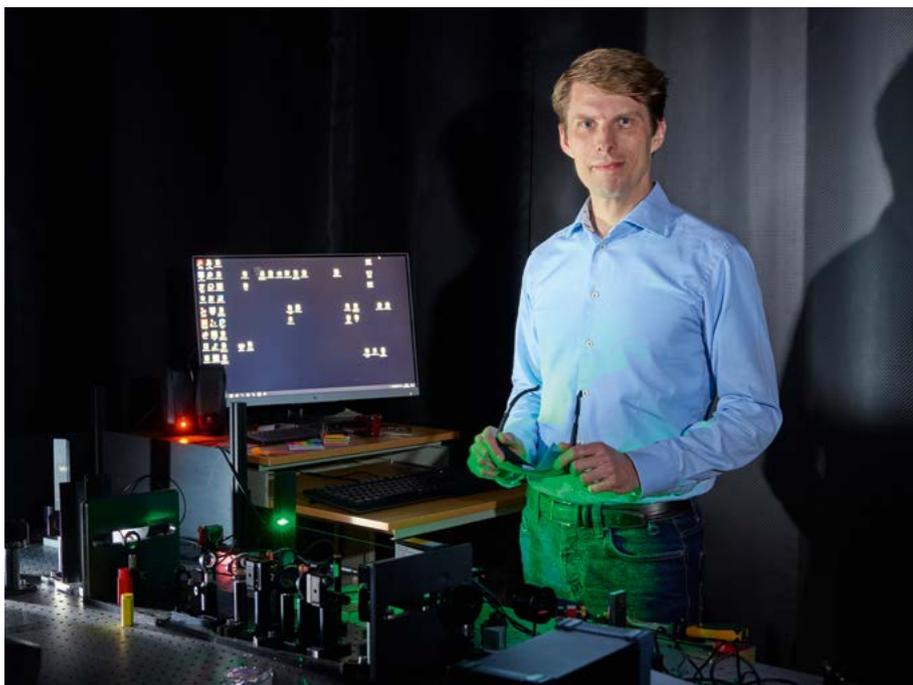
Mich motiviert die Grundlagenforschung an sich: Dinge zu verstehen, die bislang unverstanden sind oder zum ersten Mal etwas zu beobachten. Das spornt mich immer wieder an und inspiriert mich. Mir liegt es ebenfalls am Herzen, jungen Menschen eine exzellente wissenschaftliche Ausbildung zu bieten – sowohl meinen Mitarbeitenden als auch den Studierenden. Für mich ist Sport ein wichtiger Ausgleich. Ich bin oft noch bei 30 Grad Celsius in Saudi-Arabien mit einer

Kurzprofil

Frédéric Laquai studierte Chemie (1999 – 2003) an den Universitäten Oldenburg, Cambridge (UK) und Marburg. Er promovierte 2006 an der Universität Mainz und ging dann als Postdoc erneut an die Universität Cambridge (UK). Laquai leitete am Max-Planck-Institut in Mainz (2008 – 2015) eine selbständige Nachwuchsforschungsgruppe. Von 2015 – 2024 forschte er an der King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) und war dort Direktor des KAUST Solar Center. Seit April 2024 hat er die W3-Professur für Physikalische Chemie und Spektroskopie von Energiematerialien am Department Chemie der LMU München inne.

Wasserflasche in der Hand gejoggt. Hier schwingen ich mich zudem regelmäßig aufs Indoor-Bike. Vor etwa zwölf Jahren habe ich mit dem Fliegen von Sportflugzeugen angefangen, dafür war allerdings in den letzten Jahren eher wenig Zeit. Und natürlich halten mich meine zwei Jungs im Grundschulalter auch ordentlich auf Trab.

Herzlichen Dank für das interessante Gespräch. Wir wünschen Ihnen alles Gute und viel Erfolg für Ihre Forschung an der LMU München und beim Exzellenzcluster e-conversion!



Photonen auf der Spur: Mit ultrakurzen Lichtpulsen untersucht Frédéric Laquai die Umwandlung von Photonen in Ladungen und alle Prozesse, die sich daran anschließen. Sein Ziel ist es, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aufzudecken und so die Materialentwicklung voranzutreiben.

Ausblick

Save the dates



Escape from Carbonia

11. – 17. Oktober 2025 | *Science Communication Lab, Deutsches Museum München*
7. – 9. November 2025 | *Spielwiesn, Augsburg*

An mehreren Terminen laden wir euch ein, den von e-conversion und TU München entwickelten Escape Room (siehe Seite 22) intensiv zu testen – unter dem Motto *Raus aus der Kohlenstoff-Falle! Wie lässt sich die künstliche Photosynthese umsetzen?*

Mehr Infos unter www.hochschulwettbewerb.net/2025/escape-from-carbonia



e-conversion-Konferenz 2026

5. – 9. Oktober 2026
San Servolo, Venice International University, Italien

Die e-conversion-Konferenz fördert den wissenschaftlichen Austausch zwischen Clustermitgliedern und Spitzenforscherinnen und -forschern weltweit und bietet zahlreiche Möglichkeiten zum Netzwerken, Horizonte zu erweitern und über Forschung zu diskutieren. Den Termin am besten schon heute im Kalender eintragen!

Weitere Informationen und zukünftige Events von e-conversion unter www.e-conversion.de/de/veranstaltungen.

Science Ticker und Hörerlebnis

Social Media und Podcast



bsky.app/profile/e-conversion.bsky.social

e-conversion ist jetzt auch auf der Plattform [Bluesky](https://bluesky.com) zu finden. Hier posten wir aktuelle Publikationen, die für die Wissenschafts-Community besonders relevant sind.



www.exzellent-erklaert.de

Spitzenforschung für die Ohren: Regelmäßig berichten die bald 70 Exzellenzcluster aus ganz Deutschland über ihre Forschung und beleuchten wichtige Themen unserer Zeit.

Möchten Sie auf dem Laufenden bleiben? Besuchen Sie uns auf LinkedIn, YouTube oder Bluesky und registrieren Sie sich unter www.e-conversion.de/newsletter, um regelmäßig das Magazin und unseren Mail-Newsletter zu erhalten.



tiny.cc/ec-in



tiny.cc/ec-yt



[@e-conversion.bsky.social](https://bsky.app/profile/e-conversion.bsky.social)

Herausgeber

Exzellenzcluster e-conversion
Cluster-Koordinatoren: Prof. Ulrich Heiz,
Prof. Ian Sharp, Prof. Achim Hartschuh
www.e-conversion.de

Adresse

Exzellenzcluster e-conversion
Lichtenbergstraße 4 a
85748 Garching

Redaktion

Dr. Caroline Zörlein (V.i.S.d.P.), caroline.zoerlein@tum.de

Gestaltung

Vera Hiendl

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC 2089/1 – 390776260

Bildnachweise

S. 1: PixelVision / stock.adobe.com. S. 2 o: Stephan Höck / LMU, m: Kolja Kröger. S. 4: Julia Knapp / MPI-FKF. S. 6 o: basierend auf einer Grafik vom Fraunhofer SCAI. S. 7: © DFG / Jenny Otto. S. 8: *Energy and Environmental Science* 2023, 16, 4. © 2023 A. Gouder, F. Podjaski, A. Jiménez-Solano, J. Kröger, Y. Wang und B. V. Lotsch, veröffentlicht von Royal Society of Chemistry. S. 9 o li: Julia Knapp / MPI-FKF, o re: © DFG / Jenny Otto. S. 10 u: basierend auf einer Grafik von Reiner Müller, FRM II / TUM. S. 11 o: Andreas Heddergott. S. 12: Paul Günther. S. 13: Lisa Winkler. S. 14: Sabrina Rager. S. 15 o: Tigmansu Pal / MPG, u: basierend auf einer Grafik von Da Lei / TUM. S. 16 o: Dominic Ziegler / LMU München, u: Andreas Heddergott. S. 17: LMU. S. 18: Finn Robens / kontraste.agency. S. 19: Finn Robens / kontraste.agency. S. 21 m: Annette Patko, Bordeaux Studio, Fotografin / Urheberin, 1703 Darrow Avenue, Unit 2, Evanston IL 60201, u: privat. S. 22 o: Andreas Heddergott, u: Kolja Kröger. S. 23 o: Kolja Kröger, u: 6 x privat. S. 24: Andreas Heddergott. S. 25: Wei Chen / TUM. S. 26: Stephan Höck / LMU. S. 27: Stephan Höck / LMU. S. 28 m: Finn Robens / kontraste.agency. Alle anderen Bilder und Grafiken: e-conversion.