

Press release**Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften
Peter Hergersberg**

06/09/2021

<http://idw-online.de/en/news770414>Research results, Scientific Publications
Chemistry, Energy
transregional, national

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Mit Nanoschichten zu langlebigen Festkörperbatterien

Festkörperbatterien könnten künftig zur Alternative für Lithiumbatterien werden und Elektroautos zu längeren Reichweiten verhelfen. Doch derzeit sind sie noch nicht langlebig genug. Ein Team des Fritz-Haber-Institutes, der TU München und des Forschungszentrum Jülich weist jetzt jedoch einen Weg, die Lebensdauer der Feststoffbatterien zu erhöhen. Die Forschenden haben festgestellt, dass Nanoschichten an den Grenzen zwischen den winzigen Kristallkörnern des Feststoffelektrolyten zur Stabilisierung der Batterien beitragen können.

Sie sind die nächste Generation der mobilen Energiespeicher: Festkörperbatterien. Sie versprechen nicht nur größere Reichweiten, sie sind auch sicherer als die herkömmlichen Batterien mit flüssigem Elektrolyt, die bisher fast jedes E-Auto antreiben. Der flüssige Elektrolyt hat viele Nachteile: Er altert schneller als Feststoffe und ist außerdem leicht brennbar. Bei Autounfällen, in denen die Batterie eingedrückt wird und potentiell auslaufen kann, ist das besonders gefährlich. Gerade das Risiko soll in der nächsten Generation der Elektroautos nicht mehr bestehen, und gleichzeitig sollen deren Batterien mehr Energie speichern können. Deswegen investieren große Automobilhersteller wie BMW, Daimler, Ford und Volkswagen nun vermehrt in die Entwicklung leistungsstarker Festkörperbatterien.

Noch ist die kommerzielle Nutzung von Festkörperbatterien jedoch nicht wirtschaftlich. Denn mit den neuen Möglichkeiten ergeben sich auch neue Herausforderungen. Beim Be- und Entladen einer Batterie müssen Ionen – aktuell immer Lithiumionen – zwischen den Polen im Inneren der Batterie hin und her bewegt werden. Die beweglichen Ionen wandern in der Festkörperbatterie nicht mehr durch eine Flüssigkeit, sondern durch mehrere, feste Materialien. Deshalb muss man sicherstellen, dass diese Ionen insbesondere an allen Material- und Korngrenzen nicht auf hohe Barrieren treffen. Denn der Elektrolyt, das leitfähige Medium, besteht nicht aus einer gleichförmigen Masse, sondern aus vielen aneinandergrenzenden, festen Kristallkörnchen. Damit die Ionen zusammenhängende Wege vorfinden, erhitzt man die losen Körnchen bei der Herstellung unter hohem Druck. Dabei bildet sich an den Grenzen der winzigen Kristalle eine Art Schmelzschicht, die die Körner verbindet. Über diese Nanoschicht kann die Ladung von einem Kristallkorn zum nächsten transportiert werden. Da die Ladung durch die ungeordnete Grenzschicht jedoch nicht so effektiv wandert wie durch die Kristallkörnchen, versuchen Forschende bislang, die ungeordneten Grenzschichten so dünn wie möglich zu halten.

Ungeordnete Nanoschichten gegen Kurzschlüsse

Ein Team aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft, der Technischen Universität München und des Forschungszentrums Jülich kommt nun allerdings zu dem Schluss, dass die ungeordneten Schmelzschichten Kurzschlüsse in Feststoffbatterien verhindern und auch dazu beitragen können, deren Lebensdauer zu erhöhen.

Um dies herauszufinden, musste das Team die Funktion einer Korngrenze im Inneren einer Batterie im Nanobereich untersuchen. „Das ist in der Festkörperbatterie-Forschung noch weitestgehend Neuland“, sagt Rüdiger-A. Eichel, Direktor am Forschungszentrum Jülich und Professor an der RWTH Aachen, „bisher wurden dazu hauptsächlich meso-

und makroskopische Untersuchungen durchgeführt. Doch die kommen nicht dicht genug an den Ort des Geschehens ran.“ Mithilfe von Simulationen und experimentellen Untersuchungen ist es dem Team um Christoph Scheurer vom Fritz-Haber-Institut gelungen, die Grenzschicht auf atomarem Niveau zu charakterisieren. Dabei stellten die Forschenden fest, dass die ungeordneten Grenzschichten tatsächlich zur elektrochemischen Stabilisierung der Batterien beitragen. Zum einen verhindern sie nämlich, dass Elektronen durch die Kristallkörner des Elektrolyten fließen und zu einem Kurzschluss führen, statt den Weg durch den äußeren Stromkreis zu nehmen und einen Motor anzutreiben.

Mit gezieltem Grenzflächen-Design zu langlebigeren Batterien

Zum anderen könnten die Grenzschichten nach Auffassung der Forschenden die Bildung von Lithiumdendriten unterdrücken. Diese tentakelartige Gebilde entstehen, wenn in der Batterie Elektronen und Lithium-Ionen aufeinandertreffen. Sie verbinden sich dann, und die entstehenden Lithiumatome wachsen zu verästelten Strukturen, denen die Batterie schnell zum Opfer fallen kann. Verbindet ein metallischer Dendrit nämlich Anode und Kathode, die Pole der Batterie, in deren Innerem, so kommt es zum Kurzschluss und die Batterie ist kaputt. „Die sich natürlich bildende, extrem dünne Schicht zwischen den Körnern in der Batterie ist eine Art Schutzummantelung, die genau das verhindert“, sagt Sina Stegmaier, Doktorandin an der TU München. Denn die Nanoschicht kann auch unerwünschte Elektronen einfangen, wie das Team aus seinen Untersuchungen folgert.

Diese Ergebnisse könnten die Gestaltung von Festkörperbatterien in naher Zukunft wesentlich beeinflussen. Gezieltes Grenzflächen-Design zur Ausbildung solcher Schutzummantelungen könnte ein vielversprechender Weg sein, um die nächste Generation sicherer Batterien langlebiger zu machen.

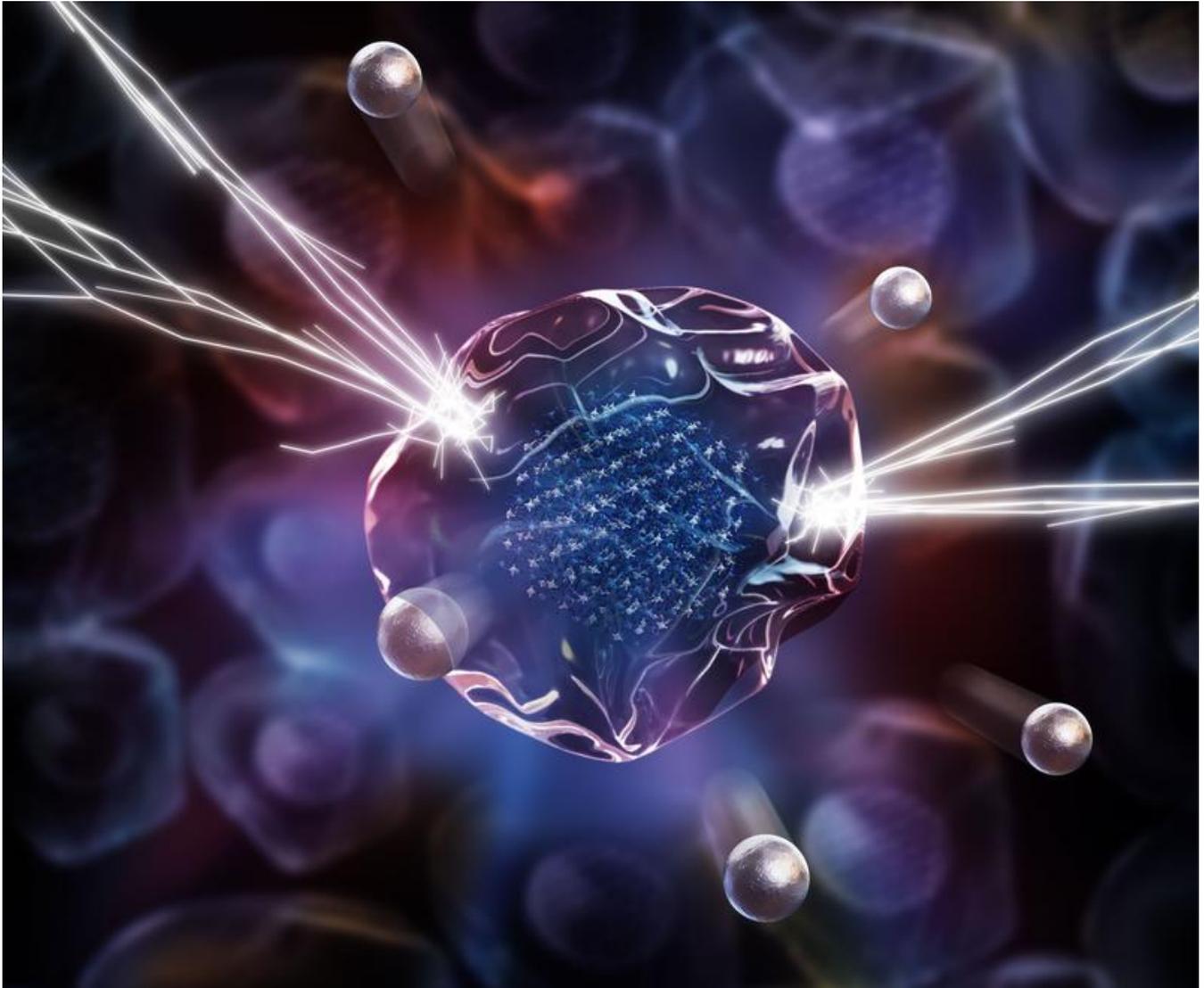
contact for scientific information:

Prof. Dr. Karsten Reuter
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft
Tel.: +49 30 8413-4700
E-Mail: reuter@fhi-berlin.mpg.de
<https://www.fhi.mpg.de/th-department>

Dr. Christoph Scheurer
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft
E-Mail: scheurer@fhi.mpg.de
<https://www.fhi.mpg.de/th-department>

Original publication:

Sina Stegmaier, Roland Schierholz, Ivan Povstugar, Juri Barthel, Simon P. Rittmeyer, Shicheng Yu, Simon Wengert, Samare Rostami, Hans Kungl, Karsten Reuter, Rüdiger-A. Eichel und Christoph Scheurer
Nano-Scale Complexions Facilitate Li Dendrite-Free Operation in LATP Solid-State Electrolyte
Advanced Energy Materials, 28. Mai 2021
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aenm.202100707>



Wie die Illustration symbolisch andeutet, verhindert eine amorphe Ummantelung der Kristallite im Elektrolyten von Festkörperbatterien, dass Elektronen (weiße Linien) durch die Körnchen wandern. Ionen (helle Kugeln) durchdringen die Nanoschicht dagegen.

Vera Hiendl, e-conversion (TU München)