

Pressemeldung

24. April 2026

Warum kommt es zu Kurzschlüssen in Festkörper-Batterien?

Max-Planck-Team erklärt Rissbildung während des Ladevorgangs und ebnet so den Weg zu sichereren und langlebigeren Batterien. Das Team veröffentlicht seine Ergebnisse im Wissenschaftsjournal Nature.

Auf den Punkt gebracht:

- **Thema:** Die Nutzung von Festkörper-Batterien, die mehr Energie speichern, länger leben und sicherer sind als die weit verbreiteten Lithium-Ionen-Batterien, wird bisher durch Kurzschlüsse während des Ladevorgangs verhindert.
- **Problem:** Beim Laden bilden sich an den Elektroden feine, baumartige Auswüchse aus Lithium, sogenannte Dendrite, die den festen Elektrolyten durchdringen und zu Kurzschlüssen führen.
- **Forschungsfrage:** Wie kann das weiche Lithiummetall der Elektroden den festen keramischen Elektrolyten beschädigen?
- **Vorgehen:** Experimente unter kryogenen Temperaturen und Vakuum, unterstützt durch mikromechanische Bruchmodellierung.
- **Ergebnis:** Die Dendrite erzeugen hydrostatische Spannung, die zu Zugspannungen im festen Elektrolyten führt. Dadurch kommt es zur Bildung von Rissen und letztendlich zum Kurzschluss.

Smartphones, Elektrofahrzeuge und viele tragbare Geräte sind auf Batterien angewiesen. Deren Energiespeicherkapazität, Lebensdauer und Sicherheit prägen maßgeblich die Zukunft der Elektrifizierung. Zu den vielversprechendsten Technologien zählen Festkörper-Batterien. Diese Batterien könnten es ermöglichen, dass Smartphones nach mehreren Tagen, anstatt täglich, aufgeladen werden und Elektrofahrzeuge eine dreimal so hohe Reichweite erzielen wie aktuelle Modelle.

In den meisten elektronischen Geräte sind heutzutage Lithium-Ionen-Batterien verbaut. Diese bestehen aus zwei festen Elektroden, die von einem flüssigen Elektrolyten getrennt werden. In Festkörper-Batterien kommen feste Elektrolyte zum Einsatz. Dieses Design ermöglicht Batterien, die länger leben, sicherer sind und mehr Energie speichern können. Trotz der vielen Vorteile, werden Festkörper-Batterien noch nicht kommerziell genutzt, weil sich beim Aufladen mikroskopisch kleine Auswüchse aus Lithium bilden können, sogenannte Dendriten. Diese winzigen baumartigen Strukturen wachsen vom Minuspol aus (Anode), durchdringen den festen Elektrolyten und reichen bis zum Pluspol (Kathode) und verursachen damit einen Kurzschluss im Inneren der Batterie. Bisher war unklar wie dieser Vorgang genau abläuft.

Ein interdisziplinäres Team am Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien (MPI-SusMat) konnte nun erklären wie diese Dendriten Risse verursachen und zu Kurzschlüssen führen. Sie veröffentlichten ihre Ergebnisse im Wissenschaftsjournal Nature.

Wie entstehen Risse in Festkörper-Batterien?

Die durch Dendriten verursachten Risse in Festkörper-Batterien sind ein kontraintuitives Phänomen. „Obwohl die Elektroden und die sich bildenden Dendriten aus Lithiummetall bestehen, das weich wie Gummibärchen ist, sind die Dendriten in der Lage, den harten, keramischen Elektrolyten zu durchdringen“, sagt Dr. Yuwei Zhang, Erstautor der neuen Publikation und Forschungsgruppenleiter am MPI-SusMat. „Es gibt zwei Hypothesen, die versuchen dieses Phänomen zu erklären: Entweder es baut sich eine innere Spannung in den Dendriten auf, die Risse im festen Elektrolyten verursacht. Oder Elektronen bewegen sich entlang der Korngrenzen im Elektrolyten und fördern dort die Bildung von Lithiumkeimen, die sich später miteinander verbinden.“

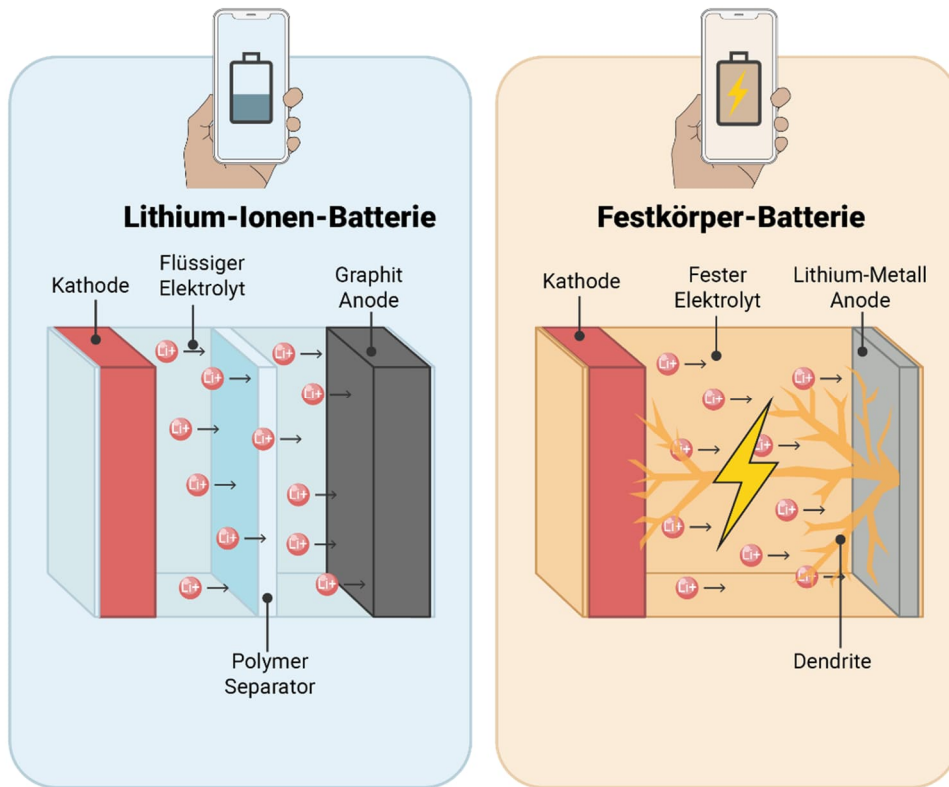
Um diese Hypothesen zu prüfen, nutzten die Forschenden ein aufwendiges experimentelles Setup. Die Proben wurden unter Vakuum und bei kryogenen Temperaturen hergestellt und untersucht, um Einflüsse von Sauerstoff, Wasser oder dem Elektronenstrahl der Mikroskope auszuschließen.

Die Analyse zeigte: Vor der Spitze der Dendriten sammelt sich kein zusätzliches Lithium an. „Das weiche Lithiummetall durchdringt den harten keramischen Elektrolyten, wie ein konstanter Wasserstrahl auch Stein durchbrechen kann. Unsere Berechnungen zeigen, dass hydrostatischer Druck innerhalb der Dendrite, Zugspannungen im keramischen Elektrolyten erzeugt und zu Rissen führt“, erklärt Zhang. Simulationen und Messungen mit Hilfe von Elektronenrückstreubeugung bestätigten das Ergebnis.

Wege zur Vermeidung von Kurzschlüssen in Festkörper-Batterien

Auf Basis dieser Erkenntnisse arbeitet das Max-Planck-Team nun an Strategien, um die Rissbildung zu verhindern oder zumindest zu verzögern. Mögliche Ansätze umfassen die Erhöhung der Festigkeit des Elektrolyten, um die Rissbildung zu stoppen beziehungsweise zu verlangsamen, das Einbringen mikroskopisch kleiner Hohlräume, die das Dendritenwachstum umlenken, oder das Aufbringen von Schutzbeschichtungen auf die Lithiumelektroden, um die Dendritenbildung zu unterdrücken.

Diese Ergebnisse zeigen, wie entscheidend ein grundlegendes Verständnis von Materialverhalten ist. Nur so lassen sich vielversprechende Technologien wie Festkörperbatterien aus dem Labor in die industrielle Anwendung überführen und damit den Weg für leistungsfähigere und sicherere Energiespeicher ebnen.



Der Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie im Vergleich zu einer Festkörper-Batterie. Letztere sind noch nicht marktreif, da sich während ihrer Aufladung Dendrite aus Lithium bilden können, die zu Kurzschlüssen führen. Copyright: P. Mehta: Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien GmbH

Original-Veröffentlichung:

Y. Zhang, S. Motahari, E.V. Woods, S. Zaefferer, P. Schweizer, Z. Zhang, Y. Liu, B. Gault, F. Roters, D. Raabe, C. Scheu, Y. Joshi, S. Zhang, C. Liu, G. Dehm: Mechanically driven Li dendrite penetration in garnet solid electrolyte. In: Nature 652 (2026) 912, DOI: 10.1038/s41586-026-10415-9

Am Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien (MPI-SusMat) entwickeln wir neue Wege, Materialien für eine klimaneutrale Zukunft zu gestalten, herzustellen und zu recyceln. Von grünem Stahl und recycelbarem Aluminium bis hin zu langlebigen Batterien – unsere Forschung adressiert zentrale Herausforderungen in den Bereichen Energie, Mobilität, Infrastruktur und Ressourceneffizienz. Durch die Kombination von Materialwissenschaft und Künstlicher Intelligenz treiben wir nachhaltige Innovationen voran. Bis 2024 war das Institut unter dem Namen Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH tätig.

Mehr Neuigkeiten aus dem MPI-SusMat gibt es bei [LinkedIn](#), und [YouTube](#).

Kontakt:

Yasmin Ahmed Salem, M.A.
Referentin für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
E-Mail: y.ahmedsalem@mpie.de
Tel.: +49 (0) 211 6792 722
<https://www.mpi-susmat.de>

