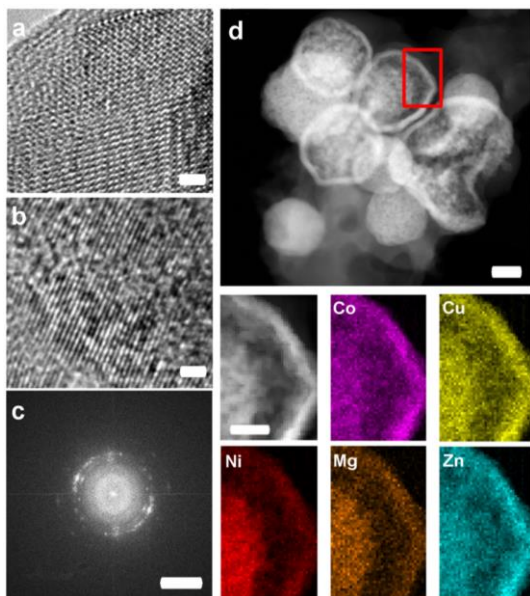


## Unordnung kann Batterien stabilisieren

Hochentropie-Oxide (HEO) eröffnen neue Möglichkeiten für die reversible Energiespeicherung –  
Publikation in *Nature Communications*



Das aktive Material, untersucht mit hochauflösender Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) und energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX). (Abbildung: *Nature Communications*)

**Neuartige Materialien können Speicherkapazität und Zyklenfestigkeit von wiederaufladbaren Batterien wesentlich verbessern. Dabei handelt es sich um Hochentropie-Oxide (HEO), die ihre Stabilität der ungeordneten Verteilung ihrer Elemente verdanken. Mit HEO lassen sich elektrochemische Eigenschaften maßschneidern. Das haben Wissenschaftler um den Nanotechnologie-Experten Horst Hahn am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gezeigt. Über ihre Arbeit berichten die Forscherinnen und Forscher in der Zeitschrift *Nature Communications*. (Open Access, DOI: 10.1038/s41467-018-05774-5)**

Eine nachhaltige Energieversorgung verlangt zuverlässige Energiespeicher. So ist die Nachfrage nach wiederaufladbaren elektrochemischen Energiespeichern für stationäre und mobile Anwendungen in den vergangenen Jahren stark gestiegen und wird zukünftig weiter wachsen. Wichtige Eigenschaften einer Batterie sind unter anderem



KIT-Zentrum Energie: Zukunft im Blick

**Monika Landgraf**  
Pressesprecherin,  
Leiterin Gesamtkommunikation

Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-21105  
E-Mail: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu)

### Weiterer Pressekontakt:

Dr. Martin Heidelberg  
Redakteur/Pressereferent  
Tel.: +49 721 608-21169  
[martin.heidelberg@kit.edu](mailto:martin.heidelberg@kit.edu)

### Weitere Materialien:

Veröffentlichung in *Nature Communications*: <https://www.nature.com/articles/s41467-018-05774-5>

ihre Speicherkapazität und ihre Zyklenfestigkeit, das heißt die Zahl der ohne Kapazitätsverlust möglichen Lade- und Entladevorgänge. Dabei verspricht eine völlig neue Klasse von Materialien, die Hochentropie-Oxide (high entropy oxides – HEO), dank ihrer besonderen Stabilität wesentliche Verbesserungen. HEO eröffnen darüber hinaus die Möglichkeit, über eine Änderung ihrer Zusammensetzung elektrochemische Eigenschaften maßzuschneidern. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Institut für Nanotechnologie (INT) und an der Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF) des KIT, am vom KIT in Kooperation mit der Universität Ulm gegründeten Helmholtz-Institut Ulm (HIU) sowie am Indian Institute of Technology Madras haben nun erstmals die Eignung von HEO als Konversionsmaterialien zur reversiblen Lithiumspeicherung gezeigt. Konversionsbatterien, die auf elektrochemischer Materialumwandlung basieren, erlauben eine Erhöhung der gespeicherten Energiemenge bei gleichzeitiger Verringerung des Batteriegewichts. Mit HEO fertigten die Wissenschaftler konversionsbasierte Elektroden, die mehr als 500 Ladezyklen ohne signifikanten Kapazitätsverlust überstehen. Ihre Arbeit stellen sie in der Zeitschrift *Nature Communications* vor.

Die Forschungsgruppe „Nanostructured Materials“ um Professor Horst Hahn, Direktor des INT des KIT, gehört zu den Pionieren der Erforschung von Hochentropie-Oxiden. Von den Karlsruher Forschern stammen einige der noch raren Publikationen über die neuartigen Materialien, die erst seit wenigen Jahren bekannt sind. Die besonderen Eigenschaften der HEO basieren auf Entropiestabilisierung; darin sind sie mit den bereits bekannteren Hochentropie-Legierungen vergleichbar. Bei entropiestabilisierten HEO handelt es sich um komplexe Oxide, die fünf oder mehr verschiedene Metallkationen in gleicher Menge enthalten und eine einphasige Kristallstruktur aufweisen. Auch wenn die typischen Kristallstrukturen der einzelnen Elemente sich deutlich voneinander unterscheiden, bilden diese ein gemeinsames Gitter, wobei sie sich ohne erkennbare Ordnung auf die Positionen im Kristall verteilen. Diese Unordnung – fachsprachlich als hohe Entropie bezeichnet – stabilisiert das Material, vermutlich unter anderem deshalb, weil sie das Wandern von Fehlern im Kristallgitter erschwert.

„Dank der hohen Stabilität, der Interaktionen zwischen den verschiedenen Metallkationen und der Vielzahl der denkbaren Elementkombinationen eröffnen HEO bisher ungeahnte neue Möglichkeiten“, erklärt Professor Horst Hahn. Die nun in *Nature Communications* präsentierte Studie konzentrierte sich auf HEO auf der Basis von Übergangsmetallen (transition-metal-based high entropy oxides – TM-

HEO), die sich durch eine hohe Lithiumionen-Leitfähigkeit auszeichnen. Anhand von Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) untersuchten die Forscher die Struktur der TM-HEO und ihren Einfluss auf die Konversionsreaktion. Sie stellten fest, dass die Entfernung nur eines Elements die Entropie herabsetzt und die Zyklenfestigkeit verschlechtert. Jedes einzelne Element wirkt sich individuell auf das elektrochemische Verhalten der TM-HEO aus, sodass sich die Materialien für verschiedene Anforderungen maßschneidern lassen. Mit hin ergibt sich ein modularer Ansatz zur systematischen Entwicklung von Elektrodenmaterialien. „Unsere Studie hat gezeigt, dass entropiestabilisierte HEO sich deutlich von klassischen Konversionsmaterialien abheben“, erklärt Horst Hahn. „Um ihr volles Potenzial für Energiespeicheranwendungen zu erschließen, bedarf es allerdings weiterer Forschungsarbeiten.“

**Originalpublikation (Open Access):**

*Abhishek Sarkar, Leonardo Velasco, Di Wang, Qingsong Wang, Gopichand Talasila, Lea de Biasi, Christian Kübel, Torsten Brezesinski, Subramshu S. Bhattacharya, Horst Hahn & Ben Breitung: High entropy oxides for reversible energy storage. Nature Communications. 2018. DOI: 10.1038/s41467-018-05774-5*

Details zum KIT-Zentrum Energie: <http://www.energie.kit.edu>

**Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schafft und vermittelt das KIT Wissen für Gesellschaft und Umwelt. Ziel ist es, zu den globalen Herausforderungen maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information zu leisten. Dazu arbeiten rund 9 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften zusammen. Seine 25 500 Studierenden bereitet das KIT durch ein forschungsorientiertes universitäres Studium auf verantwortungsvolle Aufgaben in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft vor. Die Innovationstätigkeit am KIT schlägt die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen.**

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter:  
[www.sek.kit.edu/presse.php](http://www.sek.kit.edu/presse.php)

Das Foto steht in der höchsten uns vorliegenden Qualität auf [www.kit.edu](http://www.kit.edu) zum Download bereit und kann angefordert werden unter: [presse@kit.edu](mailto:presse@kit.edu) oder +49 721 608-21105. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.