

Press release

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Dr. Antonia Rötger

02/07/2020

<http://idw-online.de/en/news731082>

Research results, Transfer of Science or Research
Chemistry, Energy, Materials sciences, Physics / astronomy
transregional, national



Mit Neutronen und Röntgenlicht die Alterung von Lithium-Batterien analysiert

Ein internationales Team hat mit Neutronen- und Röntgen-Tomographie die dynamischen Prozesse untersucht, die an den Elektroden in Lithium-Batterien stattfinden und zu Leistungsabbau führen. Mit einem neuen mathematischen Verfahren gelang es, die zu einer kompakten Rolle aufgewickelten Elektroden „virtuell zu entrollen“ und so tatsächlich zu beobachten, was an den Elektroden geschieht. Die Studie wurde in Nature Communications veröffentlicht.

Lithium-Batterien sind überall eingebaut: Sie versorgen Smartphones, Laptops, Elektroräder und Elektroautos mit elektrischer Energie, die sie auf kleinstem Raum speichern. Diese kompakte Gestalt wird in der Regel erreicht, indem Dünnschichten, die im Innern der Batterien als Elektroden fungieren, eng umeinander gewickelt werden. Denn Elektroden müssen große Flächen besitzen, um hohe Kapazitäten und rasche Ladeprozesse zu ermöglichen.

Ein internationales Forscherteam um das Helmholtz-Zentrum Berlin und das University College London hat nun die Prozesse beim Speichern und Entladen an den Elektroden-Oberflächen erstmals mit einer Kombination aus zwei komplementären Tomographie-Verfahren untersucht. Mit Röntgen-Tomographie an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble konnten sie die Mikrostruktur der Elektroden analysieren und nachweisen, welche Verformungen und Risse während der Ladezyklen entstehen. „Die Neutronen-Tomographie ermöglichte dagegen, die Wanderung der Lithium-Ionen direkt zu beobachten und auch festzustellen, wie sich die Verteilung des Elektrolyten in der Batteriezelle mit der Zeit verändert“, erklärt Dr. Ingo Manke, Tomographie-Experte am HZB.

Die Neutronen-Tomographiedaten wurden überwiegend an der Neutronenquelle BER II am HZB gewonnen, wo mit dem Instrument CONRAD eines der weltweit besten Instrumente zur Verfügung stand. Weitere Daten konnten an der Neutronenquelle des Institut-Laue Langevin (ILL, Grenoble) gewonnen werden, wo mit Hilfe des Expertenteams des HZBs aktuell eine erste Neutronen-Imaging-Messstation aufgebaut wurde. Nach dem Abschalten des BER II im Dezember 2019 wird das CONRAD-Instrument am ILL aufgebaut, sodass es auch künftig für die Forschung zur Verfügung steht.

Mit einem neuen mathematischen Verfahren, das am Zuse-Institut in Berlin entwickelt wurde, konnten die Physiker die Batterie-Elektroden „virtuell entrollen“ – denn die gerollten Schichten der Batterie sind nur schwer quantitativ zu untersuchen. Erst durch die mathematische Analyse und das Entrollen lassen sich daraus Rückschlüsse auf Prozesse an einzelnen Schichten ziehen.

„Wir haben diesen Algorithmus hier erstmals auf einer typischen kommerziell erhältlichen Lithium-Batterie angewendet und in mehreren Rückkopplungsschritten gemeinsam mit den Informatikern des Zuse-Instituts weiter optimiert“, sagt Dr. Tobias Arlt vom HZB. „Der Algorithmus war ursprünglich mal zum virtuellen Entrollen von Papyrus-Rollen gedacht“, erläutert Manke. „Aber er lässt sich eben auch einsetzen, um herauszufinden, was genau in kompakten Batterien abläuft.“

Mit diesem Verfahren konnten typische Probleme bei gerollten Batterien untersucht werden: Beispielsweise zeigten die inneren Windungen eine ganz andere elektrochemische Aktivität (und damit Lithium-Kapazität) als die äußeren Windungen. Zudem verhielten sich auch die oberen und unteren Bereiche der Batterie jeweils sehr verschieden. Die Neutronen-Daten zeigten auch Bereiche, in denen es zu einem Elektrolyt-Mangel kam, was die Funktionsfähigkeit des jeweiligen Abschnitts stark einschränkte. Auch konnte gezeigt werden, dass die Anode nicht überall gleich gut mit Lithium be- und entladen wird.

„Wir haben mit dem entwickelten Verfahren ein einzigartiges Werkzeug, um in eine laufende Batterie hineinzuschauen und zu analysieren, wo und warum es zu Leistungsverlusten kommt. Daraus lassen sich spezifische Hinweise ableiten, um das Design von gerollten Batterien zu verbessern“, so Manke.

contact for scientific information:

Nature communications (2019): 4D imaging of Li-batteries using operando neutron and X-ray computed tomography in combination with a virtual unrolling technique

Ralf F. Ziesche, Tobias Arlt, Donal P. Finegan, Thomas M. M. Heenan, Alessandro Tengattini, Daniel Baum, Nikolay Kardjilov, Henning Markoetter, Ingo Manke, Winfried Kockelmann, Dan J. L. Brett, Paul R. Shearing

DOI: 10.1038/s41467-019-13943-3