



Live-Schaltung ins Innere der Batterie

Live-Schaltung ins Innere der Batterie
Mobiltelefone, Digitalkameras, Camcorder, Notebooks: Sie alle werden mithilfe von Lithium-Ionen-Akkus betrieben. Diese zeichnen sich durch ihre hohe Energiedichte aus, sind aber trotzdem nicht zu schwer oder zu groß für die tragbaren Geräte. "Ein Lithium-Ionen-Akku kann das Drei- bis Vierfache an Energie speichern im Vergleich zu einem gleich großen Nickel-Cadmium-Akku", erklärt Dr. habil. Ralph Gilles, Wissenschaftler an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) der TUM. Auch Temperaturschwankungen und längere Lagerung stellen für die Lithium-Ionen-Batterien kein Problem dar.
Aufgrund dieser Vorteile gelten die Akkus als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität. In nicht allzu ferner Zukunft sollen die Elektrofahrzeuge mit Kraftstoff-betankten Transportmitteln mithalten können - auch was die Reichweite betrifft. Dazu sind leistungsfähige, sichere und schnell aufladbare Akkus notwendig.
Lithium-Plating kann Kurzschluss verursachen
Ein bereits bekanntes, aber bisher nicht im Detail untersuchtes Phänomen steht diesem Ziel im Weg: Die Ablagerung von metallischem Lithium, das sogenannte Lithium-Plating.
Der Hintergrund: Die Energiespeicherung bei einem Lithium-Ionen-Akku funktioniert vereinfacht gesagt nach folgendem Prinzip. Sowohl der Pluspol (die Kathode) als auch der Minuspol (die Anode) haben die Fähigkeit, Lithium-Ionen zu binden. Während des Ladens zwingt das elektrische Feld die Ionen, von der Kathode zur Anode zu wandern. Beim Entladen dagegen strömen die Lithium-Ionen wieder zurück zur Kathode, wobei Energie frei wird.
Die Kathode in den Lithium-Ionen-Akkus besteht aus einem Lithium-Metall-Oxid, das Standardmaterial für den Minuspol der Batterie ist Graphit (Kohlenstoff), das eine Schichtstruktur aufweist. In diese Schichten lagern sich die Lithium-Ionen während des Ladens ein.
Nun kann es vorkommen, dass die Lithium-Ionen - statt sich wie erwünscht in die Anode einzulagern - metallisches Lithium bilden. Dieses Lithium lagert sich an die Anode an und steht damit zum Teil nicht mehr für den zuvor beschriebenen Prozess zur Verfügung. Das bedeutet, die Leistungsfähigkeit der Batterie ist vermindert. In extremen Fällen kann es sogar zu einem Kurzschluss kommen. Metallisches Lithium ist außerdem schnell entflammbar.
Zerstörungsfreie Untersuchung mithilfe von Neutronenstrahlen
Bisher war es nicht möglich, den Mechanismus des Lithium-Platings genau zu beobachten. Wird die Batterie geöffnet, kann immer nur eine Momentaufnahme des Zustands beobachtet werden, erklärt Gilles. Allerdings ändert sich die Menge des metallischen Lithiums laufend. Mithilfe von Neutronenstrahlen konnten die Wissenschaftler Dr. Veronika Zinth von der Forschungs-Neutronenquelle FRM II und Christian von Lüders vom Lehrstuhl für Elektrische Energiespeichertechnik die Prozesse in der Batterie live beobachten, ohne diese aufzuschneiden.
Im Vergleich zu anderen Methoden kann man mittels Neutronendiffraktion genauere Aussagen treffen, wann wie stark das Lithium-Plating auftritt", erklärt Veronika Zinth.
Am Materialforschungsdiffraktometer STRESS-SPEC am FRM II bestrahlten die Forscher die Batterie während des Ladens und Entladens mit Neutronenstrahlen. Der einfallende Neutronenstrahl wird an der Batterie nach dem Gesetz der Bragg'schen Gleichung gebeugt und schließlich in einem Detektor aufgenommen. Anhand dieser Signale ermitteln die Wissenschaftler indirekt, wie viel metallisches Lithium sich gebildet hat.
Schnellere Ladung bedeutet mehr metallisches Lithium
Erste Ergebnisse der Messungen:
Je schneller der Ladevorgang, desto mehr metallisches Lithium wird gebildet. Bis zu 19 Prozent der normalerweise am Lade- und Entladeprozess beteiligten Lithium-Ionen liegen dabei als metallisches Lithium vor. (Die Messung wurde bei -20 Grad Celsius durchgeführt.)
In einer Pause von 20 Stunden nach einem schnellen Ladevorgang reagiert ein Teil des metallischen Lithiums wieder mit dem Graphit, Lithium-Ionen lagern sich in die Graphit-Schicht ein. Es handelt sich sozusagen um einen nachträglichen, langsamen Ladevorgang. Allerdings ist nur ein Teil des Lithium-Platings reversibel.
Tiefe Temperaturen begünstigen die Bildung von metallischem Lithium.
Die Wissenschaftler planen weitere Experimente, die den Mechanismus des Lithium-Platings noch detaillierter aufklären sollen. Diese Ergebnisse könnten dabei helfen, herauszufinden, wie das Phänomen sich so gut wie möglich vermeiden lässt. Hierzu gehört auch die Beantwortung der Frage, wie schnell geladen werden kann, bevor Lithium-Plating einsetzt.
Die Studie ist Teil des BMBF-Projektes ExZellTUM (Exzellenzzentrum für Batteriezellen). Das Projekt ExZellTUM betrachtet die Entwicklung neuer Energiespeichersysteme sowie neuer Fertigungsprozesse, Formierungsstrategien und Testtechnologien für deren Produktion. An dem Projekt sind der Lehrstuhl für Elektrische Energiespeichertechnik, das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, der Lehrstuhl für Technische Elektrochemie und die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz beteiligt.
Publikation: Lithium plating in lithium-ion batteries at sub-ambient temperatures investigated by in situ neutron diffraction, Veronika Zinth, Christian von Lüders, Michael Hofmann, Johannes Hattendorf, Irmgard Buchberger, Simon Erhard, Joana Rebelo-Kornmeier, Andreas Jossen, Ralph Gilles, Journal of Power Sources, [Doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.07.168](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.07.168)
Kontakt:
Dr. habil. Ralph Gilles
Technische Universität München
Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)
Tel: +49 89-289-14665
ralph.gilles@frm2.tum.de
<http://www.frm2.tum.de>

Pressekontakt

TU München

80333 München

Firmenkontakt

TU München

80333 München

Die Technische Universität München (TUM) ist mit rund 420 Professorinnen und Professoren, 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (einschließlich Klinikum rechts der Isar) und 22.000 Studierenden eine der führenden Universitäten Deutschlands. Ihre Schwerpunktfelder sind die Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften, Lebenswissenschaften, Medizin und Wirtschaftswissenschaften. Nach zahlreichen Auszeichnungen wurde sie 2006 vom Wissenschaftsrat und der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Exzellenzuniversität gewählt. Das weltweite Netzwerk der TUM umfasst auch eine Dependence in Singapur. Die TUM ist dem Leitbild einer unternehmerischen Universität verpflichtet.