

## 1. Preis

Natur- und Technikwissenschaften

Johannes Wandt

# Optimierte Lithium-Batterien für E-Mobile

Johannes Wandt hat Analyseverfahren entwickelt, mit denen chemische Vorgänge beim Laden und Entladen von Lithium-Ionen-Zellen in Echtzeit überwacht und optimiert werden können. Der Chemiker will damit unter anderem die Ladezeiten verkürzen und die Reichweite von E-Mobilen deutlich erhöhen.



Herkömmliche Autos sind für 23 Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Abhilfe versprechen Elektroautos, sofern diese mit Strom aus regenerativen Quellen aufgeladen werden. Um die Klimaziele zu erreichen – bis 2020 soll der deutsche CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 40 Prozent gegenüber 1990 sinken –, fördert das Umweltministerium E-Mobile mit einer Kaufprämie von bis zu 4000 Euro. Allerdings bleiben die Verkaufszahlen hinter den Erwartungen zurück. »Das Ziel von einer Million Elektroautos auf deutschen Straßen bis 2020 wird voraussichtlich deutlich verfehlt«, sagt Johannes Wandt. Dies liege zum einen an den langen Ladezeiten für die Batterien – eine Vollladung dauert rund eine Stunde an der Ladesäule –, zum anderen an der »Reichweitenangst«: »Viele sorgen sich, weiter entfernte Ziele nicht in einem Rutsch erreichen zu können – bei etwa 250 Kilometer maximaler Reichweite durchaus berechtigt.«

Zur Lösung der Problematik hat der Chemiker in seiner Doktorarbeit unter anderem nach Möglichkeiten gesucht, die Zeitspanne zum Aufladen der Batterien zu verkürzen. Außerdem forschte er an neuartigen Batterietypen mit höherer Energiedichte, die auch die Reichweite deutlich vergrößern würden.

## Gläserner Körper statt »Autopsie«

Bei herkömmlichen Tests bleiben die chemischen Vorgänge im Innern der Batterie verborgen, da die Forschenden erst nachträglich die Metallgehäuse öffnen und das Innenleben inspizieren – »ähnlich wie bei einer Autopsie«. Folge ist, dass viele Prozesse unerkannt bleiben: »Die chemischen Vorgänge und Reaktionen in den Zellen laufen teils sehr schnell ab und können trotzdem die Funktion nachhaltig beeinträchtigen. Bei nachträglichen Untersuchungen sehen die Forscher oft nur den Endschaden, nicht aber, wie es dazu kam.«



An diesem Punkt setzt Wandt in seiner Doktorarbeit an. Gemeinsam mit einem Team entwickelte er – buchstäblich – »gläserne« Lithium-Testbatterien, bei denen alle inneren Vorgänge auch live beobachtet und gemessen werden können. »Operando-Verfahren« nennt der Chemiker diese Echtzeitüberwachung. Die »Operando«-Testzellen sind durchlässig für elektromagnetische Strahlung wie Licht-, Radio- oder Mikrowellen und können dadurch auch im laufenden Betrieb mit unterschiedlichen Verfahren spektroskopisch untersucht werden.

Lithium-Batterien verfügen in ihrem Innern über zwei großflächige Elektroden (Plus- und Minuspol), die mittels einer dünnen Schicht aus flüssigem Elektrolyt elektrisch und mechanisch voneinander getrennt sind.

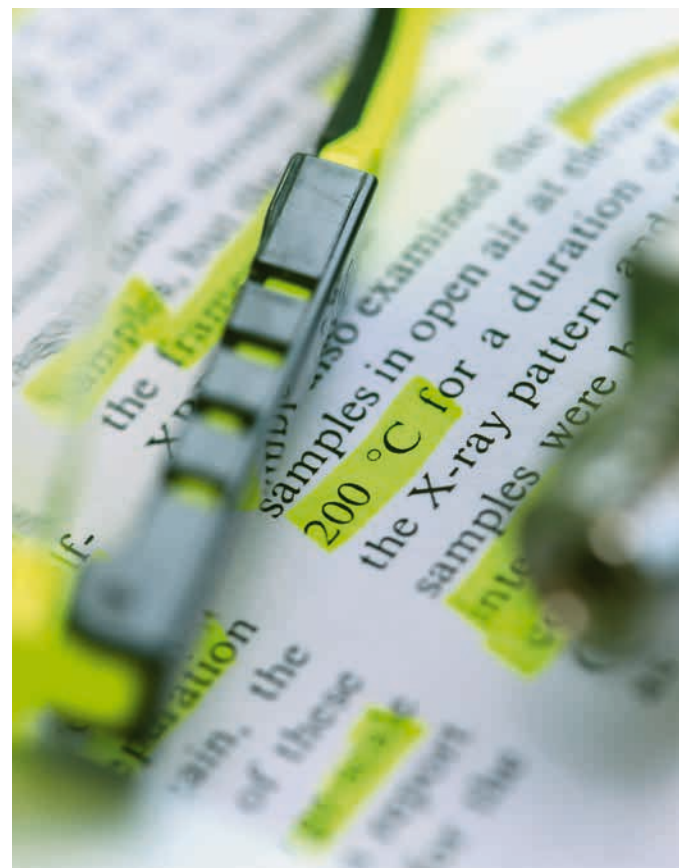
Johannes Wandt (30) studierte Chemie an der Technischen Universität München (TUM) sowie der KTH Stockholm, bevor er an der TUM von 2013 bis 2017 zu dem Thema »Operando Characterization of Fundamental Reaction Mechanisms and Degradation Processes in Lithium-Ion and Lithium-Oxygen Batteries« promovierte. Neben seiner Promotion arbeitete er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für technische Elektrochemie. 2017 wurde er mit dem Publikationspreis der Gesellschaft Deutscher Chemiker ausgezeichnet, von 2017 bis 2018 war er Gastwissenschaftler (Postdoc) an der Curtin University in Perth. Derzeit arbeitet er bei BMW an der Schnellladefähigkeit von Lithium-Ionen-Batterien.

**Beitragstitel Bessere Batterien: Direkte Einblicke in Alterungsprozesse von Lithium-Ionen und »Post-Lithium-Ionen«-Zellen**

**Dr. Johannes Wandt**

Batteriezelltechnologie – Vorentwicklung, Anforderung, Konzepte, BMW Group, München  
✉ johannes.wandt@gmail.com

Promotion an der Technischen Universität München



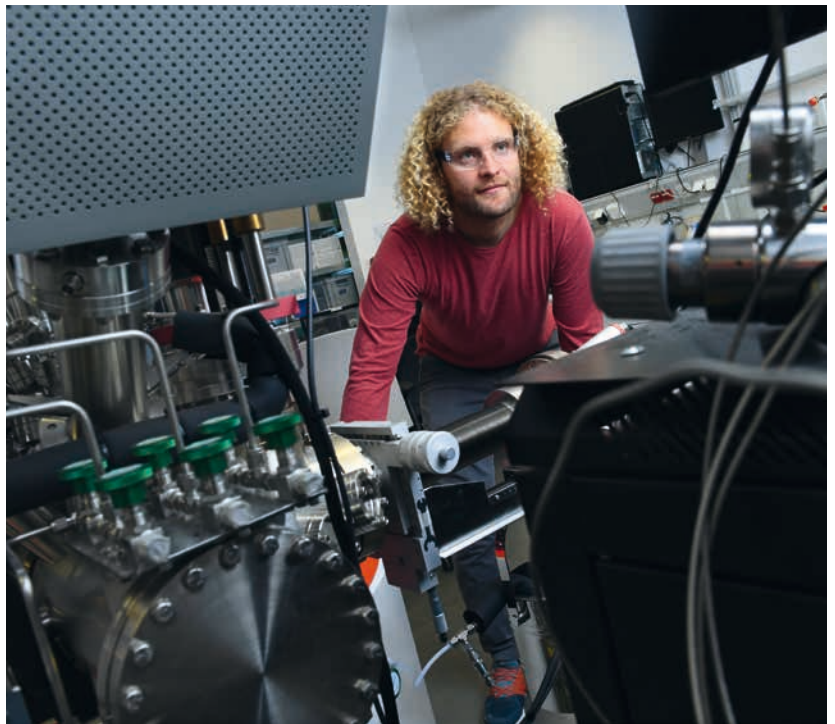
Die Anode (Minuspol) besteht aus Graphit, die Kathode (Pluspol) aus einem Metalloxid. Ist die Zelle aufgeladen, befinden sich Lithium-Ionen, zusammen mit je einem Extradelektron, im Graphit. Beim Entladen wandern die Lithium-Ionen durch den Elektrolyten zur Kathode und werden im dortigen Metalloxid eingelagert. Gleichzeitig fließt über die äußeren Anschlüsse der Batterie ein elektrischer Strom, der zum Beispiel ein Elektroauto antreibt. Werden die Batterien zu schnell aufgeladen, vermag das Graphit der Anode die Lithium-Ionen nicht mehr schnell genug einzulagern. Folge: Auf der Graphit-Oberfläche scheidet sich eine dünne Schicht aus metallischem Lithium ab. Dies führt zu irreversiblen Kapazitätsverlust. Wächst die Lithium-Schicht stark an, können sogar metallische »Dorne« (Dendriten) wachsen, die durch den Elektrolyten dringen und Kurzschlüsse sowie Brände hervorrufen. Solche Feuergefahr war der Grund, warum ein koreanischer Hersteller 2016 eine komplette Handy-Serie zurückziehen musste.

Um solche schädlichen Abscheidungen zu vermeiden, müssen die Ladeströme begrenzt werden. Aus Sicherheitsgründen geben Batterieforschende meist einen konservativ niedrigen Mittelwert vor. Dadurch steigt allerdings auch die Zeit für das Aufladen.

## Lithium-Luft-Batterien könnten die Reichweite von E-Mobilen verzehnfachen

Wandt hat bei seinen Operando-Studien herausgefunden, dass der Ladestrom zeitweise auch höher vorgegeben werden kann. Die jeweils zulässige Obergrenze ist fließend und hängt von vielen Faktoren ab, etwa von der Temperatur. Darauf aufbauend, können Forschende intelligente Ladeprotokolle entwickeln, die den Ladestrom flexibel dem jeweiligen Zustand der Zellen anpassen. Das Ergebnis wären deutlich kürzere Ladezeiten – ohne die Gefahr von Schäden und Überhitzung.

Eine »echte Revolution« in der Batterietechnik versprechen laut Wandt aber erst grundlegend neue Konzepte wie Lithium-Luft-Batterien, in deren Kathode statt eines Metalloxids Sauerstoff verwendet wird. »Solche Zellen könnten die Reichweite von E-Mobilen schätzungsweise verzehnfachen und gleichzeitig



die Kosten deutlich senken«, erklärt er. Allerdings steckt die Entwicklung noch in den Kinderschuhen. Bisher überleben diese Zellen nur wenige Ladezyklen. Immerhin konnte Wandt mit seiner Operando-Methode erstmals die Hauptursache der geringen Lebenszeit klären: Während des Aufladens bilden sich für Sekundenbruchteile hochreaktive Sauerstoffverbindungen – sogenannter »Singulett-Sauerstoff« –, die die Zellen irreversibel schädigen. Bisher konnten Forschende diesen Stoff nicht nachweisen, weil sie die Batterien erst »posthum« aufsägen, wenn er längst zerfallen ist – mit dem Operando-Verfahren ist es vorab möglich.

Studienpreis-Juror **Prof. Dr. Peter H. Seeberger**

»Die Batterieleistung ist das Nadelöhr der Elektromobilität. Bisher gelingen Entwicklerinnen und Entwicklern nur schleppend Steigerungen bei erzielbarer Reichweite und Ladetempo. Der Chemiker Johannes Wandt leistet extrem gute Grundlagenforschung, die der Batterietechnik einen entscheidenden Schub geben könnte: Er entwickelt Testbatterien, deren Ladeprozesse sich live beobachten lassen. In diesem »Operando«-Verfahren gelingt es, die Vorgänge im Inneren der Speicherzelle besser zu verstehen und zu zeigen, wie sich die Kapazitäten optimal ausreizen lassen. Wandt geht sein Forschungsthema mit großer Sorgfalt und Tiefe an. Die Ergebnisse sind beeindruckend und von beträchtlicher Tragweite.«