

Batteriespeicher mit all ihren Facetten



Die Stromproduktion aus Photovoltaik und Windkraftanlagen schwankt. Wollen wir sie noch stärker nutzen, ist es notwendig, dass wir überschüssigen Strom zwischenspeichern und dann bei Bedarf bereitstellen können.

Birgit Baustädter



Neben großen Energiespeichern werden auch Batterien in E-Autos und in Haushalten immer größer und robuster. An der TU Graz blicken Forschende tief ins Materialinnere, verbessern Sicherheit und Leistungskraft und schauen sich Materialkreisläufe genauer an.



Batterien begleiten uns überall in unserem Alltag: Als Rundzellen in allen Arten von Haushaltsgeräten, unsichtbar verbaut in unseren Mobiltelefonen oder als Energiespeicher in elektrisch betriebenen Fahrzeugen. Auch als Speicher für Strom aus erneuerbaren Energiequellen wie Wind- und Sonnenkraft gewinnen sie an Bedeutung. Anders als bei Öl, Gas und Kohle schwankt die Stromproduktion aus diesen erneuerbaren Energieträgern unbeeinflussbar. Diese Volatilität ist vor allem den Wetterbedingungen, aber auch den Jahreszeiten geschuldet und muss ausgeglichen werden. Vor allem in Bezug auf die Netzstabilität ist das ein wichtiges Thema (lesen Sie dazu auch den Kommentar von Robert Schürhuber auf Seite 8). Überschüssiger Strom kann zwar in manchen Fällen ins Ausland transportiert werden, aber da europaweit der Ausbau der erneuerbaren Energiequellen forciert wird, stellt sich auch in unseren Nachbarländern immer öfter die Frage: Wie können wir Strom zwischenspeichern? Darüber hinaus wird mit dem Export überschüssigen Stroms auch das Problem der fehlenden Produktion an windstillen oder wolkenverhangenen Tagen nicht gelöst, für die ebenfalls gespeicherte Energie bereitgestellt werden muss.

Aufgrund geografischer Gegebenheiten wird in Österreich vor allem in Pumpspeicherkraftwerken Energie zur Elektrizitätserzeugung zwischengespeichert. Sie können in Flautezeiten die in Speicherseen gespeicherte Energie durch Energieumwandlung in Wasserturbinen und Generatoren in elektrische Energie wandeln und ins Netz einspeisen. In Zukunft soll der Speicherbedarf aber auch mit großen Batterien abgedeckt werden, wie es in anderen Ländern bereits umgesetzt wird. Die Herausforderung dabei erklärt Robert Schürhuber vom Institut für Elektrische Anlagen und Netze:

„Stromspeicher müssen billig, groß und schnell sein. Das ist aber kaum unter einen Hut zu bringen.“

Damit dieses Problem gelöst werden kann, forschen Wissenschaftler*innen an der TU Graz intensiv an Verbesserungen genauso wie an völlig neuen Batteriekonzepten. Und natürlich auch an der Sicherheit, an die die Anforderungen mit größerer Verbreitung und höheren Speicherleistungen immer höher werden.

MATERIALIEN FÜR BATTERIEN

Die Materialien sind ein entscheidender Faktor, wenn es darum geht, Batterien umweltfreundlicher und leistungstärker zu machen. Grundsätzlich besteht eine Batterie aus einer Anode und einer Kathode, dazwischen befindet sich ein Elektrolyt, in dem sich die Ionen beim Laden und Entladen von einem Batteriepol zum anderen bewegen. Batterien werden aus unterschiedlichen Stoffen wie Kobalt oder Lithium hergestellt, die in ihrem Abbau und ihrer Deponierung der Umwelt schaden. Deshalb untersuchen Forschende, welche neuen und weniger umweltschädlichen Materialien es gibt, die die Batterie vielleicht sogar noch leistungstärker machen. Unter anderem damit ist das Institut für Chemische Technologie von Materialien befasst. Hier werden unterschiedlichste Arten von Energiematerialien mittels neuester spektroskopischer Werkzeuge und Synthesemethoden untersucht, verbessert und neu entwickelt. Insbesondere geht es den Forschenden um unterschiedliche Reaktionen in den Materialien, kinetische Phänomene und dynamische Prozesse. Anwendungen finden die Forschungsergebnisse dann etwa in Energiespeichern und Solaranlagen.

Bernhard Gadermaier untersucht am Institut zum Beispiel, wie sich Ionen im Festkörper bewegen und wie diese Bewegung mit der atomaren Anordnung im Festkörper zusammenhängt. „Ich mache das einerseits aus Grundlageninteresse, weil es mich einfach interessiert, wie diese Bewegung stattfindet. Andererseits ist es aber natürlich auch in der Anwendung wichtig, darüber Bescheid zu wissen und die Bewegung der Ionen vielleicht zu kontrollieren und nutzen zu können.“ Ziel ist es im Endeffekt, die Forschung dahingehend zu nutzen, das Leben von Batterien zu verlängern, die Energiedichte zu erhöhen und die Leistungsfähigkeit zu verbessern. „Ich arbeite oft mit Oxiden, die Lithium, Natrium oder Kalium enthalten. Aber seit kurzer Zeit auch sehr intensiv an Mischionenleitern, die nicht nur Ionen – also positiv geladene Teilchen –, sondern auch negativ geladene Elektronen leiten. Das ist eine sehr spannende Dynamik.“ Als aktuellen Trend im Bereich Materialien sieht er vor allem den Übergang von flüssigen zu festen Elektrolyten in Lithium-Ionen-Akkus, aber auch die Verschiebung hin zu Natrium-Ionen-Technologien.



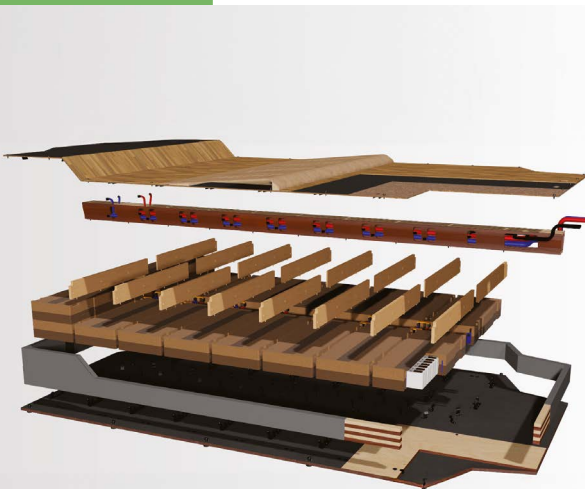
Talk Science to Me
Bernhard Gadermaier

VanillaFlow: Gänzlich neue konzeptuelle Wege ist TU Graz-Forscher Stefan Spirk in den vergangenen Jahren mit seinem Projektteam gegangen. Er erforschte unter Zuhilfenahme von KI die Nutzung von Vanillin als umweltverträglichem Elektrolyten für Redox-Flow-Batterien. Nach erfolgreichen Vorarbeiten ist aus der Forschung das Start-up Ecolyte hervorgegangen. Gleichzeitig erhielten die Wissenschaftler*innen für ihr Projekt VanillaFlow 2023 eine Förderung des European Innovation Council (EIC), die die Umsetzung in kommerzielle Produkte beschleunigt.

Ganz tief ins Materialinnere schaut das Institut für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik der TU Graz, das in eine Vielzahl dieser Projekte eingebunden ist. Hier nutzen Forschende modernste mikroskopische und spektroskopische Verfahren, um zum Beispiel Lithium-Eisenphosphat, eines der wichtigsten Materialien für Batterien in E-Autos, zu untersuchen. Vergangenes Jahr konnten sie so beobachten, warum Akkus aus diesem Material ihre theoretischen Stromspeicherkapazitäten zum Teil um ganze 25 Prozent unterbieten. Bei Untersuchungen mit Transmissionselektronenmikroskopen konnten sie die Lithium-Ionen auf ihrem Weg durch das Batteriematerial systematisch verfolgen, ihre Anordnung im Kristallgitter einer Eisenphosphat-Kathode mit noch nie dagewesener Auflösung abbilden und ihre Verteilung im Kristall genau quantifizieren. „Durch die Kombination verschiedener Untersuchungsmethoden konnten wir bestimmen, wo das Lithium in den Kristallkanälen positioniert ist und auf welchen Wegen es dort hingelangt“, erläutert Nikola Šimić, Forscher am Institut. „Die von uns entwickelten Methoden und die gewonnenen Erkenntnisse zur Ionen-diffusion lassen sich mit nur geringen Anpassungen auch auf andere Batteriematerialien übertragen, um sie noch präziser zu charakterisieren und weiterzuentwickeln.“

Am Institut für Materialphysik werden ebenfalls die Materialien in Batterien untersucht. Insbesondere will man Einblicke in die Be- und Entladungsprozesse bei Lithium- und Natriumionenbatterien gewinnen und setzt dafür magnetische Messmethoden ein. Hierbei macht man sich zunutze, dass die typische Kathode einer solchen Batterie aus einem Übergangsmetalloxid besteht, das beim Be- und Entladen oxidiert oder reduziert wird. Diese elektrochemischen Vorgänge können mit einem sogenannten Magnetometer in einem speziell entwickelten Messaufbau empfindlich verfolgt werden.

Batteriegehäuse aus
dünnem Stahl und Holz.



M. Wagner – TU Graz



Talk Science to Me
Florian Feist

NACHWACHSENDE
HÜLLE

IN HOLZ GEBETTET

Neben der Batterie selbst kann auch deren Gehäuse umweltfreundlicher gemacht werden. Derzeit besteht es häufig aus Aluminium, könnte aber in Zukunft aus einer dünnen Stahlhülle bestehen – im Verbund mit Holz. „Holz kann bei einem Crash sehr viel Energie aufnehmen, weil es aus winzigen Zellen besteht, die unter Druck kollabieren“, erklärt Florian Feist. „Als Brandschutz nutzen wir Kork, der unter hohen Temperaturen verkohlt. Dadurch wird seine Wärmeleitfähigkeit stark reduziert.“ So werden angrenzende Batterien oder auch der Fahrzeuginnenraum beziehungsweise die Insass*innen geschützt. Bei Sicherheitsexperimenten und -simulationen schnitten die Gehäuse hervorragend ab, bei Brandschutztests sogar besser als der Marktstandard.

„Wir waren selbst überrascht, wie gut unser System funktioniert“,

freut sich Feist. Im nächsten Schritt will der Forscher testen, ob auch niederwertiges Holz und alter Kork verwendet werden können, was die Umweltwirkung noch einmal um einen Schritt verbessern könnte.

SICHERE ENERGIESPEICHER

Die erwähnte Sicherheit ist einer der wichtigsten Faktoren für die zukünftige Nutzung von Batterien. Wenn Energiespeicher leistungsfähiger sind und schneller geladen werden sollen, dann müssen auch die Sicherheitskonzepte in gleichem Maße mitwachsen.

Federführend ist in diesem Thema das erst kürzlich gegründete FFG-Comet-Zentrum Battery4Life, dessen Ziel es ist, z. B. Lithium-Ionen-Batterien sicherer, performanter und langfristiger nutzbar zu machen. So wird das Verhalten der Energiespeicher unter hohen Belastungen erforscht und analysiert, Vorhersagemodelle auch mithilfe von KI-Ansätzen erstellt, ein genauer Blick auf die Alterung von Batterien geworfen und dabei vor allem beobachtet, wie sich die Änderungen des Verhaltens über die Lebensdauer auf die Sicherheit im Betrieb auswirkt. Zentral für den sicheren, langfristigen Betrieb im ersten und zweiten Leben ist auch eine kontinuierliche Überwachung der Batterien – dafür sollen im Forschungszentrum unter anderem neue Messverfahren und Qualifizierungsmethoden entwickelt werden.

Im Battery Safety Centre, das am Institut für Fahrzeugsicherheit angesiedelt ist, werden die intensiven und gefährlichen Versuche durchgeführt: Hier werden Batterien gestaucht, gedrückt, gequetscht und bei extrem hohen Geschwindigkeiten gegen die Wand gefahren. So werden die Energiespeicher bis zum Versagen getestet und dabei wertvolle Daten zu ihrem Verhalten vom klassischen Betrieb bis hin zu Extremsituationen gesammelt. Diese Daten helfen dabei, die Belastbarkeitsgrenzen von Batterien zu definieren, ihre Sicherheit nach unterschiedlichen Belastungen zuverlässig zu bewerten und in weiterer Folge auch Aussagen über ein mögliches zweites Leben zum Beispiel als stationärer Energiespeicher zu machen.

Im nächsten Jahr kommt im Zentrum ein neuer Prüfstand dazu, der besonders im Bereich der mechanischen Belastung und Batteriecharakterisierung neue Forschungserkenntnisse bringen wird. So setzen Forschende Batterien ganz gezielt unter Druck,

SICHER, PERMANENT & LANGFRISTIG NUTZBAR



Talk Science to Me
Jörg Moser



um etwa den Zustand von Batteriepacks in einem E-Auto zu simulieren. Die im Druckversuch belasteten Batterien können dann be- und entladen werden, um dabei elektrische Kenngrößen zu ermitteln. „Aber wir können damit noch viel mehr testen. Dank eines ausgeklügelten Messsystems und der neuen Prüfstandskonstruktion erreichen wir eine sehr hohe Messgenauigkeit, die jene unserer aktuellen Prüfstände um ein Vielfaches übersteigen wird. So können wir noch präzisere Daten für unsere Simulationsmodelle generieren“, sagt Jörg Moser, der das Zentrum leitet. Das Zentrum steht für Kooperationen und Auftragsforschung aus Wirtschaft und Industrie offen. Interessierte Unternehmen können Forschungsfragen stellen und die Forschenden am Zentrum entwickeln gemeinsam mit den Auftraggeber*innen das passende Forschungsdesign, um alle relevanten Fragen zu untersuchen.

Zum Battery Safety Centre
der TU Graz.

ERSATZZELLE

Die Sicherheitsvorkehrungen an Forschungseinrichtungen wie dem Battery Safety Centre sind natürlich enorm, werden dort doch Batterien bis an ihre Grenzen getestet. Aber es gibt auch Forschungsprojekte, in denen Batterien zwar Thema sind, aber nicht so zentral, dass aufwendige Sicherheitsvorkehrungen wie im Battery Safety Centre gebaut werden können.

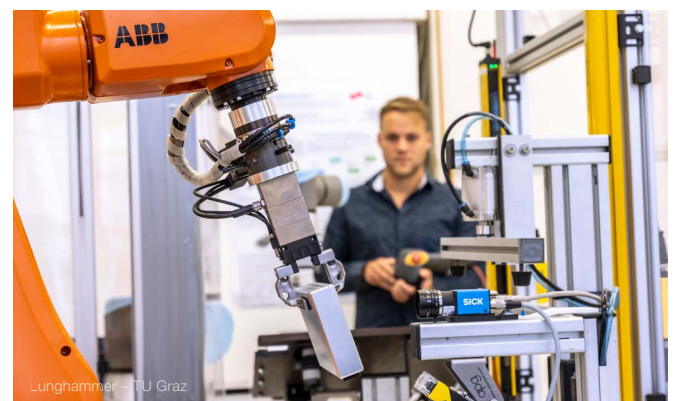
Talk Science to Me
Roland Lorbeck

Talk
Science
to Me

Damit zum Beispiel Kühlsysteme funktionieren, muss die Wärmeentwicklung in einer Batteriezelle oder einem Batteriepack beachtet werden. Am Institut für Thermodynamik und Nachhaltige Antriebssysteme wird genau für solche Fälle an einer Ersatzzelle geforscht. „Es ist eine klassische Rundzelle, die im Inneren aber nur aus einer Heizfolie und Elektronik besteht“, erklärt Eberhard Schutting, der das Projekt leitet. „Damit können wir die Wärmeentwicklung simulieren, schalten aber die Gefahrenquellen aus, die bei grenzwertigen Belastungen zu einer chemischen Reaktion und einem Brand führen können.“ Die Oberfläche der Ersatzzelle erhitzt sich wie die einer herkömmlichen Batterie. Gekoppelt mit einer ausgeklügelten Simulation, die am Prüfstand im Hintergrund läuft, kann so der Betrieb exakt nachgebildet werden.

MATERIALKREISLÄUFE UND AUTOMATISIERTES RECYCLING

Neben der Sicherheit sind an der TU Graz auch die Fertigung und das Recycling von Batterien wesentliche Themen. Gemeinsam mit der AVL betreibt das Institut für Fertigungstechnik deshalb das Battery Innovation Centre – im großen Format am Gelände der AVL, im Kleinen in den Räumlichkeiten der TU Graz. Hier arbeiten die Forschenden an automatisierten Konzepten für den Bau und die Qualitätskontrolle. Ganz neu kommt im Projekt Battbox das Thema Recycling und Materialkreisläufe dazu. Neben der Kontrolle und dem Bau soll das System künftig auch Batteriepacks analysieren, sortieren und gegebenenfalls auseinandernehmen können. In weiterer Folge werden die Einzelteile dann dem Recycling zugeführt oder die wertvollen Komponenten und Rohstoffe für den Bau neuer Zellen und Speichersysteme verwendet.



Automatischer Bau, Kontrolle,
Analyse und Abbau von Batterien.

DIE ZUKUNFT

Das Thema Energiespeicher wird uns in Zukunft noch umfassend begleiten. Sei es nun im Bereich der Batterien, deren Weiterentwicklung und Verbesserung oder auch bei alternativen Speichern wie Brennstoffzellen oder ähnlichen Systemen.

**Zentraler Forschungsfokus der TU Graz
sind neue Materialien, die Batterien
leistungstärker und umweltfreundlicher
machen,**

aber auch die Sicherheit von Batterien und die Anforderungen, die die steigenden Speicherkapazitäten in Zukunft an Batterien stellen.