

Die Festkörperbatterie - Die Zukunft der Elektromobilität?

Von Patrick Habermacher – 07. November 2019

Die Entwicklung der heutigen Lithium-Ionen-Batterie kommt an ihre Grenzen. Für den Einsatz in der Elektromobilität wie auch in anderen Bereichen werden immer leistungsstärkere Batterien mit einer höheren Kapazität benötigt. Dazu soll die Batterie der Zukunft sicherer im Betrieb, ökonomisch attraktiv sowie ressourcen- und umweltschonend sein. In Zukunft könnte uns die «eierlegende Wollmilchsau» der Batterien zur Verfügung stehen, denn die weitere Entwicklung der Festkörperbatterie sieht erfolgsversprechend aus. Doch wo steht die Forschung heute? Welche Probleme müssen noch bewältigt werden und was trägt der Forschungsstandort Schweiz dazu bei? Hier kommt ein Erklärungsversuch.

«Die einzige Konstante im Universum ist die Veränderung», schrieb einst der griechische Philosoph Heraklit. Treffender kann man den Wandel der Mobilität in der Geschichte der Menschheit nicht umschreiben.

Gerade jetzt, wo der «Dieselskandal» noch in bester Erinnerung ist und die Zeitungen voller Artikel zum Klimawandel und der CO₂-Thematik sind, steht die Automobilindustrie im Zeichen des Wandels. Durch politische Entscheidungen zur Luftreinhaltung und zur Reduzierung der CO₂-Emissionen stehen die traditionellen Autobauer unter Druck. Immer mehr Hersteller schwenken vom konventionellen Verbrenner-Konzept in Richtung Elektromobilität. VW-Chefstrategie Michael Jost verkündete per Ende 2026 den Ausstieg aus der Verbrenner-Technologie¹, Mercedes plant den Ausstieg per 2039².

Auch wenn der Marktanteil der neu zugelassenen reinen Elektrofahrzeuge stetig steigt, machte er mit 5'411 Fahrzeugen im Jahr 2018 nur gerade 1.8 % aller in der Schweiz neu immatrikulierten Personenwagen aus. Ende September 2019 waren es bereits 8'877 Fahrzeuge³. Und die Tendenz zeigt weiterhin nach oben.

Zu verdanken ist dieses Wachstum auch der stetigen Weiterentwicklung und Verbesserung der Batterietechnologie. Diese wird immer leistungsstärker und die Energiedichte nimmt zu. So verdreifachte sich die spezifische Energie [Wh/kg] von Sekundärbatterien in den letzten 20 Jahren,⁴ was wiederum die maximal mögliche Reichweite der Fahrzeuge begünstigt. Doch gerade die Speichertechnologie ist die Achillesferse der Elektromobilität.

Was tun die Automobilhersteller?

Während in Japan und Südkorea Wasserstoff in Verbindung mit der Brennstoffzelle als Energiespeicher für die Mobilität durchaus als Alternative in Betracht gezogen wird, setzen Tesla und die europäischen Automobilkonzerne zurzeit hauptsächlich auf die Lithium-Ionen-Technologie. Die Entwicklung der herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterie mit flüssigem Elektrolyt ist ausgereizt, die Zukunft zeigt in Richtung der Festkörperbatterie.⁵ Vor allem VW und Toyota informieren in regelmässigen Abständen, dass man langfristig in die Entwicklung der Festkörperbatterien investiert und die Forschung diesbezüglich forciert. So verkündete Toyota, eine serienreife Festkörperbatterie bei den kommenden olympischen Sommer-Spielen 2020 der Öffentlichkeit vorzustellen.⁶ «Sich Mühe geben wollen ist nicht genug. Man sollte auch wirklich liefern können», so Shigeki Terashi, der für die Sparte der Elektrofahrzeuge von Toyota zuständig ist.

VW hingegen beteiligt sich mit 100 Millionen Dollar an der Firma QuantumScape, die zu den führenden US-Technologieunternehmen für Festkörperbatterien gehört. Der deutsche Konzern erhofft sich ab 2025 mit der Grossserienproduktion beginnen zu können.⁷

¹<https://boerse.ard.de/aktien/vw-verabschiedet-sich-vom-verbrennungsmotor>

²<https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.daimler-verzichtet-auf-verbrennungsmotor>

³<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr>

⁴<https://www.elektronikpraxis.vogel.de>

⁵ Festkörperbatterie, Feststoffbatterie, Festkörper Akku-oder auch Feststoff-Akku genannt.

⁶<https://www.focus.de/auto/elektroauto/feststoff-batterie-toyota-kuendigt-an-wunder-akku-schon-2020-serienreif>

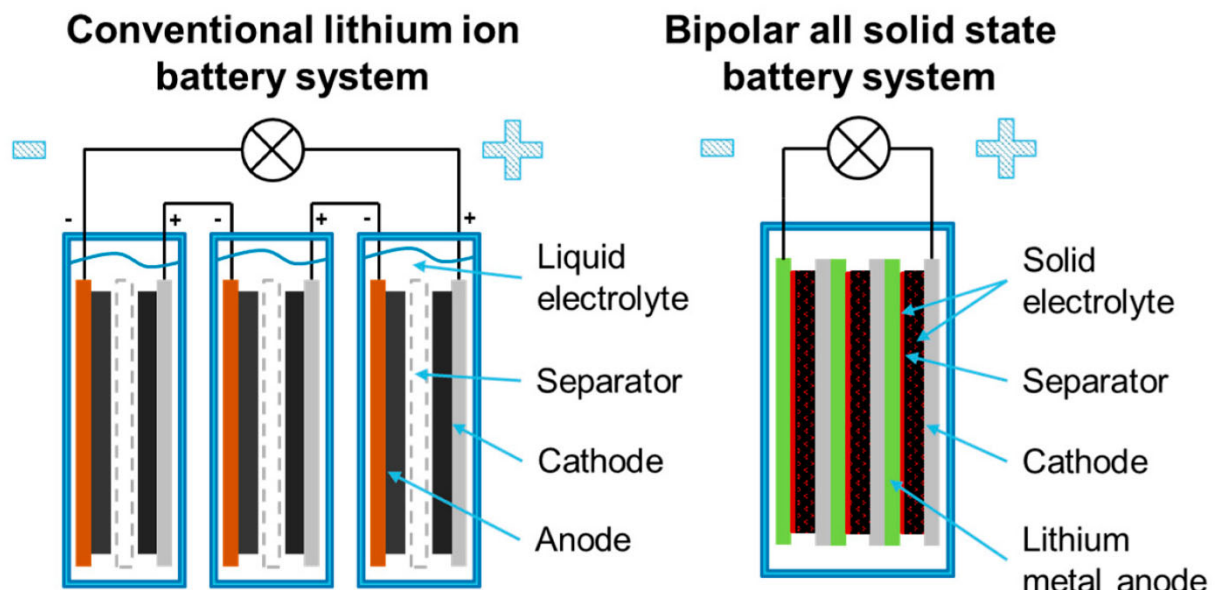
⁷<https://www.volkswagenag.com/de/news/2018/09/QuantumScape.html>

Was ist eine Festkörperbatterie?

Aber was genau ist eine Festkörperbatterie? Was sind ihre Vor- und Nachteile? Wie sind die Zyklen-Belastbarkeit und die Lebenserwartung? Kann eine Festkörperbatterie überhaupt ökonomisch und ökologisch produziert werden? Das sind sicherlich die spannendsten Fragen, welche es diesbezüglich zu beantworten gilt. Bei der Festkörperbatterie handelt es sich zwar ebenfalls um eine Lithium-Ionen-Batterie, jedoch ist der Elektrolyt nicht mehr flüssig, sondern besteht aus festen Materialien. Bei den aktuellen Lithium-Ionen-Batterien besteht der Elektrolyt aus lithiumhaltigen Salzen, beispielsweise Lithiumhexafluorophosphat (LiPF₆) oder Lithiumtetrafluorborat (LiBF₄), gelöst in aprotischen Lösungsmitteln, welche brennbar sind. Hier unterscheidet sich im Wesentlichen die Festkörperbatterie von der heutigen Lithium-Ionen-Batterie. Festelektrolyte sind hitzestabil, nicht entflammbar und weisen ein grosses Potential für die Verwendung als Energiespeicher in der Elektromobilität auf. Neben den genannten Eigenschaften haben Festkörperbatterien eine niedrige Leistungsdichte, dafür eine hohe Energiedichte. Die geringe Leistungsdichte erklärt sich durch die hohen Übergangswiderstände zwischen den einzelnen Festkörpern.

Durch den Einsatz von metallischem Anodenmaterial (Lithium) werden sowohl höhere Energiedichten wie auch deutlich kürzere Ladezeiten erreicht.

Die theoretisch maximale spezifische Energiedichte für Laborzellen soll laut Forschern von IBM 11kWh pro Kilogramm erreichen. In der Praxis ist somit eine Lithium-Luft-Batterie mit 1kWh pro Kilogramm realisierbar. Im Vergleich mit den heutigen Lithium-Ionen-Batterien, welche 250Wh pro Kilogramm erreichen, ist dies eine viermal höhere Energiedichte. Somit können Energiespeicher realisiert werden, welche bei gleichem Energieinhalt nur noch 25-30 % des jetzigen Gewichts aufweisen.



Vergleich Zellenaufbau konventionelle Zelle mit Festkörperzelle, Bildquelle: <https://www.mdpi.com/>⁸

⁸ Processing of Advanced Battery Materials—Laser Cutting of Pure Lithium Metal Foils

Was trägt der Forschungsstandort Schweiz zur Entwicklung bei?

Bei einem Gemeinschaftsprojekt mit Toyota haben Forscher des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) mittels Röntgentomografie den Elektrolyten bei den Lade- und Entladevorgängen genauer betrachtet. Der Elektrolyt besteht aus einem Lithium- und Phosphor-Sulfid, in welchem kleine Zinnkugeln mit einem Durchmesser von ca. 30 Mikrometer eingebettet sind. Durch das Laden zwingt sich das Lithium in die Gitterstruktur des Zinns. Dies hat zur Folge, dass sich die Zinnkugeln um bis zu 300 % ausdehnen. Durch diese Ausdehnung entstehen Risse im Elektrolyt. Sie behindern die Lithium-Ionen bei ihrer Bewegung durch den Elektrolyten, was sich negativ auf die Leistungsfähigkeit der Zelle auswirkt. Die Forscher des PSI haben zudem herausgefunden, dass sich die Risse beim Entladen der Zelle selber wieder verschliessen. In einem nächsten Schritt wird nach Elektrolytmaterialien gesucht, welche weniger anfällig auf die Rissbildung sind. Die Forschungsergebnisse wurden kürzlich im Fachjournal *Advanced Energy Material* veröffentlicht.⁹

Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa und das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC haben eine Kooperation abgeschlossen, um technologische Barrieren für die Industrialisierung der Festkörperbatterie zu beseitigen. Die Zusammenarbeit startete am 1. Januar 2019 und wurde vorerst auf drei Jahre angesetzt. Das Projekt mit dem Namen IE4B («Interface Engineering for Safe and Sustainable High-Performance Batteries») soll diese Schlüsseltechnologie nach Europa holen. Die Empa soll dabei die chemisch-physikalischen Grundlagen für die Festkörperelektrolyten erarbeiten. Der Fokus liegt vor allem in der Herstellung und Charakterisierung von dünnen Schichten optimalen elektronischen Eigenschaften, sowie in der Entwicklung nanostrukturierter Anodenmaterialien. Das Fraunhofer ISC steuert sein Wissen in der Verfahrensentwicklung und der Batteriezellenproduktion bei und erforscht Lithium-leitende Polymere. Die Entwicklung von Schutzschichten aus Sol-Gel-Materialien mit spezifischen Eigenschaften für Batterien gehört ebenfalls zum Aufgabengebiet des Fraunhofer-Instituts, welches auch die ersten Prototypen fertigen wird.¹⁰

Verhilft die Festkörperbatterie der Elektromobilität zum endgültigen Durchbruch?

Immer wieder liest man von der Entdeckung der «Superbatterie», Laborzellen mit unglaublichen Leistungs- und Energieangaben. Lithium-Luft-Batterien, Aluminium-Batterien, Redox-Flow-Batterien, Natrium-Ionen-Batterien oder eben Festkörperbatterien sollen der Elektromobilität zum Durchbruch verhelfen. Höhere Zyklenzahlen, längere Lebensdauer, schneller aufladbar, kleineres Brandrisiko und höhere Reichweiten bei gleichzeitig geringerem Gewicht sind sicherlich ein Schlüssel zum Erfolg.

Die Festkörperbatterie wird ein vergleichbarer Fortschritt in der Batterietechnologie sein, wie die kommerzielle Einführung der Lithium-Ionen-Batterie durch Sony im Jahr 1991. Von einer besseren Batterietechnik profitieren nicht nur die Elektromobilität, sondern alle Bereiche unseres Alltags.

Dabei darf die Chance nicht verpasst werden, aus den begangenen Fehlern zu lernen: Neben dem Fokus auf die oben genannten Eigenschaften dürfen Umwelt- und Menschenrechts-Aspekte nicht ausser Acht gelassen werden.

⁹ <https://www.psi.ch/de/media/forschung/feststoffbatterien-bei-der-verformung-beobachten>

¹⁰ <https://www.empa.ch/de/web/s604/icon>

An diesen und weiteren Themen für die Mobilität der Zukunft wird am Institut für Elektrotechnik der HSLU T&A geforscht.

[Bachelor of Science in Energy and Environmental Systems Engineering](#) oder als
Weiterbildungsangebot im [CAS Eigenverbrauchsoptimierung](#).

Leiter KMO Koordinationsstelle Mobilität@T&AHochschule Luzern – Technik & Architektur, Institut für
Elektrotechnik IET CC Electronics