

Feststoffbatterien – Evolution und/oder Revolution?

# Serieneinsatz bald erwartet

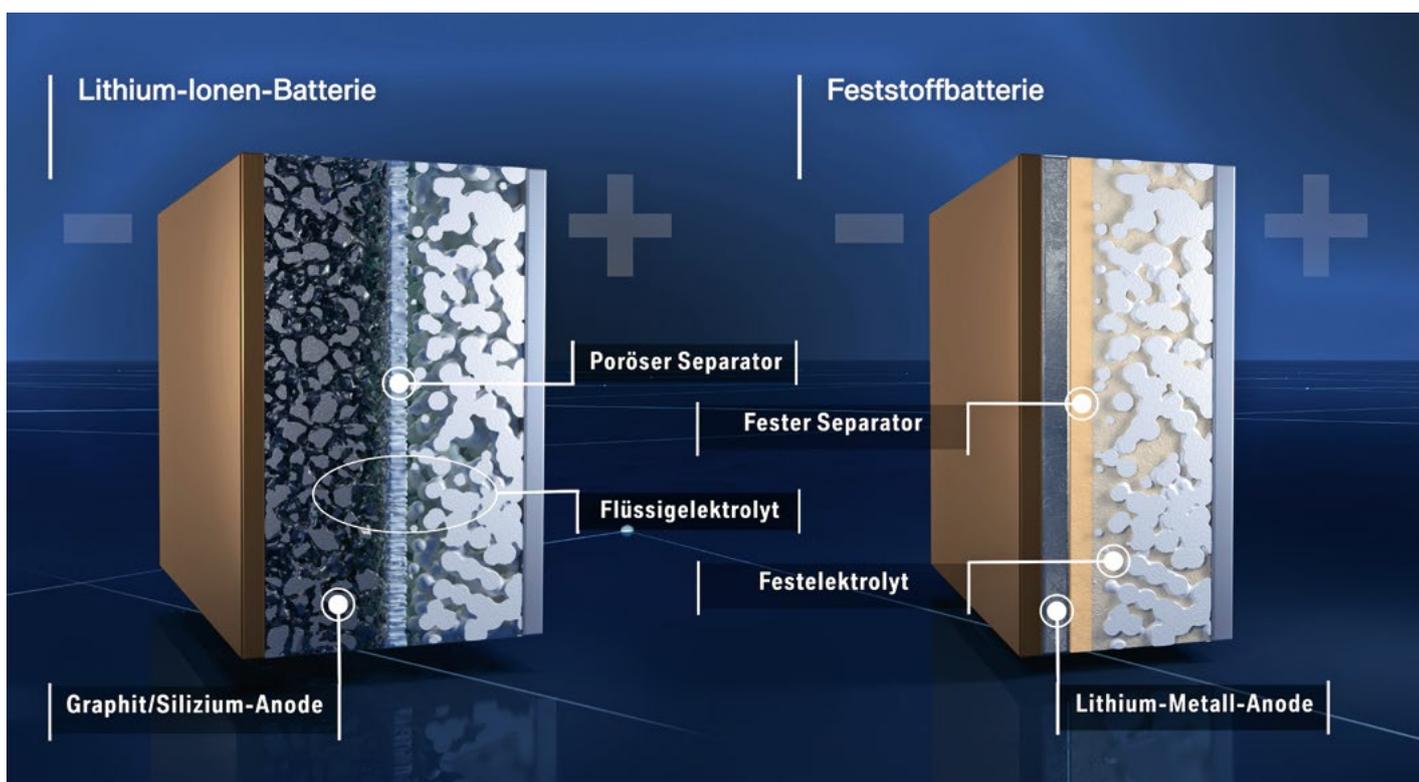
Batterieelektrische Fahrzeuge sollen die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Strassenverkehrs verbessern. Aktuell liegen die Verkaufszahlen hinter den Erwartungen der Importeure zurück. Eine deutlich höhere Reichweite und drastisch schnellere Ladezeiten könnten der E-Mobilität neuen Schwung mit Feststoffbatterien verleihen. Diese weisen noch einige technologische Hürden auf, bis ein grossflächiger Serieneinsatz denkbar ist. **Andreas Senger**

Die Achillesferse der batterieelektrischen Mobilität ist nach wie vor der Energiespeicher. Die Kosten sind trotz Automatisierung und vor allem kostengünstiger Produktion aus dem asiatischen Raum hoch, und die Speicherkapazität ist in punkto Volumen und Masse einem chemischen Energieträger (wie Benzin oder Diesel) deutlich unterlegen. Entsprechend wird bei Batterie- und Automobilherstellern mit Hochdruck an neuen Zellchemien geforscht und der Serieneinsatz geprüft. Ziel ist es, mehr Energie pro Masse speichern zu können und gleichzeitig die Anforderungen an eine Traktionsbatterie – wie hohe Lade- und Entladeströme sowie ein breites Temperaturfenster im Betrieb – zu ermöglichen.

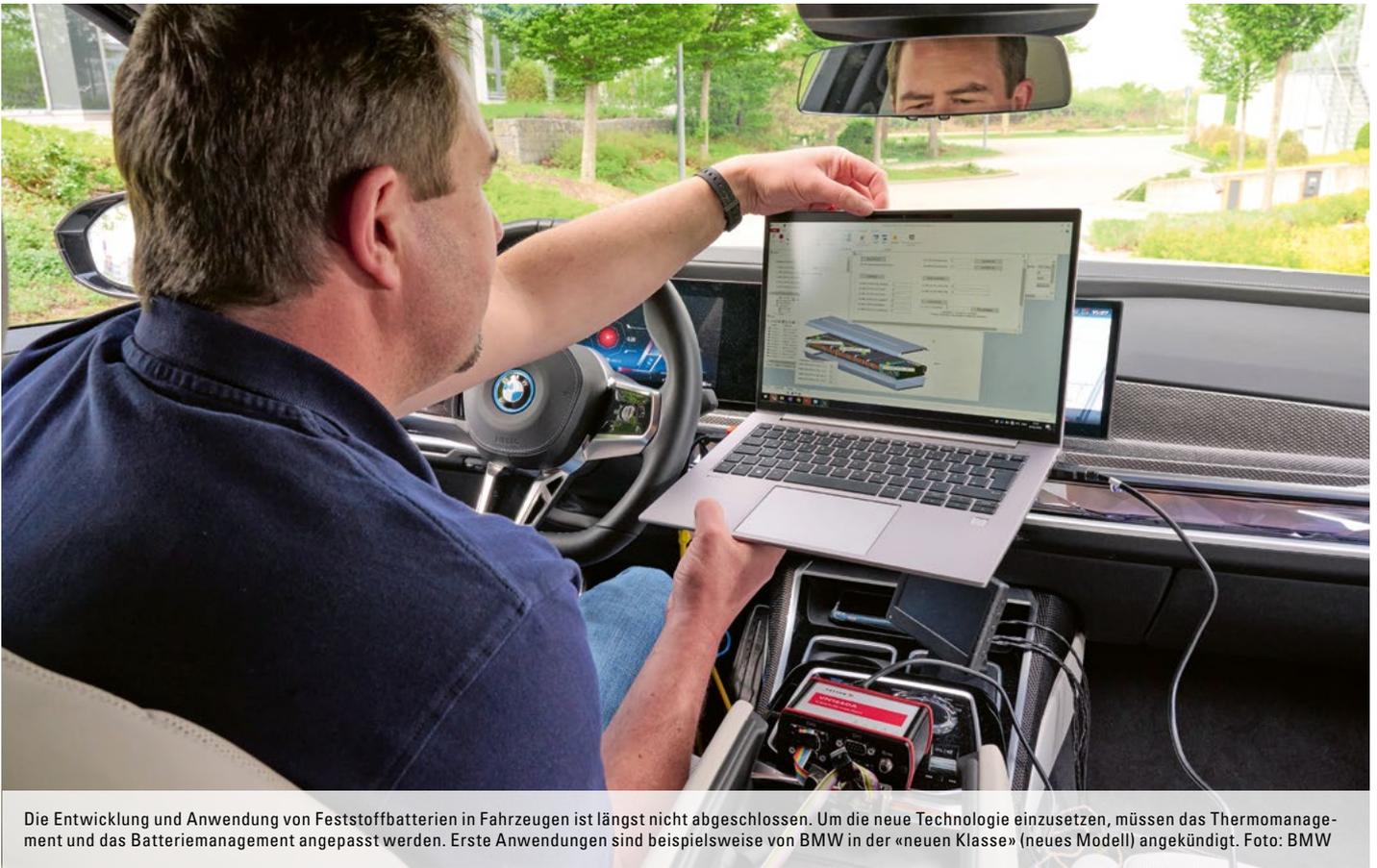
Am vielversprechendsten sind aktuell Feststoffbatterien – auf Englisch «Solid-State Batteries», kurz SSB. Diese neue Technologie basiert auf der bekannten Lithium-Ionen-Technik und verfügt über keinen flüssigen, sondern einen festen Elektrolyten. Der Vorteil: Bei vergleichbarem Volumen sind höhere Energiedichten möglich. Statt rund 120 Wh Kapazität pro kg Masse können SSB bis zu 500 Wh/kg

speichern. Damit steigt die Reichweite bei gleicher Batteriemasse signifikant. Mercedes hat erste Prototypen eines modifizierten EQS-Modells vorgestellt, die eine Reichweite von über 1000 km erlauben sollen.

Die höhere Energiedichte ist zweifelsohne der Pluspunkt von Feststoffbatterien. Die Technologie weist aber ein paar technisch nicht einfach zu beherrschende Herausforderungen auf. Auffällig ist, dass SSB sich beim Laden und Entladen volumetrisch ausdehnen. Die Volumenzunahme und -abnahme kann bis zu 10% betragen. Der Aufbau eines Batteriemoduls mit diesen Zellen muss entsprechend eine Ausdehnungsmöglichkeit aufweisen, und die Zellverbinder müssen elastisch sein, um auch nach vielen Lade- und Entladezyklen eine sichere Verbindung zu gewährleisten. Insbesondere die Zellverbinder müssen neu gedacht und flexibel gestaltet werden, was auch die Automatisierung der Produktion vor Herausforderungen stellt. Die Leitfähigkeit für die Lithiumionen ist in SSB ebenfalls eine Challenge. Damit die Ionen durch den Festseparator und mittels dem Festelektrolyt zirku-



Der Vergleich einer Lithium-Ionen-Batterie (links) mit einer Feststoffbatterie (SSB) ist auf den ersten Blick nicht so gross: Der feste Separator und der Festelektrolyt fallen auf. Die SSB verändert je nach SOC ihr Volumen, was den Einbau der Zellen zu einem Batteriemodul komplizierter macht und eine höhere Arbeitstemperatur benötigt. Foto: BMW



Die Entwicklung und Anwendung von Feststoffbatterien in Fahrzeugen ist längst nicht abgeschlossen. Um die neue Technologie einzusetzen, müssen das Thermomanagement und das Batteriemangement angepasst werden. Erste Anwendungen sind beispielsweise von BMW in der «neuen Klasse» (neues Modell) angekündigt. Foto: BMW

lieren können, müssen aktuelle Feststoffbatterien auf ca. 80 °C temperiert werden. Dies bedeutet einen deutlich höheren Aufwand beim Thermomanagement, um vor der Fahrt, insbesondere bei niedrigen Aussentemperaturen, die Batterie auf Betriebstemperatur zu bringen. Um das höhere Energiepotential auszuschöpfen, müssten Kundinnen und Kunden künftig insbesondere im Winter noch besser planen, wann genau das Fahrzeug eingesetzt werden soll. Ist das Fahrzeug an der Ladesäule, kann die notwendige Heizenergie aus dem Netz bezogen werden und die Batterie zur gewünschten Uhrzeit aufgeheizt sein, um ihr Potential optimal auszuschöpfen.

Die dritte und ebenfalls heikle Aufgabe in der Entwicklung: SSB neigen zu stärkerer Dendritbildung. Da die Anode aus reinem Lithiummetall statt hauptsächlich aus Grafit besteht, bilden sich eher feinste Lithiumäste. Insbesondere beim Schnellladen können diese Lithiumästchen entstehen, die durch den Festelektrolyt und den Festseparator dringen und zu einem Zellschluss führen können. Deshalb sind der Aufbau und die Programmierung des Batteriemagementsystems (BMS) deutlich aufwändiger und müssen noch optimaler mit dem Thermomanagement des Fahrzeugs zusammenarbeiten können. Um die Lebensdauer und die Sicherheit der Batterie zu gewährleisten, müssen die Systeme also noch effizienter zusammenarbeiten. Eine weitere Herausforderung sind die Materialkompatibilitäten zwischen Elektrolyten und Elektrodenmaterialien. Diese können empfindlich auf Luftfeuchtigkeit reagieren und instabil werden.

#### **Wenn es passt, doppelte Ladegeschwindigkeit möglich**

Die technischen Anpassungen in einem Fahrzeug sind entsprechend gross und bedingen zum Teil neuartige Technologien. Insbesondere

die hohe Arbeitstemperatur sowie die Volumenausdehnung der Zellen beim Laden und Entladen sorgen für Kopfzerbrechen. Erste Prototypen verschiedener Automobilhersteller und deren Zulieferer stimmen zuversichtlich: Die Kapazität soll zwischen 30 bis 50 % höher sein als bei konventionellen Lithium-Ionen-Batterien, und die Ladegeschwindigkeit soll sich verdoppeln.

Der geplante und baldige Serieneinsatz weist aber noch ein paar Stolpersteine auf. So ist die Stabilität der Zellen noch nicht zufriedenstellend und damit die Lebensdauer problematisch. Zudem sind die Kosten in der Produktion aktuell noch deutlich höher, da das Anodenmaterial aus hochreinem Lithium bestehen muss. Und eine weitere Herausforderung: Die Zyklenfestigkeit kann noch nicht bei allen SSB gewährleistet werden. Damit ist der Einsatz im Fahrzeug aus Garantiegründen noch etwas entfernter, als einige Anbieter verlauten lassen. Bei einigen Prototypen soll nach wenigen hundert Lade- und Entladezyklen bereits die Leistung abnehmen. Also ist nebst der Materialherausforderung, der Volumenausdehnung auch die Langlebigkeit noch nicht auf dem gewünschten Niveau. Aktuelle Zellchemien wie NMC (Nickel-Mangan-Kobalt), NCA (Nickel-Kobalt-Aluminium) oder LFP (Lithium-Eisenphosphat) haben in der Praxis gezeigt, dass die geforderte Garantiezeit von üblicherweise acht Jahren oder 160 000 bis 240 000 km oft problemlos eingehalten werden können, ohne dass nennenswerte Kapazitätsverluste und damit Reichweitenverringerungen auftreten. Die Kapazität darf nach dieser kalendarischen oder kilometerabhängigen Nutzung nicht unter 70 % fallen. Die Degradation, also die Alterung der Batterien, fällt in der Praxis oft deutlich gering-

**Fortsetzung Seite 26**

ger aus. Vor allem, wenn die Kundinnen und Kunden möglichst auf Schnellladungen verzichten, sind SoH (State of Health) von über 90% realisierbar. Was für die Alterung aber von grösserer Bedeutung ist: der Innenwiderstand. Dieser steigt durch die Alterung an und lässt die Temperatur bei hohen Ladeleistungen und auch beim starken Beschleunigen rasch ansteigen, was das BMS veranlasst, beim Laden die Ladeleistung zu drosseln oder beim Beschleunigen die Leistung zu reduzieren. Ein weiterer Punkt ist das Zellbalancing. Auch hier ist der Spannungsausgleich pro Zelle bei den etablierten Zellchemien dank ausgefeilter Elektronik im Griff oder kann nach einem Batteriemodultausch in der Werkstatt vorgenommen werden. Auch SSB müssen entsprechend in der Entwicklung in diesen Punkten optimiert werden, und das benötigt Zeit.

**Welche Anbieter sind im Rennen?**

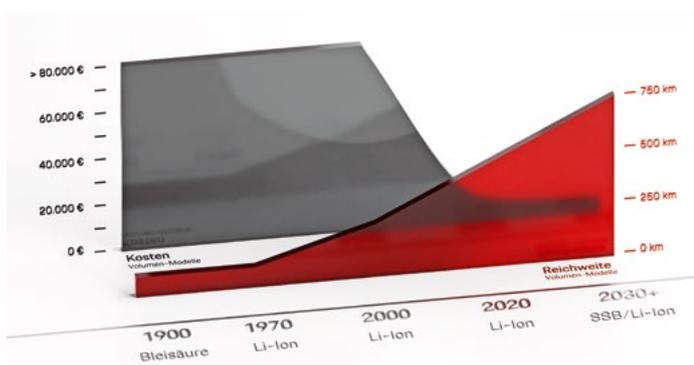
Die Automobilhersteller haben sich grundsätzlich mit Batterieherstellern zusammengetan, um die SSB-Technologie voranzubringen. Grundsätzlich haben die chinesischen Batterie- und Fahrzeughersteller die Nase vorne aber auch ein beachtliches Potential bieten Start-up-Firmen aus den USA. Die Chinesen bieten auf dem Heimmarkt bereits Modelle mit Feststoffbatterie an. Bei den japanischen Fahrzeugproduzenten soll Toyota am meisten Patente aufweisen und ebenfalls mit einem Zulieferer zusammenarbeiten. Der erste Serieneinsatz einer Sulfid-Festelektrolyten-Batterie wird auf 2027 erwartet. Auch Nissan ist engagiert und kündigt eine Serienproduktion ab 2028 an.

Die europäischen Hersteller kooperieren ebenfalls mit Batteriespezialisten aus den USA. Nebst Mercedes mit dem EQS sind BMW und Ford im Prototypen- und Versuchsstadium. Mögliche Serieneinsätze werden zurückhaltend kommuniziert. Ab 2028 sind erste Fahrzeugmodelle angekündigt. Die meisten europäischen Hersteller sprechen von SSB im Grossserienvertrieb ab dem Jahr 2030. Für die Werkstatt



Von aussen sind die neuen Feststoffbatterien nicht von konventionellen Lithium-Ionen-Batterien zu unterscheiden. In der Konstruktion aber deutlich: Die Volumenänderung und die Arbeitstemperatur von rund 80° C sind aufwändig. Foto: BMW

wird sich aber im Umgang nicht viel ändern. Das grösste Problem sind im Alltag nach wie vor Einzelzellen, die entweder einen Zellschluss haben oder sich nicht mehr balancieren lassen. Der Tausch von Batteriemodulen wird von einigen Herstellern durch entsprechende Ersatzteilangebote ermöglicht, und auch freie Anbieter spezialisieren sich vermehrt auf kostengünstige Reparaturen. Auch eine weitere Herausforderung wird bei den den künftigen SSB auftreten: Undichtigkeiten im Thermomanagement und damit geflutete Batteriemodule sorgen für das Auslösen von Schutzsicherungen. Die Dichtheit der Kühlflüssigkeitsmäntel und der Batteriegehäuse wird auch bei der Feststoffbatterie eine Herausforderung sein. Unter dem Strich wird sich aber zeigen, ob insbesondere die höhere Arbeitstemperatur im Alltag einen Zugewinn für den Betrieb darstellt. In Gegenden mit tiefen Aussen-temperaturen wird sich der Vorteil des höheren Leistungsgewichts nicht oder weniger stark gewinnbringend umsetzen lassen, wenn beim Fahren kontinuierlich Energie aus der Hochvoltbatterie zum Heizen der Zellen benötigt wird. Der Einsatz von SSB in Linienbussen (Mercedes eCitaro) wurde dahingehend positiv umgesetzt, da die Fahrzeuge im Linienbetrieb immer wieder zwischengeladen werden und damit die Arbeitstemperatur der Batterie dank effizienter Isolation und Netzstrom zum Heizen gehalten werden kann. ●



Dank der Feststoffbatterie (SSB, Solid-State Battery) wird die Reichweite einen deutlichen Sprung machen, und die Kosten bei Grossserienproduktion werden nicht signifikant steigen. Der Sprung in die Grossserie erfolgt aber weniger schnell als ursprünglich geplant. Foto: Porsche Consulting/Clara Philippzig

**Neu: FGS, der Anhänger mit Liftachse und 100%-Achsausgleich**  
**Nutzlast bis 2,9 t**

Autotransport-Anhänger und Aufbauten  
 Besuchen Sie unsere Ausstellung oder verlangen Sie eine Vorführung.  
 Auch in Kommunalausführung lieferbar.

**T&W Technik**  
 Dammstrasse 16, 8112 Otelfingen  
 Tel. 044 844 29 62  
 www.fgs-fahrzeuge.ch

seit 1964 **CORTELLINI & MARCHAND AG** **061 312 40 40**  
 Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden

**Der umfassendste Auto-Steuergeräte-Reparatur-Service von Cortellini & Marchand AG.**  
[www.auto-steuergeraete.ch](http://www.auto-steuergeraete.ch)

**Sie suchen, wir finden – Ihr Suchservice für Auto-Occasionsteile**  
[www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch](http://www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch)