



Foto: AdobeStock/xiaoliangge

Bei der Entwicklung künftiger Traktionsbatterien für Elektrofahrzeuge steht auch die Nachhaltigkeit stärker im Fokus – Rohstoffe werden recycelt und wiederverwendet.

Wo die Reise hingehet

Medienmeldungen über jüngste Erfolge mit Feststoffbatterien geben erste Einblicke in die Zukunft der Traktionsbatterie. Was ist bei den Antriebsbatterien in Zukunft noch zu erwarten?

Die E-Mobilität nimmt Fahrt auf – und mit ihr auch der technologische Fortschritt in der Batterietechnik, dem Herzstück elektrisch angetriebener Fahrzeuge. Von der Spezifikation der Zellparameter über Sicherheitsaspekte bis zur Recyclingfähigkeit – die Anforderungen steigen und entwickeln sich weiter. Gleichzeitig entstehen neue Chancen für Services, Produkte und Know-how rund um die Hochvolt-Technik.

Stand der Technik

Der Markt für Antriebsbatterien wird heute vor allem von zwei Lithium-Ionen-Technologien dominiert:

LFP (= Lithium-Ferrophosphate, zu Deutsch: Lithium-Eisenphosphat)

NMC (= Nickel Manganese Cobalt, zu Deutsch: Nickel-Mangan-Kobalt)

LFP-Batterien punkten mit hoher Zyklenfestigkeit, niedrigen Kosten und guter thermischer Stabilität. NMC-Batterien dagegen bieten eine

höhere Leistungs- und Energiedichte und sind somit leichter als eine vergleichbare LFP-Traktionsbatterie. Unterschiede zeigen sich nicht nur im Kathodenmaterial, sondern auch in der Zellstruktur: NMC-Zellen sind schichtartig aufgebaut, während LFP-Kristallstrukturen kanalartig wirken. Das hat Einfluss auf Sicherheit, Alterung und Leistung. Je nach Einsatzzweck werden Batterien heute hinsichtlich der folgenden Kriterien bewertet:

- Energiedichte – wie viel Energie kann gespeichert werden?
- Leistungsdichte – wie schnell kann Energie abgegeben oder aufgenommen werden?
- Sicherheit – wie stabil ist das System unter Extrembedingungen?
- Kosten – was kostet die gespeicherte Energie, z. B. bezogen auf kWh?
- Lebensdauer – wie viele Lade- und Entladezyklen hält die Batterie durch?

Industrie und Forschung arbeiten daran, in allen fünf Disziplinen auch

zukünftig immer weitere Fortschritte zu erzielen.

Neue Technologien

Die Forschung und Entwicklung untersucht unterschiedliche Zellkonzepte, zum Beispiel mit neuen Materialsystemen und -kombinationen, um Ladezeiten zu reduzieren, Reichweiten zu steigern, die Herstellungskosten von Batterien zu senken, die Sicherheit zu erhöhen – und nicht zuletzt auch die Recyclingfähigkeit der Batterien zu verbessern. Im Fokus stehen dabei unter anderem LMFP-Zellen, bei denen LFP-Zellen durch die Zugabe von Mangan eine höhere volumetrische Energiedichte von bis zu zirka 25 Prozent mehr erreichen, während die Lebensdauer vergleichbar mit klassischen LFP-Zellen bleibt. Zudem werden Natrium-Ionen-Batterien entwickelt, die ohne Lithium und Kobalt auskommen und sich aufgrund ihrer Eigenschaften insbeson-

dere für kostensensitive Anwendungen oder auch als Starterbatterien eignen.

Weitere Forschungsaktivitäten konzentrieren sich auf Festkörper- und Semi-Festkörper-Batterien, die durch den Verzicht auf brennbare Flüssigelektrolyte sowohl eine höhere Energiedichte als auch verbesserte Sicherheitsprofile aufweisen. Fahrzeug- und Zellhersteller arbeiten derzeit an Prototypen mit unterschiedlichen Zellformaten und Leistungsdaten. Ein weiteres Forschungsthema sind Lithium-Schwefel-Zellen, die durch ihre geringe volumetrische Energiedichte potenziell ein niedriges Gewicht und hohe spezifische Energiewerte ermöglichen. Aufgrund der begrenzten Zyklenstabilität und gasbildender Nebenreaktionen wird deren Einsatz derzeit überwiegend im Bereich Luftfahrt und Raumfahrt geprüft. Schließlich werden auch sogenannte Bipolarbatterien erprobt. Diese basieren auf einem gestapelten Zellaufbau mit seriell verschalteten Elektroden und versprechen durch die beidseitige Beschichtung der Trägerfolie eine kompaktere Bauform sowie einen geringeren elektrischen Widerstand. Das Konzept orientiert sich an Strukturen, wie sie auch bei Brennstoffzellen zu finden sind.

Hybrider Ansatz

Ein besonders innovativer Ansatz ist die Kombination verschiedener Zellchemien in einem Batteriepack. Ein denkbarer Anwendungsfall wäre z. B. der Einsatz von kostengünstigen LFP-Zellen für tägliche Kurzstrecken und NMC-Zellen für seltenere Langstrecken. So ließe sich eine Batterie intelligent aufteilen und optimal ausnutzen. Auch das Design verändert sich:

450 kW Ladeleistung: Der Xpeng G6 sprintet 10–80 % (SoC) heute bereits in 12 Minuten.

Der Autor:

Markus Gregor ist Doktorand am Forschungs- und Testzentrum CARISSMA Institute of Electric, Connected, and Secure Mobility (C-ECOS) der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI).



Beim Cell-to-Pack-Konzept werden Batteriezellen direkt in das Batteriegehäuse integriert – ohne Zwischenschritte, wie z. B. Module. Das spart Gewicht und Raum und erhöht die volumetrische Energiedichte. Ein Schritt weiter geht die Idee von strukturellen Energiespeichern: Hier übernimmt die Batterie zusätzlich tragende Funktionen in der Fahrzeugstruktur – z. B. als Teil des Fahrzeugbodens. So lässt sich das Gesamtgewicht der elektrifizierten Fahrzeuge weiter reduzieren.

Ladestopps werden kürzer

Neue Plattformen, wie die angekündigte Megawatt-Ladetechnologie, versprechen beeindruckende Ladeleistungen von 400 Kilometer Reichweite in fünf Minuten. Voraussetzung dafür sind leistungsfähige Kühlkonzepte, geeignete Zellchemien und entsprechend ausgebaute Ladeinfrastruktur. In Deutschland wird diese derzeit durch gesetzliche Vorgaben

wie das Ladeinfrastrukturgesetz gezielt ausgebaut.

Nachhaltigkeit im Fokus

Die Batterie der Zukunft muss nicht nur leistungsstark, sondern auch recyclingfähig sein. Verfahren zur Rückgewinnung von Lithium, Nickel oder Kobalt werden ständig weiterentwickelt. Gleichzeitig schreitet die Industrialisierung der Zellfertigung voran. Unterschiedliche Forschungsprojekte zeigen, wie Datenanalyse, Automatisierung und präzise Materialverarbeitung zu höherer Qualität und niedrigeren Kosten führen.

Fazit

Die Batterietechnik entwickelt sich rasant – und mit ihr die Anforderungen an Fahrzeugbau, Wartung, Diagnose und Entsorgung. Für die Automobilbranche bedeutet das: Kenntnisse zu HV-Technologie, Fehlerbildern und Diagnosemethoden werden immer wichtiger. Im Fuhrpark werden Themen wie Restwert und Batteriezustand relevanter – in Verbindung mit neutralen und herstellerübergreifenden Testverfahren. Des Weiteren entstehen neue Märkte im Bereich Batteriemangement, Zellchemie und Recyclingtechnik. *Markus Gregor*