Kann meine Super B brennen?

Allgemeine Fragen · https://super-b-service.de/docs/kann-meine-super-b-brennen/

Das Internet ist voll von Berichten über Brände von Lithium-Batterien bei Handys und E-Autos. Kann das bei meiner Lithium-Batterie von Super B auch passieren?

Nein, in der Form wie man sie in den Nachrichten oder im Internet sieht (brennende E-Autos oder Handys), passiert es nicht. Dafür gibt es mehrere Gründe. Damit es zu einem Brand kommen kann, müssen brennbares Material, eine entsprechende Temperatur und Sauerstoff vorhanden sein. Damit man das besser Verstehen kann, beschreiben wir hier die Vorgänge.

Was ist das Thermische Durchgehen (engl. Thermal Runaway)?

Das Thermische Durchgehen ist eine unaufhaltsame, sich selbst beschleunigende chemische Kettenreaktion in einer Lithium-Ionen-Batterie, bei der die Zelltemperatur innerhalb von Millisekunden massiv ansteigt und die gespeicherte Energie schlagartig freigesetzt wird. Dies führt häufig zu heftigen Bränden, Explosionen und der Freisetzung giftiger Gase.

Der Ablauf des Thermischen Durchgehens

Der Prozess verläuft typischerweise in drei aufeinanderfolgenden Temperaturstufen:

- **Phase 1: Zersetzung der SEI-Schicht (ab ca. 70 °C – 130 °C)**
  Die schützende Solid Electrolyte Interphase (SEI)-Schicht auf der Anode zerfällt. Lithium reagiert direkt mit dem Elektrolyten, wodurch erste Wärme und brennbare Gase entstehen.
- **Phase 2: Reaktion der Anode & Schmelzen des Separators (ab ca. 130 °C – 200 °C)**
  Der Separator (die Trennschicht zwischen Anode und Kathode) schmilzt. Es kommt zu einem internen Kurzschluss, wodurch die Temperatur explosionsartig ansteigt. Der Elektrolyt beginnt zu sieden und sich zu zersetzen.
- **Phase 3: Zersetzung der Kathode & Autokatalyse (ab ca. 200 °C)**
  Das Kathodenmaterial zerfällt und setzt Sauerstoff frei. Da nun Brennstoff (Elektrolyt), Hitze und Sauerstoff innerhalb der versiegelten Zelle vorliegen, brennt die Batterie autark - ohne

Sauerstoffzufuhr von außen. Das macht das Löschen (fast) unmöglich. Die Zelle platzt auf, fängt Feuer oder explodiert.

Was sind die Hauptursachen für das Versagen?

Die Auslöser lassen sich in drei Kategorien unterteilen:

- **Thermische Ursachen:** Überhitzung durch externe Wärmequellen (z. B. Sonneneinstrahlung, Motorhitze oder ein Brand in einer Nachbarzelle)
- **Elektrische Ursachen:** Überladung (zu hohe Spannung zwingt Lithium-Ionen in instabile Strukturen) oder ein externer Kurzschluss (z. B. durch defekte Kabel)
- **Mechanische Ursachen:** Beschädigung der Zelle durch Sturz, Quetschung oder Perforation (z. B. bei einem Autounfall), was zu einem sofortigen internen Kurzschluss führt.
- **Fertigungsfehler:** Mikroskopisch kleine Verunreinigungen (z. B. Metallpartikel), die sich während der Produktion in die Zelle einschleichen und im Laufe der Zeit den Separator durchdringen (Dendritenwachstum).

Gefahren und Begleiterscheinungen

- **Extreme Temperaturen:** Die Zellen können Temperaturen von weit über 800 °C bis zu 1000 °C erreichen.
- **Toxische Gase:** Es werden hochgiftige und brennbare Gase freigesetzt, darunter Fluorwasserstoff (HF), Kohlenmonoxid (CO) und Cyanwasserstoff (Blausäure).
- **Schwere Löschbarkeit**: Da die Zelle ihren eigenen Sauerstoff produziert, sind herkömmliche Löschmethoden oft wirkungslos. Das primäre Ziel beim Löschen ist die massive und dauerhafte Kühlung mit Wasser.

Sicherheits- und Schutzmaßnahmen

Moderne Batteriesysteme (z. B. in E-Autos oder Heimspeichern) nutzen mehrstufige Sicherheitskonzepte:

- **BMS (Battery Management System):** Die Elektronik überwacht kontinuierlich Spannung, Stromstärke und Temperatur jeder einzelnen Zelle, um Überladung und Überhitzung rechtzeitig zu verhindern.
- **Sicherheitsventile (Ventings):** Sollwerte-Sollbruchstellen im Zellgehäuse lassen entstehendes Gas kontrolliert entweichen, bevor die Zelle explodiert.

- **Thermische Barrieren:** Aerogele oder spezielle Brandschutzmatten zwischen den Zellen verhindern, dass das thermische Durchgehen einer Zelle auf die Nachbarzellen übergreift (Thermal Propagation).
- **Zellchemie:** Der Einsatz stabilerer Materialien wie Lithium-Eisenphosphat (LFP), die eine deutlich höhere thermische Stabilität (Durchgehen erst ab ca. 270 °C) aufweisen als klassische NMC-Zellen (Nickel-Mangan-Cobalt).

Sind auch LiFePO4-Batterien davon betroffen

Ja, auch Lithium-Eisenphosphat-Batterien (LFP) sind vom Thermischen Durchgehen betroffen, allerdings sind sie im Vergleich zu anderen Lithium-Ionen-Batterien (wie NMC oder NCA) erheblich sicherer und robuster.LFP-Batterien können unter extremen Bedingungen ebenfalls thermisch durchgehen, der Prozess verläuft jedoch deutlich weniger heftig. Hier sind die wichtigsten Unterschiede im Detail:

Warum LFP-Batterien sicherer sind

- **Höhere thermische Stabilität:** Während das Thermische Durchgehen bei klassischen NMC-Zellen (z. B. in vielen Smartphones oder älteren E-Autos) bereits bei ca. 150 °C bis 200 °C einsetzt, liegt diese kritische Grenze bei LFP-Zellen erst bei etwa 270 °C bis 300 °C.
- **Keine Eigen-Sauerstofffreisetzung:** Das ist der entscheidende chemische Vorteil. Die chemische Bindung zwischen Eisen und Phosphat (P-O-Bindung) ist extrem stark. Wenn eine LFP-Zelle überhitzt, setzt die Kathode im Gegensatz zu NMC-Zellen kaum Sauerstoff frei. Ohne Sauerstoff in der Zelle kann kein autarker Brand entstehen.
- **Weniger Energie freigesetzt:** Wenn eine LFP-Zelle kollabiert, erzeugt sie deutlich weniger Wärmeenergie. Die Reaktion verläuft meistens langsamer.

Wie äußert sich das "Durchgehen" bei LFP?

Wenn eine LFP-Batterie extrem misshandelt wird (z. B. durch massive Überladung, extreme Hitze oder schwere mechanische Zerstörung), passiert Folgendes:

- **Abblasen (Venting):** Die Zelle baut Druck auf. Das Sicherheitsventil öffnet sich, und es strömen heiße, brennbare und giftige Gase aus (unter anderem Wasserstoff und Kohlenmonoxid)
- **Rauch- und Funkenbildung:** Die Gase können sich an der heißen Zelloberfläche oder durch Funken von außen entzünden. Es kommt zu einer Stichflamme oder starker Rauchentwicklung.

- **Keine Explosion:** Ein explosives, schlagartiges Explodieren der gesamten Batterie wie bei NMC-Zellen kommt bei LFP-Zellen unter normalen Umständen praktisch nicht vor.

Zusammenfassung im direkten Vergleich

Eigenschaft	NMC / NCA (klassisch>	LFP (Lithium-Eisenphosphat)
Starttemperatur beim Durchgehen	ca. 150 °C – 200 °C	ca. 270 °C – 300 °C
Sauerstofffreisetzung	Ja (brennt ohne Luftsauerstoff)	Nein (brennt extrem schwer von selbst)
Reaktionsverlauf	Explosionsartig, extreme Flammen	Hauptsächlich Ausgasen, seltener Stichflammen
Max. Temperatur im Fehlerfall	Bis zu 1000 °C	Meist deutlich unter 500 °C