

Heimspeicher für Photovoltaikanlagen – Herausforderungen im Brandschutz?



Univ.-Prof. Dr. Roland Goertz,
Leitender Branddirektor a.D.,
Bergische Universität Wuppertal

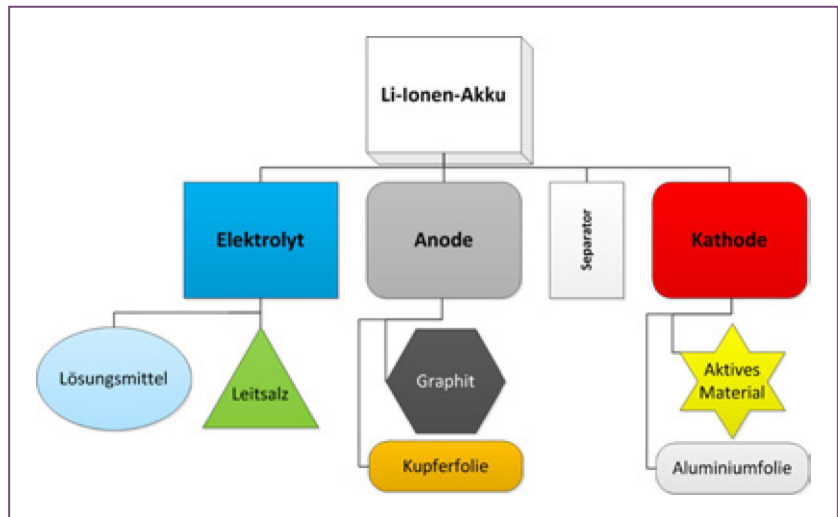


Abb. 1: Bestandteile einer Lithium-Ionen-Zelle

1. Einleitung

Die Zahl der Heimspeicher für Photovoltaikanlagen steigt seit Jahren, und in diesem Jahr wird die Zahl der Neuinstallation auf 88.000 Heimspeicher prognostiziert¹. Von 2017 mit 83.000 bis 2020 mit 272.000 hat sich demnach die Anzahl der Solarstromspeicher in Deutschland mehr als verdreifacht.² Das ist grundsätzlich sehr begrüßenswert. Allerdings fehlen bisher einheitliche Sicherheitskonzepte, so dass immer wieder Einzellösungen gesucht und gefunden werden müssen. Während zu Beginn der staatlichen Förderung im Jahr 2013 eher Bleiakkumulatoren zum Einsatz kamen, sind es heute fast ausnahmslos Li-Ionen-Akkumulatoren, die sich durch eine höhere volumetrische und gravimetrische Energiedichte auszeichnen. Lithium-Ionenspeicher lassen sich sicher betreiben. Allerdings können bei immer häufiger vorkommenden Heimspeichern statistisch gesehen auch tendenziell öfter Schadensereignisse unterschiedlicher Schwere auftreten. Insofern ist es wichtig, solche Fragen grundsätzlich zu klären.

¹ <https://www.eupd-research.com/pv-heimspeicher-markt-in-2020-auf-rekordkurs/>
² <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1078876/umfrage/anzahl-installierter-solarstromspeichern-in-deutschland/>

Welche Gefährdungen treten auf? Wo ist der richtige Aufstellort? Welche Anforderungen sollte der Raum erfüllen?

Vor diesem Hintergrund möchte dieser Beitrag über einige Grundlagen der Brandschutz- und Sicherheitsbetrachtungen von Lithium-Ionen-Batterien informieren.

2. Bestandteile sekundärer Lithium-Ionen-Batterien

Grundsätzlich bestehen Lithium-Ionen-Batterien³ aus folgenden Bestandteilen.

- Kathode, eine mit Kathodenmaterial beschichtete Kupferfolie
- Separator, eine ionendurchlässige, elektrisch isolierende Kunststoffolie
- Anode, eine mit Anodenmaterial beschichtete Aluminiumfolie
- Elektrolyt, eine Lösung von Leitsalzen in organischen Lösungsmitteln

Als aktive Kathodenmaterialien kommen in Lithium-Ionen-Batterien grundsätzlich folgende Stoffgruppen zum Einsatz.^[2]

³ Streng genommen verwendet man den Begriff „Batterie“ für primäre Zellen, also nicht-wiederaufladbare elektrochemische Systeme. Im Kontext von Li-Ionen-Zellen hat sich die Verwendung von „Batterie“ auch für sekundäre, wiederaufladbare elektrochemische Speicher etabliert.

1. Oxide mit schichtartigem Aufbau
2. Spinelle
3. Phosphate

Die Separatoren bestehen typischerweise aus einer Kunststoffolie, zum Beispiel aus Polyolefinen oder Polyestern.

Das aktive Material der Anode besteht häufig aus amorphem Kohlenstoff oder Graphit.

Der Elektrolyt besteht aus organischen, brennbaren Lösungsmitteln, häufig sogenannten organischen Carbonaten, z. B. Ethylencarbonat, usw. Ein besonderes Gefahrenpotenzial ergibt sich durch das im Lösungsmittel gelöste Leitsalz. Hier kommt derzeit vor allem Lithiumhexafluorophosphat (LiPF₆) zum Einsatz.

3. Thermisches Durchgehen – „thermal runaway“

Lithium-Ionen-Batterien können, ausgelöst durch thermischen, elektrischen oder mechanischen Stress, unkontrolliert ihre Energie freisetzen. Diesen Vorgang nennt man „thermisches Durchgehen“ bzw. in der englischsprachigen Literatur „thermal runaway“. Aufgrund der hohen Energiedichten treten dabei Temperaturen im Bereich um 1000 °C auf und ein Teil des Elektrolyten sowie

der anderen Zellbestandteile treten aus der Zelle aus.

Die Art und Heftigkeit des thermischen Durchgehens hängt insbesondere von folgenden Parametern ab:

- Kathodenmaterial
- Ladezustand (SOC, State of Charge)
- Art des Batteriegehäuses (Hardcase, Pouch-Zelle)

Problematisch beim thermischen Durchgehen von Lithium-Ionen-Batterien ist innerhalb eines Moduls der Ansteckungseffekt. Da die Zellen während des thermischen Durchgehens eine Temperatur um 1000 °C annehmen, die benachbarten Zellen, in Abhängigkeit vom Ladezustand, aber bereits ab ca. 80 °C in einen kritischen Zustand geraten können, kann sich das thermische Durchgehen innerhalb eines Batteriemoduls von Zelle zu Zelle ausbreiten.

Die Temperaturen der durchgehenden Zellen reichen dann aus, um gegebenenfalls entzündbares Material in der näheren Umgebung in Brand zu setzen.

4. Gefährdungen

Folgende Gefährdungen können bei Speichermodulen im umbauten Raum prinzipiell auftreten.

- Bei mechanischer Beschädigung des Moduls: Auslaufen von Elektrolyt
- Zersetzung von Batteriemodulen mit oder ohne Brand
- Freisetzung von Venting-Gasen und Ausbreitung über den Aufstellraum hinaus
- Ausbreitung des thermischen Durchgehens innerhalb eines Moduls
- Brandentstehung und Ausbreitung auf die Umgebung durch das thermisch durchgehende Batteriemodul

Die Venting-Gase

Die Venting-Gase enthalten neben Wasserstoff und Kohlenmonoxid verschiedene Fluorverbindungen, unter anderem Fluorwasserstoff (HF), aber auch Phosphorylfluorid (POF₃).^[1] Die Substanzen sind giftig und korrosiv.

Zudem ist es möglich, dass die freigesetzten Venting-Gase, wenn sie sich

während der Freisetzung nicht entzündet und einen Feuerball entwickelt haben, explosionsfähige Atmosphären – insbesondere in kleinen Räumen – erzeugen können. Dazu tragen Wasserstoff, Kohlenmonoxid und die unverbrannten organischen Lösungsmittel aus den Zellen bei.

Wärmefreisetzungsrate

Die Wärmefreisetzungsrate beim Abbrand von Heimspeichern ist tendenziell in etwa vergleichbar mit dem Abbrand von Kunststoffen oder Verpackungsmaterial. Die Wärmefreisetzung ist insofern keine außergewöhnliche und von anderen Brandgütern abweichende Gefahr.

Besonderheiten

Lediglich die freiwerdenden Gase und Dämpfe bei der Zersetzung der Batteriemodule und ihre giftigen und korrosiven Eigenschaften machen gegebenenfalls besondere Maßnahmen erforderlich. Die Venting-Gase lassen sich durch optische Rauchwarnmelder nach DIN 14676 erkennen.



5. Mögliche Maßnahmen

Die Zersetzung von Li-Ionen-Batterien innerhalb von baulichen Anlagen verursacht spezielle Gefährdungen. Die bestehenden bauordnungsrechtlichen Vorschriften liefern bisher dazu keine Lösungsansätze bzw. Vorgaben. Das Muster einer Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauVO) macht in § 7 Vorgaben für Batterieräume, allerdings stammt die Muster-Verordnung aus dem Jahr 2009, so dass die Themen der PV-Speicher noch nicht Eingang gefunden haben. Offenbar wird jedoch daran gearbeitet die Vorschrift entsprechend zu aktualisieren und um Vorgaben für Solarstromspeicher ab einer bestimmten Speicherkapazität zu ergänzen.

Auch wenn es derzeit noch keine bauordnungsrechtlichen Vorgaben für die Aufstellung von Li-Ionen-Speichern gibt, sollten folgende Überlegungen ggf. beachtet werden, entweder aus eigenem Interesse oder zur Schadensminimierung, wenn es sich ggf. um eine hohe Menschenkonzentration oder besonders empfindliche und wertvolle Sachgüter handelt. Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass Li-Ionen-Batterien langfristig nur in einem kleinen Temperaturfenster betrieben werden können, das im wesentlichen um die Raumtemperatur liegt. Es darf also am Aufstellort nicht zu kalt und nicht zu warm sein.

Erkennung der Zersetzung

Zur Erkennung der Zersetzung (weiße Nebel der Venting-Gase) sind Rauchwarnmelder gut geeignet, die – je nach Aufstellort – ggf. über eine Funkvernetzung verfügen sollten, um z. B. aus dem Keller heraus auch die Obergeschosse zu warnen.

Verhinderung der Brandausbreitung

Es ist durchaus sinnvoll, den Li-Ionen-Speicher in einem abgegrenzten Raum unterzubringen, der z. B. mit einer dicht- und selbstschließenden Tür verschlossen ist. Perspektivisch wird sich aus der M-EltBauVO ab einem Speichervolumen von vielleicht 10 oder 15 kWh aufwärts die Notwendigkeit ergeben, den Aufstellraum des Speichers feuerhemmend abzutrennen, d. h. auch mit einem feuerhemmenden Feuerschutzabschluss.



Verhinderung der Ausbreitung giftiger und korrosiver Gase

Ein abgetrennter (z. B. Hausanschluss-) Raum ist bereits wegen der Verhinderung der Brandausbreitung sinnvoll. Erst recht ist er sinnvoll, um die Ausbreitung giftiger und korrosiver Gase im Gebäude zu verringern. Sofern möglich, sollte der Batterieraum an der Fassade liegen und eine unmittelbare Öffnung ins Freie (Überströmöffnung) haben, damit ggf. Überdruck aus dem Raum sowie die Venting-Gase ins Freie entweichen können. Auch hierzu wird es möglicherweise zukünftig Vorgaben in Abhängigkeit von der Speicherkapazität geben.

Im Ereignisfall

Im Falle eines Falles hilft letztlich nur die Kühlung der Zellen sowie das Niederschlagen der korrosiven/giftigen Gase und Dämpfe mit Wasser durch die Feuerwehr einschließlich Lüftungsmaßnahmen um eine ggf. bestehende Explosionsgefahr zu unterdrücken, die u. a. durch Wasserstoff aus der Elektrolyse aber auch aus den Zersetzungsreaktionen entsteht, ebenso wie durch Kohlenmonoxid und die Dämpfe der freigesetzten Lösungsmittel.

6. Zusammenfassung

Heimspeicher sind zur Verstetigung der Nutzung von Solarstrom aus PV-Anlagen

sicher und sinnvoll nutzbar. Dennoch können neue Gefährdungen auftreten, die sich aus den Inhaltsstoffen der Li-Ionen-Zellen ergeben. Diesen Gefährdungen wird möglicherweise zukünftig ab einer bestimmten Speicherkapazität (z. B. 10 oder 15 kWh) in der M-EltBauVO Rechnung getragen werden.

Bis dahin, und auch aus Eigeninteresse zur Vermeidung von Schäden, sollte bei der Aufstellung der Solarstromspeicher auf die spezifischen Gefährdungen Rücksicht genommen werden. Insbesondere gilt es, die giftigen und korrosiven Gase und Dämpfe sich nicht in das Gebäude ausbreiten zu lassen.

Eine Aufstellung der Speicher in einem Batterieraum mit unmittelbarer Entlüftungsöffnung nach außen und einer dicht- und selbstschließenden Tür, bzw. einer feuerhemmenden Tür bei größeren Speichern sollte anhand der konkreten Umstände in Betracht gezogen werden. ■

Quellen/Literatur

- [1] A. W. Golubkov, S. Scheikl, R. Planteu, G. Voitic, H. Wiltche, C. Stangl, G. Fauler, A. Thaler und V. Hacker, *RSC Adv* 2015, 5, 57171–57186, DOI: 10.1039/C5RA05897J.
- [2] *Handbuch Lithium-Ionen-Batterien* (Hrsg.: R. Korthauer), Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2013.