BVES

VORBEUGENDER UND ABWEHRENDER BRANDSCHUTZ BEI LITHIUM-IONEN GROSSSPEICHERSYSTEMEN

BG ETEM Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse

GDV Die Deutschen Versicherer

DEUTSCHER FEUERWEHR VERBAND

DGUV Fachbereich Feuerwehren Hilfeleistungen Brandschutz

AGBF bund im Deutschen Städtetag

VdS

VORWORT

Die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende ist nur mit Speichertechnologien möglich. Bereits heute finden Lithium-Ionen Großspeichersysteme weltweit Anwendung in erschiedenen Bereichen der Industrie sowie Infrastruktur und die Bedeutung von Speichern, ob klein oder groß, ob On-Grid oder Off-Grid wächst enorm.

Lokal differierende Genehmigungspraktiken sowie auf Fehlinformationen und Unsicherheiten basierende Genehmigungsanforderungen hemmen jedoch immer noch den effektiven Einsatz der Speichertechnologien.

Angesichts dessen hat der BVES eine Fachgruppe von Experten aus Feuerwehr, Brandschutz, Unfallversicherung, Sach- und Schadenversicherung, Prüf- und Zertifizierung, sowie Fachleuten aus der Speicherbranche ins Leben gerufen. Gemeinsam haben sie diesen Leitfaden als eine einheitliche Basis für den vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz bei Lithium-Ionen Großspeichersystemen erarbeitet.

Der Leitfaden enthält aktuelle Informationen zu Gefahren, baulichen, anlagentechnischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen sowie Hinweise für Einsatzkräfte als auch Anforderungen an sichere Lithium-Ionen Großspeichersysteme.

Wir vom BVES danken den beteiligten Institutionen, Organisationen und Unternehmen für die intensive und konstruktive Zusammenarbeit. Der vorliegende Leitfaden bildet eine gute Grundlage, um den sicheren sowie nachhaltigen Technologieeinsatz zu unterstützen und dem wachsenden Speichermarkt ein Fundament für die weitere Entwicklung zu geben.

Vorbeugender und abwehrender Brandschutz bei Lithium-Ionen Großspeichersystemen

Hinweise und Informationen für Planer, Bauherren, Einsatzkräfte, Versicherungen und genehmigende Stellen

BVES Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V.

AGBF bund im Deutschen Städtetag

DEUTSCHER FEUERWEHR VERBAND

VdS

DGUV Fachbereich Feuerwehren Hilfeleistungen Brandschutz

BG ETEM Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse

GDV DIE DEUTSCHEN VERSICHERER

1. Auflage
12.10.2021

Inhalt

1 Einleitung ... 3
2 Allgemeine Hinweise ... 5
2.1 Aufbau eines Großspeichersystems ... 5
2.2 Anwendungsbeispiele von Speichersystemen ... 6
2.3 Verfügbarkeitsanforderungen der Nutzungsvarianten ... 7
2.4 Hinweise, die eine Einordnung von Gefahren und Maßnahmen ermöglichen ... 8
3 Grundlagen ... 9
3.1 Hinweis zum Bauordnungsrecht ... 9
3.2 Sicherheit von Lithium-Ionen Speichersystemen – Standards, Nachweise und allgemeine Hinweise ... 9
3.3 Weitere regulatorische Vorgaben ... 12
3.4 Risikobewertung und Schutzmaßnahmen ... 12
3.4.1 Personenschutz ... 13
3.4.2 Verfügbarkeit ... 14
3.4.3 Sachwertschutz ... 14
3.4.4 Umweltschutz ... 15
3.4.5 Übersicht von möglichen Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Risikohöhe ... 17
4 Baulicher Brandschutz – Maßnahmen des vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutzes ... 19
4.1 Gefährdungsbeurteilung ... 19
4.2 Anforderungen bezüglich des Brand- und Explosionsschutzes ... 19
5 Anlagentechnischer Brandschutz – Brandmelde- und Löschtechnik ... 22
5.1 Szenarien und Schutzziele ... 22
5.2 Branderkennung – Ansteuerung von Löschanlagen – Alarmierung ... 23
5.3 Handfeuerlöscher ... 25
5.4 Löschanlagen ... 26
5.4.1 Automatische Löschanlagen ... 26
5.4.1.1 Löschmittel für automatische Löschanlagen ... 27
5.4.2 Halbstationäre Löschanlagen ... 29
5.4.3 Wirksamkeitsnachweise ... 29
6 Abwehrender Brandschutz ... 31
6.1 Empfehlung für die Einsatztaktik ... 31
7 Organisatorische Maßnahmen ... 33
7.1 Sicheres Betreiben eines Lithium-Ionen-Großspeicherssystems ... 33
8 Abkürzungen und Begriffserläuterungen ... 37
Anhang A – Anlagenspezifische Gefahren und Risiken ... 39
Anhang B – Gefährdungsfaktoren ... 40
Anhang C – Kennzeichnung ... 42
Abbildungsverzeichnis ... 43
Danksagung ... 44

1 Einleitung

Der Begriff Lithium-Ionen Großspeichersysteme bezeichnet stationäre Speichersysteme, die einzeln projektiert oder in Kleinstserien hergestellt werden. Es handelt sich hierbei um stationäre Systeme mit Kapazitäten ab ca. 50 kWh.

Lithium-Ionen Großspeichersysteme sind als sicher zu betrachten, sobald alle relevanten Vorschriften und Anforderungen berücksichtigt und umgesetzt werden. Ziel dieses Dokuments ist es, allen Beteiligten eines Projektes den gleichen Informationsstand bezüglich rechtlicher und technischer Anforderungen zur Verfügung zu stellen sowie Maßnahmen zum vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz von Lithium-Ionen Großspeichersystemen aufzuzeigen und damit die Einhaltung sicherheitsrelevanter Anforderungen zu gewährleisten.

Heute werden Lithium-Ionen Großspeichersysteme weltweit für unterschiedliche Anwendungen eingesetzt. Bei der Erstellung dieses Dokuments wurden Speicheranwendungen betrachtet, die verbunden mit erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen, im industriellen und gewerblichen Bereich, im Kraftwerksbereich, für Netzanwendungen und im Bereich der Schnellladeinfrastruktur realisiert werden. Dabei können die Speichersysteme als eigenständige Objekte oder innerhalb von Gebäuden errichtet sein. Die Lagerung von Lithium-Ionen Zellen und Batterien ist hiervon ausgenommen.

Die aufgeführten Hinweise und Empfehlungen basieren auf den allgemein anerkannten Regeln der Technik, den Empfehlungen von Feuerwehren, Brandschutzexperten, Gutachtern, Versicherern, Unfallversicherungsträgern, Herstellern und Experten aus der Lithium-Ionen Speicherbranche. Die Informationen enthalten den aktuellen Stand zu Gefahren sowie bewährte Maßnahmen zur Schadenverhütung sowie Anforderungen an sichere Lithium-Ionen Großspeichersysteme. Diese Publikation enthält Hinweise zur Vermeidung von Bränden und deren Auswirkungen und beschreibt mögliche bauliche, anlagentechnische und organisatorische Schutzmaßnahmen und Präventionsmöglichkeiten.

Entsprechende Maßnahmen sind im Rahmen individueller Risikoanalysen festzulegen. Das vorliegende Dokument führt beispielhaft unterschiedliche Möglichkeiten auf. Maßnahmen hinsichtlich Sachwertschutz, Umweltschutz oder Schutz vor Betriebsunterbrechungen können von den Maßnahmen für den Personenschutz abweichen.

Eine wichtige Schutzmaßnahme für Batteriespeicher im Allgemeinen und Lithium-Ionen Großspeichersystemen im Speziellen stellt der Einsatz eines geeigneten Überspannungsschutzes dar. Die Auswahl der richtigen Überspannungsschutzgeräte ist eine Herausforderung für Hersteller und Installateure, insbesondere für Installationen mit hohem verfügbaren DC-Kurzschlussstrom und höchsten Sicherheitsanforderungen.

Die Leitlinien bieten wichtige Informationen und Hinweise zum Schutz im Einsatzfall sowie Empfehlungen für betriebliche und versicherungstechnische Belange. Bei einer späteren Änderung der ursprünglich gewählten Zell- bzw. Batterietechnologie, z. B. im Zuge des Ersatzes von Zellmodulen oder einer Anlagenerweiterung, ist die Wirksamkeit der bereits getroffenen Maßnahmen erneut zu bewerten. Darüber hinaus sollte in der Regel bei gebrauchten Batterien die Sicherheit im Vorfeld über eine detaillierte Risikoanalyse bestätigt werden können.

In der nachstehenden Übersicht sind die drei Säulen „Errichtung, Sachversicherung und Betrieb“ mit den dazugehörenden Themenbereichen dargestellt. Bei „Errichtung“ und „Betrieb“ gibt es staatliche, autonome und privatrechtliche Aspekte zu berücksichtigen, welche nachstehend aufgeführt sind.

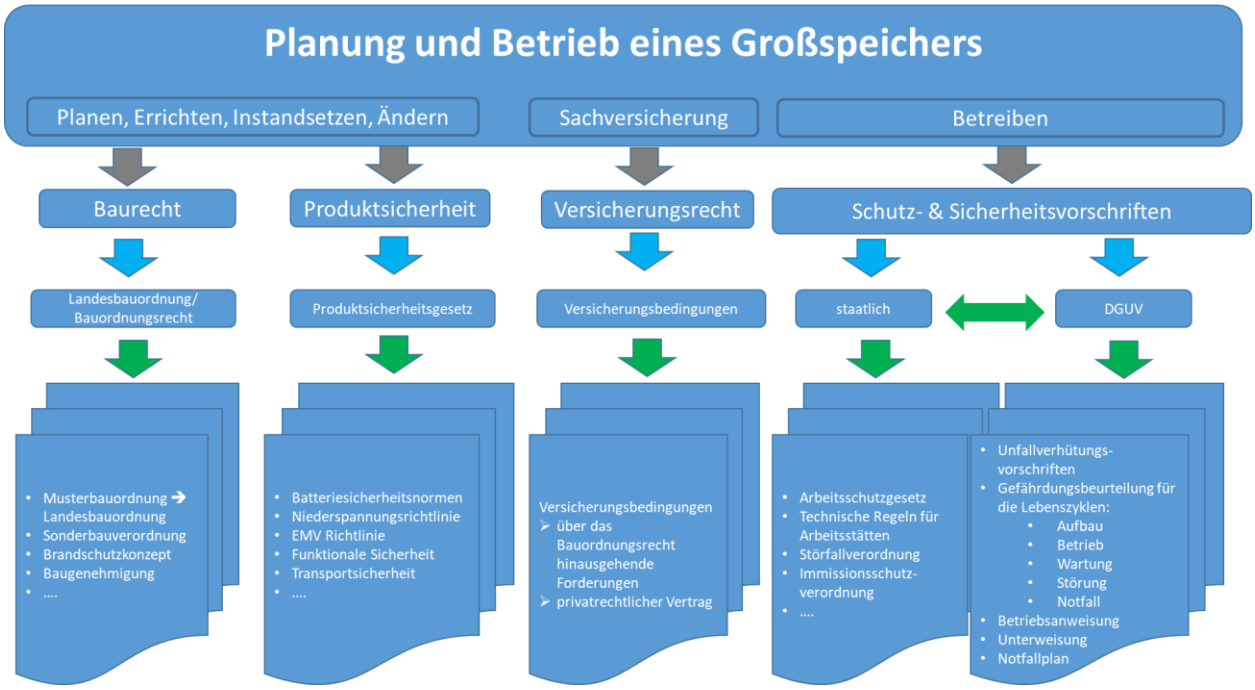


Abbildung 1: Übersicht der für Planung und Betrieb eines Großspeichers zu beachtenden Vorschriften, Regeln und weitere Vorgaben (nicht abschließend)

Haftungsausschluss

Diese Informationsschrift wurde 2019/2021 von einer „Expertenkommission zum vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz größerer Lithium-Ionen Speichersysteme“ mit größter Sorgfalt erstellt.

Eine Haftung für die inhaltliche Richtigkeit und Eignung der Hinweise im Einzelfall besteht gleichwohl nicht. Gesetzliche Vorschriften und behördliche Auflagen, z. B. von Umweltämtern, Baubehörden, Gewerbeaufsichtsämtern und Berufsgenossenschaften sowie einzelvertragliche Regelungen mit dem Versicherer bleiben von diesen Hinweisen unberührt. Die Anwendung der Leitlinie entbindet nicht von der Beachtung der einschlägigen Normen oder sonstiger technischer Regeln. Dort, wo Hinweise gegeben werden, dienen diese der Erläuterung, erheben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dies betrifft auch die Maßnahmen zum Explosionsschutz sowie die Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz.

Die Vervielfältigung der Broschüre für nicht kommerzielle Zwecke ist gestattet. Die Verfasser und Herausgeber übernehmen keine Haftung für Fehler in Zusammenhang mit der Vervielfältigung oder bei der Reproduktion. Die Quelle ist in jedem Fall anzugeben.

2 Allgemeine Hinweise

2.1 Aufbau eines Großspeichersystems

Abbildung 2: Zelle (hier als prismatische Zelle dargestellt); in den allermeisten Fällen werden Zellen nicht einzeln, sondern in Form von Batteriepacks oder Modulen geliefert und ins Batteriesystem eingebracht.

Abbildung 3: Batteriepack oder Modul; Zusammenstellung mehrerer Zellen zu einer handhabbaren Einheit in einem Gehäuse.

Abbildung 4: Batteriesystem bzw. Batterie; Zusammenstellung von Batteriepacks oder Modulen, die eine funktionsfähige Einheit darstellen, in einem Gehäuse.

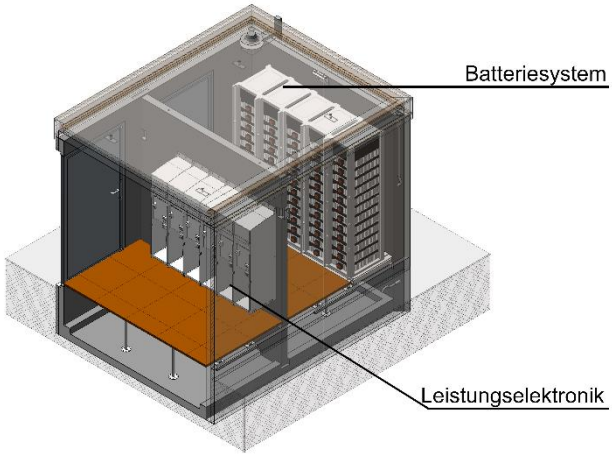


Abbildung 5: Großspeichersystem; enthält alle zum Betrieb notwendigen Komponenten (z. B. Batteriesystem, Leistungselektronik, Energiemanagement, Löscheinrichtung, Klimatisierung, Container etc.). Der Netzanschluss oder eine sogenannte Kundenanlage (nach EnWG § 3) ist nicht Bestandteil des Großspeichersystems.

Entsprechende Definitionen siehe auch Kapitel 8.

2.2 Anwendungsbeispiele von Speichersystemen

Lithium-Ionen Großspeichersysteme kommen in unterschiedlichen Umgebungen zum Einsatz. Zu den allgemeingültigen Anforderungen, die unabhängig von der Aufstellsituation gelten, gehören z. B., dass das Speichersystem entsprechend den aktuellen allgemein anerkannten Regeln der Technik hergestellt, errichtet und betrieben wird (siehe Kapitel 0). Der Aufstellort des Großspeichersystems sollte so gewählt werden, dass Gefahren durch eindringenden Wasser (z. B. Starkregenereignis, defekte Wasserleitungen etc.) als unwahrscheinlich ausgeschlossen werden können. Unabhängig davon sind in jedem Fall einige grundsätzliche Anforderungen und mögliche Gefahren zu berücksichtigen.

Freiflächenaufstellungen können Aufstellungen von Speicheranlagen sein, welche beispielsweise für die Zwischenspeicherung von erneuerbaren Energien (Photovoltaik oder Windenergie) zum Einsatz kommen.

Abbildung 6: Freiflächenaufstellung eines Lithium-Ionen Großspeichers in Container-Bauweise

Speicheranlagen innerhalb eines bebauten Gebietes (z. B. Wohngebiet, Gewerbe- oder Industriegebiet) werden aufgestellt, um unter anderem Lastspitzen großer Verbrauchseinheiten zu glätten oder erneuerbaren Strom direkter nutzen zu können.

Abbildung 7: Lithium-Ionen Großspeicher in einem Wohngebiet

Lithium-Ionen Großspeicher **innerhalb eines Gebäudes** dienen unter anderem der Pufferung von Energie aus Photovoltaikanlagen (z. B. in Gewerbe- und Industriebetrieben oder der Landwirtschaft) oder dem Bereitstellen von kurzzeitigen hohen Leistungen für Schnellladeeinrichtungen oder vielen parallel genutzten Ladevorrichtungen, z. B. in Parkhäusern.

Abbildung 8: Lithium-Ionen Großspeicher innerhalb eines Gebäudes

2.3 Verfügbarkeitsanforderungen der Nutzungsvarianten

Bei den verschiedenen Nutzungsvarianten ergeben sich teilweise sehr unterschiedliche Verfügbarkeitsanforderungen. Beispielhaft sind hier einige Anforderungen je nach Anwendung dargestellt.

Kraftwerksanwendung Anwendungsbeispiele: • Stromspeicherung/Spitzenlastabdeckung • Stromverteilung/Netzbetreiber • Regelenergie/Netzstabilität • Erneuerbare Energien (PV/Windenergie/ …)	**Verfügbarkeitsanforderung** aufgrund der Auswirkung bei Ausfall des Energiespeichers Gering: - Längere Betriebsunterbrechung oder Totalausfall kann akzeptiert werden Mittel: - Vorübergehender Ausfall kann akzeptiert werden Hoch: - Kurze Betriebsunterbrechung kann akzeptiert werden
Notstromanwendung Anwendungsbeispiele: • Stromspeicherung bei Ausfall der Netzversorgung • Notbeleuchtung • Sicheres Beenden von Prozessen • Versorgung systemrelevanter Anlagen	**Verfügbarkeitsanforderung** aufgrund der Auswirkung bei Ausfall des Energiespeichers Hoch: - Ausfall nicht zulässig/nicht akzeptabel
Ladeinfrastruktursysteme Anwendungsbeispiele: • Parkhäuser • Schnellladeeinrichtungen	**Verfügbarkeitsanforderung** aufgrund der Auswirkung bei Ausfall des Energiespeichers Gering: - Längere Betriebsunterbrechung oder Totalausfall kann akzeptiert werden

Tabelle 1: Beispiele von Verfügbarkeitsanforderungen in den verschiedenen Anwendungsbereichen.

2.4 Hinweise, die eine Einordnung von Gefahren und Maßnahmen ermöglichen

Nachfolgende Hinweise sind allgemein für Lithium Ionen Zellen gültig und müssen bei der Auslegung des Batteriesystems selbst bzw. bei den Brandschutzmaßnahmen berücksichtigt werden.

Die beim Brand oder Thermal Runaway freiwerdende Wärme (Energie) liegt aktuell mehrheitlich im Bereich zwischen dem 4- bis 11-fachen der elektrochemisch speicherbaren Nennenergie von Lithium-Ionen Zellen. Ein Zusammenhang zwischen der absoluten Wärme und beispielsweise der Zellbauform oder der Zellchemie konnte bisher nicht festgestellt werden. Bei der Risikobetrachtung sollte daher vom höchsten Wert ausgegangen werden, sofern keine Daten zur verwendeten Zelle vorliegen. Dies ist in der Regel nicht der Fall, zudem ist die Messung der freiwerdenden Wärme sehr aufwendig zu bestimmen und häufig fehlerbehaftet.

Im Falle des Versagens von Lithium-Ionen Batterien können je nach Zusammensetzung der Batterien Fluorwasserstoff und Phosphorpentafluorid bzw. Phosphorsäure gebildet werden. Daneben können weitere giftige und kanzerogene Stoffe, z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen. Weiterhin werden je nach Zusammensetzung der Batterien Schwermetalle in Form von Nickel- und Cobaltoxiden freigesetzt.

Das in einer Lithium-Ionen Zelle verwendete Kathodenmaterial kann chemisch gebundenen Sauerstoff enthalten, welches bei einem Brand innerhalb einer Zelle freigesetzt wird und dort für die Verbrennung zur Verfügung steht. Von daher kann eine brennende Zelle bzw. der interne Zellbrand selbst nicht gelöscht werden.

3 Grundlagen

3.1 Hinweis zum Bauordnungsrecht

Grundsätzlich sind die jeweiligen Landesbauordnungen und landesbaurechtlich eingeführte Regelungen einzuhalten. **Alle baulichen Anlagen sind im Einzelfall zu betrachten.**

In jedem Fall ist die jeweilige Baugenehmigung inkl. des Brandschutzkonzepts/-nachweises zu beachten. Der Bauherr bzw. der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass die Auflagen der jeweiligen Baugenehmigung eingehalten werden. Ggf. ergeben sich aus Sachschutzaspekten weitergehende Anforderungen, die über das Baurecht hinausgehen. Es empfiehlt sich, den Versicherer frühzeitig in die Planung miteinzubeziehen.

3.2 Sicherheit von Lithium-Ionen Speichersystemen – Standards, Nachweise und allgemeine Hinweise

Eine Übersicht von grundsätzlich einzuhaltenden Anforderungen sowie möglicher dafür anwendbarer Standards ist hier aufgeführt. Das Erfüllen dieser Anforderungen ermöglicht es, ein sicheres Lithium-Ionen Großspeichersystem frei von unvertretbaren Risiken errichten und betreiben zu können[1]. Diese Anforderungen umfassen die Bereiche **Batteriesicherheit, elektrische Sicherheit, EMV Sicherheit, funktionale Sicherheit, Betriebssicherheit sowie Transportsicherheit,** welche nachfolgend aufgeführt werden.

Elektrische Sicherheit (Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU)
Die elektrische Sicherheit in größeren Lithium-Ionen Speichern kann beispielhaft mit folgenden Standards umgesetzt werden:

- DIN EN 61140 (VDE 0140-1) – Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- Nur Batterie
    - IEC 61010-1 – Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:2010 + Cor. :2011); Deutsche Fassung EN 61010-1:2010
    - IEC 60730 – Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60730-1:2013, modifiziert + COR1:2014); Deutsche Fassung EN 60730-1:2016
- Leistungselektronik und Batteriesystem
    - IEC 62477-1 – Sicherheitsanforderungen an Leistungshalbleiter-Umrichtersysteme und -betriebsmittel – Teil 1: Allgemeines (IEC 62477-1:2012); Deutsche Fassung EN 62477-1:2012
    - IEC 62909-1 – Bidirektionale netzgekoppelte Leistungsumrichter Teil 1: Allgemeine Anforderungen
    - IEC 62109-1 – Sicherheit von Wechselrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 62109-1:2010); Deutsche Fassung EN 62109-1:2010

[1] Definition entsprechend Produktsicherheit: Risiko = Gefahr x Eintrittswahrscheinlichkeit

- Errichtung
    - IEC 60364 Reihe bzw. VDE 0100 Reihe – Errichten von Niederspannungsanlagen
    - IEC 61439-1 Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen (IEC 61439-1:2011)
    - Deutsche Fassung EN 61439-1:2011DIN EN 62271-101 Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen Teil 101: Synthetische Prüfung
    - DIN EN 62271-202 Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen Teil 202: Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung
    - VDE AR E 2510-2 Stationäre elektrische Energiespeichersysteme vorgesehen zum Anschluss an das Niederspannungsnetz
    - DIN EN IEC 62485-2/VDE0510-485-2 Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen
    - TAB des Netzbetreibers

Batteriesicherheit (Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG)
Die Anforderungen an Batteriesysteme, welche sich aus den Normen der Niederspannungsrichtlinie ableiten, sind alleine nicht ausreichend. Daher müssen folgende batteriespezifische Normen, die Stand heute zu keiner EU-Richtlinie harmonisiert sind, in jedem Fall berücksichtigt werden:

- IEC 62619 – Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications
- IEC 63056 – Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen für Lithium-Sekundärzellen und -Batterien für die Verwendung in elektrischen Energiespeichersystemen
- IEC 62485-5 – Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Teil 5: Lithium-Ionen-Batterien für stationäre Anwendungen (IEC 21/903/CD:2016)
- IEC 62933-2-1 Elektrische Energiespeichersysteme – Teil 2-1: Einheitsparameter und Prüfverfahren – Allgemeine Festlegungen (IEC 62933-2-1:2017); Deutsche Fassung EN IEC 62933-2-1:2018.

Einige grundlegende Überlegungen sind zusätzlich auch hier zu finden:

- DIN IEC/TS 62933-5-1 VDE V 0520-933-5-1:2020-04 Elektrische Energiespeichersysteme (EES-Systeme) Teil 5-1: Sicherheitserwägungen für netzintegrierte EES-Systeme – Allgemeine Spezifikation (IEC TS 62933-5-1:2017)
- IEC 62933-5-2 Elektrische Energiespeichersysteme (EES-Systeme) Teil 5-2: Sicherheitsanforderungen an netzintegrierte EES-Systeme – Elektrochemische Systeme

Hinsichtlich Second Life Lithium-Ionen Batterien hat der DKE/AK 371.0.14 eine Vornorm erarbeitet, bei der komplette Fahrzeugbatterien in für Laien nicht zugänglichen Bereichen mit den für die stationäre Anwendung notwendigen Anforderungen (z. B. oben genannter Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU) eingesetzt werden können; siehe auch DKE/AK 371.0.14 „Stationärer Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien aus dem Fahrzeugbereich, einschließlich Second Life Anwendungen".

EMV-Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie 2014/30/EU)
Die Einhaltung der Anforderungen an die Elektromagnetische Verträglichkeit ist sicherheitsrelevant und kann abhängig von Anwendungsfall und Komponente zum Beispiel durch folgende Standards umgesetzt werden:

- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-1: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-1:2016); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-1:2019
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2016); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-2:2019
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-3: Fachgrundnormen – Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-3:2020); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-3:2020 (Deutsche Norm in Vorbereitung)
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen – Störaussendung für Industriebereiche (IEC 61000-6-4:2018); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-4:2019
- DIN EN 55011 (VDE 0875-11) Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Geräte – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren; (CISPR 11:2015, modifiziert + A1:2017); Deutsche Fassung EN 55011:2016 + A1:2017
- DIN EN 55014 Elektromagnetische Verträglichkeit – Anforderungen an Haushaltsgeräte, Elektrowerkzeuge und ähnliche Elektrogeräte
- IEC 62311 Bewertung von elektrischen und elektronischen Einrichtungen in Bezug auf Begrenzungen der Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz)
- DGUV Vorschrift 15 – Elektromagnetische Felder

Funktionale Sicherheit

Zusätzlich zielt die Risikoanalyse und -bewertung auf die Minimierung von Risiken über alle Lebensabschnitte und Systemebenen der Anlage. Dafür sind weitere Normen notwendig, weil diese in den bisher aufgeführten Normen für Batterieanlagen noch nicht verbindlich gefordert werden. Anforderungen an die funktionale Sicherheit müssen daher eingehalten und zusätzlich berücksichtigt werden. Folgende Standards können hierfür herangezogen werden:

- DIN EN 61508 (VDE 0803) – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme
- ISO 26262– Straßenfahrzeuge – Funktionale Sicherheit
- DIN EN ISO 13849-1; – Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- DIN EN 62061 (VDE 0113-50) – Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme

Auch andere Normen zur funktionalen Sicherheit können herangezogen werden, sofern eine Vergleichbarkeit mit den aufgeführten Normen gegeben ist und die notwendigen Sicherheitslevel erreicht werden.

Transportsicherheit

Die ADR („Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße") fordert, dass jede Lithium-Ionen-Batterie einem geprüftem Typ gemäß des UN-Handbuchs Prüfungen und Kriterien Teil III Unterabschnitt 38.3 (kurz: UN38.3-Prüfungen) entspricht. Zusätzlich muss der Hersteller eine Prüfzusammenfassung (UN-Handbuch Prüfungen und Kriterien, Abs. 38.3.5) bereitstellen. Batterien, die keinem geprüften Typ entsprechen können nur unter ADR-Sondervorschrift transportiert werden. Der Transport der Batterien hat entsprechend dem Zustand, der Konfiguration und der Menge nach der jeweils aktuell geltenden ADR bzw. auf nationaler Ebene entsprechend der GGVSEB („Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt") zu erfolgen.

3.3 Weitere regulatorische Vorgaben

Die Löschwasserrückhaltung sowie die Zuständigkeiten sind nach Landesrecht und im Einzelfall zu prüfen.

Bei einem Brand von Lithium-Ionen Großspeichersystemen kann es zu größeren Mengen kontaminierten Löschwassers kommen. Wirkungsvolle Löschmaßnahmen sind unter Umständen nur durch den Einsatz von größeren Mengen Löschwasser, ggf. mit zugemischten Löschmittelzusätzen, möglich.

Nach § 5 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – allgemeine Sorgfaltspflicht – sowie §§ 32 und 48 WHG – Reinhaltung von Grundwasser und Gewässern – ist vom Errichter bzw. Betreiber/Eigentümer zu prüfen, ob bauliche und/oder organisatorische Maßnahmen zur Löschwasserrückhaltung unabhängig von der Löschwasserrückhalterichtlinie bzw. Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) erforderlich sind. Hierzu sind ggf. Absprachen mit den zuständigen Behörden (z. B. bezüglich Wasserrecht, Umwelt- und Naturschutz) notwendig.

Hinweis: Es ist bei der Planung zu berücksichtigen, dass standardmäßig keine Einsatzmaßnahmen der Feuerwehr zur Löschwasserrückhaltung in Aussicht gestellt werden können.

Rückhaltungen von Elektrolyten z. B. durch Aufkantung des Behälterbodens zum Zweck der Leckage-Rückhaltung sind aufgrund von Art und Mengen der zum Einsatz kommenden Elektrolyte im Regelfall nicht notwendig.

Ggf. ist die Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV) zu berücksichtigen.

3.4 Risikobewertung und Schutzmaßnahmen

Im Rahmen der individuellen Risikoanalyse sind wirksame Maßnahmen festzulegen, um ein geeignetes Schutzkonzept zu finden. Verschiedene Möglichkeiten werden im Folgenden beispielhaft aufgeführt. Dabei können die Maßnahmen zur Erreichung der Schutzziele für den Schutz von Sachwerten und den Schutz vor Betriebsunterbrechungen von den Maßnahmen für den Personenschutz oder den Umweltschutz abweichen.
Die Risikobewertungen und die sich daraus ergebenden zu treffenden Maßnahmen sind unter Berücksichtigung der Belange des Bauordnungsrechtes, Arbeitsschutzrechtes, Umweltschutzes, versicherungstechnischer Belange und Betreiberinteressen festzulegen und können die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen übersteigen. Die betreffenden Stellen sollten daher immer frühzeitig in die Planungen einbezogen werden. Es wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen wie ausreichende Mindestabstände zu baulichen Anlagen, Schutz vor unbefugtem Betreten, Not-Aus, keine weiteren Brandlasten im Aufstellraum und der Umgebung des Speichers etc. getroffen bzw. eingehalten werden.

Zusätzlich zu diesen Maßnahmen können abhängig von der zu erwartenden Risikohöhe (Ermittlung in den Abschnitten 0 bis 3.4.4) weitere Maßnahmen getroffen werden, die in der Tabelle im Abschnitt 3.4.5 beispielhaft aufgeführt sind.

3.4.1 Personenschutz

Zur Ermittlung der anzunehmenden Risikohöhe zum **Personenschutz** kann nachfolgender Entscheidungsbaum genutzt werden. Die Maßnahmen zum Schutz von Personen, die im und am Lithium-Ionen Großspeichersystem arbeiten, sind durch die Gefährdungsbeurteilung auf Grundlage des staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Arbeitsschutzrechts zu ermitteln. Zum Beispiel können besondere Anforderungen an Fluchtwege gestellt werden. In der nachfolgenden Risikobewertung werden die Gefahren für Personen außerhalb bzw. in der Nähe des Lithium-Ionen Großspeichersystems betrachtet. Dies können insbesondere die Auswirkungen von Feuer und Rauch sein.

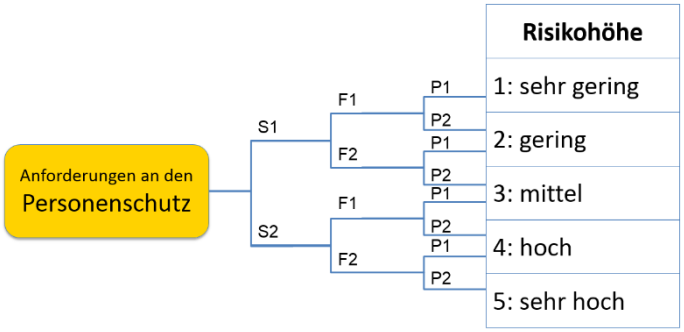


Abbildung 9: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

S – Höhe des Schadens oder Ausmaß

- S1 leichter Schweregrad der Verletzung, üblicherweise reversibel
- S2 ernsthafter Schweregrad der Verletzung, üblicherweise irreversibel oder tödlich

F – Häufigkeit und/oder Dauer

- F1 Häufigkeit selten bis weniger häufig und/oder kurze Dauer der Gefährdungsexposition
- F2 häufig bis ständig und/oder lange Dauer der Gefährdungsexposition

P – Vermeidung der Gefahr

- P1 Möglichkeit zur Vermeidung der Gefahr oder zur Begrenzung des Schadens unter bestimmten Umständen
- P2 nicht oder kaum möglich

3.4.2 Verfügbarkeit

Zur Ermittlung der anzunehmenden Risikohöhe zur Verfügbarkeit kann nachfolgender Entscheidungsbaum genutzt werden.

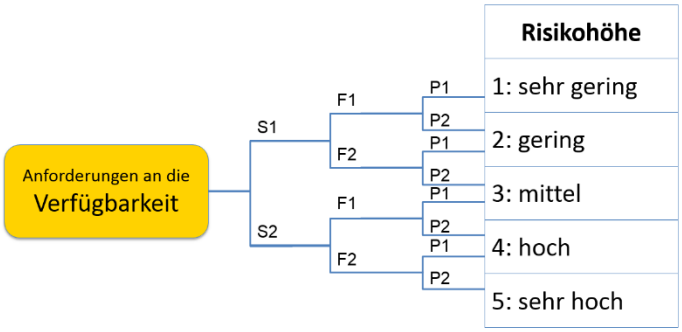


Abbildung 10: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

S – Auswirkung bei Ausfall des Energiespeichers

- S1 keine Betriebsunterbrechung bzw. nur von kurzer Dauer
- S2 lange Dauer der Betriebsunterbrechung, Ausfall Notstromversorgung etc.

F – Häufigkeit und/oder Dauer

- F1 Häufigkeit selten bis weniger häufig und/oder kurze Dauer
- F2 häufig bis ständig und/oder lange Dauer

P – Vermeidung der Betriebsunterbrechung

- P1 Möglichkeit zur Vermeidung der Betriebsunterbrechung oder zur Begrenzung auf kurze Dauer
- P2 nicht oder kaum möglich

3.4.3 Sachwertschutz

Zur Ermittlung der anzunehmenden Risikohöhe zum Sachwertschutz kann nachfolgender Entscheidungsbaum genutzt werden. In der nachfolgenden Risikobewertung werden die Risiken für Sachwerte außerhalb bzw. in der Nähe des Speichers betrachtet. Dies können insbesondere die Auswirkungen von Feuer und Rauch sein.

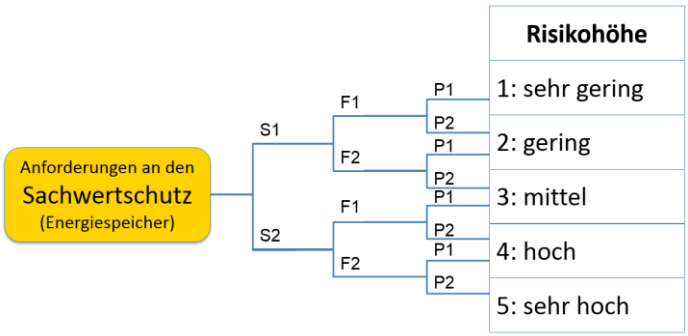


Abbildung 11: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

S – Sachschaden bei Totalverlust des Energiespeichers

- S1 kein bis geringer Sachschaden
- S2 hoher Sachschaden, lange Betriebsunterbrechung

F – Häufigkeit und/oder Dauer

- F1 Häufigkeit selten bis weniger häufig und/oder kurze Dauer
- F2 häufig bis ständig und/oder lange Dauer

P – Vermeidung des Totalverlustes

- P1 Möglichkeit zur Vermeidung des Totalverlustes oder zur Begrenzung auf geringe Schadenhöhe
- P2 nicht oder kaum möglich

Empfohlene Schutzmaßnahmen
Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind für die Errichtung und den Betrieb (siehe Kap. 0) zu berücksichtigen. Zusätzlich zu diesen Maßnahmen sind abhängig von der zu erwartenden Risikohöhe zum Sachwertschutz weitere Maßnahmen zu treffen.

3.4.4 Umweltschutz

Zur Ermittlung der anzunehmenden Risikohöhe zum Umweltschutz kann nachfolgender Entscheidungsbaum genutzt werden. In der nachfolgenden Risikobewertung werden die Auswirkungen von Feuer und Rauch sowie kontaminiertem Löschwasser außerhalb bzw. in der Nähe des Speichers betrachtet.

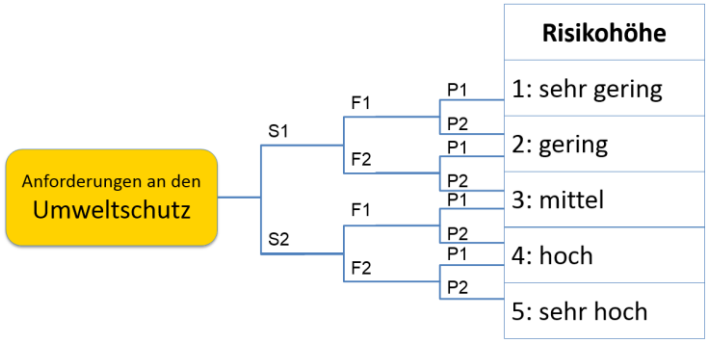


Abbildung 12: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

S – Umweltschaden bei Brandereignis am Energiespeicher

- S1 kein bis geringer Umweltschaden
- S2 hoher Umweltschaden, hohe Kosten für Schadenbeseitigung in der Umgebung des Energiespeichers

F – Häufigkeit und/oder Dauer

- F1 Häufigkeit selten bis weniger häufig und/oder kurze Dauer
- F2 häufig bis ständig und/oder lange Dauer

P – Vermeidung des Umweltschadens

- P1 Möglichkeit zur Vermeidung des Umweltschadens oder zur Begrenzung auf geringe Schadenhöhe
- P2 nicht oder kaum möglich

3.4.5 Übersicht von möglichen Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Risikohöhe

Die Maßnahmen, die sich aus den allgemein anerkannten Regeln der Technik für die Errichtung und den Betrieb (siehe Kap. 3.2) ergeben, sind grundsätzlich zu berücksichtigen.

Zusätzlich zu diesen Maßnahmen können abhängig von der ermittelten Risikohöhe weitere Maßnahmen erforderlich sein.

In der folgenden Tabelle sind mögliche Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Risikohöhe beispielhaft aufgeführt. Diese können gemäß den objektspezifischen Gefährdungsbeurteilungen angepasst werden.

Tabelle 2: Übersicht von möglichen Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Risikohöhe

Risikohöhe / **Empfohlene Maßnahmen**	**Personenschutz**			**Verfügbarkeit**			**Sachwertschutz**			**Umweltschutz**		
	gering	***mittel***	***hoch***	***gering***	***mittel***	***hoch***	***gering***	***mittel***	***hoch***	***gering***	***mittel***	***hoch***
automatische Brandmeldeanlage mit lokaler Alarmierung		X										
automatische Brandmeldeanlage mit Weiterleitung der Brandmeldung an eine ständig besetzte Stelle*			X			X		X	X			
bauliche Trennung zwischen dem Aufstellbereich der Batterie und der Leistungselektronik **ohne** klassifizierten Feuerwiderstand	X			X			X					
bauliche Trennung zwischen dem Aufstellbereich der Batterie und der Leistungselektronik **mit** klassifiziertem Feuerwiderstand		X	X		X	X		X	X			
Schutz der Umgebung gegen Einwirkung eines Brandes von innen nach außen durch bauliche Trennung/Umhausung des gesamten Speichersystems mit klassifiziertem Feuerwiderstand oder vergrößerte Abstände zu anderen baulichen Einrichtungen		X	X					X	X			
Schutz des Batteriespeichers gegen Einwirkung eines Brandes von außen durch bauliche Trennung/Umhausung mit klassifiziertem Feuerwiderstand oder vergrößerte Abstände zu anderen baulichen Einrichtungen					X	X		X	X			
geführte Rauchgasableitung ins Freie (abgeführte Brandgase dürfen nicht zu einer Gefährdung im Außenbereich führen)		X	X		X	X			X			
Löschwasserrückhaltung (in Verantwortung des Betreibers)											X	X
stationäre automatische Löschanlage (gemäß Kapitel 5)			X			X			X		X	X

* Eine ständig besetzte Stelle im Sinne dieses Dokuments kann z. B. Prozessleittechnik/Leitwarte, zertifizierter Sicherheitsdienst, Notruf und Serviceleitstelle, Leitstelle einer Werkfeuerwehr oder auch die öffentliche Feuerwehr sein. Im Gegensatz dazu ist eine baurechtlich geforderte BMA in der Regel auf die alarmauslösende Stelle (z. B. integrierte Leitstelle) gemäß den technischen Anschlussbedingungen (TAB) aufzuschalten, welche unmittelbar die öffentliche Feuerwehr alarmieren kann.

In der Tabelle können nicht alle Aspekte des Standortes abschließend bewertet werden. Dort sind dann aufgrund einer Betrachtung der örtlichen Gegebenheiten angepasste Maßnahmen umzusetzen. Es wird grundsätzlich empfohlen, das vorhandene BMS zur frühzeitigen Erkennung von Störungen zu nutzen, um auch brandgefährliche Zustände rechtzeitig zu erfassen.

Beispielhafte Erläuterung zu in der Tabelle aufgeführten Maßnahmen

Durch eine automatische Brandmeldeanlage werden Brände frühzeitig detektiert. Dadurch können zum einen anwesende Personen rechtzeitig gewarnt und zum anderen Interventionskräfte alarmiert werden. Hierdurch können auch die Schadenauswirkungen reduziert werden.

Durch bauliche Maßnahmen kann bei einem Brand des Speichers die Umgebung (Personen, Sachwerte, Umwelt) vor den Auswirkungen geschützt werden. Ebenso kann der Speicher vor Brandeinwirkungen von außen geschützt werden, was sowohl dem Sachwertschutz wie auch der Verfügbarkeit dient (siehe auch Kap. 4.2).

Die Maßnahmen zum Umweltschutz zielen insbesondere auf die Vermeidung von Boden- oder Gewässerverunreinigung ab. Eine automatische Löschanlage sorgt für eine frühzeitige Brandbekämpfung, wodurch z. B. die Feuerwehr kein oder weniger Löschwasser einsetzen muss, welches wiederum zurückgehalten bzw. aufgefangen werden muss.

4 Baulicher Brandschutz – Maßnahmen des vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutzes

4.1 Gefährdungsbeurteilung

Aufgrund der umfassenden normativen Regelungen und Vorgaben (siehe Kapitel 0) zu durchzuführenden Prüfungen im Rahmen der Zertifizierung der Batteriezellen kann davon ausgegangen werden, dass Lithium-Ionen Batterien an sich als relativ sicher eingestuft werden können. Vielmehr gilt es, die Speicheranlagen vor einem externen Brandereignis zu schützen, um aufgrund von externer Verbrennungswärme initiierten Zellzersetzungsprozessen vorzubeugen. Eine Separierung der Lithium-Ionen Batterien von Wechselrichtern sowie Transformatoren sollte zur weiteren Risikominimierung angestrebt werden. Bei der Errichtung der Anlagen sind die aktuell gültigen Normen sowie Anwendungs- und Errichtungsregeln zu beachten und umzusetzen. Die während des Betriebes immer wiederkehrenden vorgegebenen Prüfungen/technischen Inspektionen werden als wichtige Bausteine zur Minimierung der Brandentstehungsgefahr angesehen.
Ggf. ist bei der Verwendung von sogenannten Second-Life-Batterien aufgrund des höheren Lebensalters ein erhöhtes Risiko des Auftretens eines Zellschadens gegenüber neuen Lithium-Ionen Batterien gegeben, welches es bei Bedarf zu berücksichtigen gilt.

4.2 Anforderungen bezüglich des Brand- und Explosionsschutzes

Einer Brandausbreitung kann durch Maßnahmen des baulichen Brandschutzes wirksam vorgebeugt werden. Dies kann zum einen durch ausreichend große Abstände zu anderen Gebäuden bzw. baulichen Anlagen oder durch bauliche Abtrennungen mit Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer erreicht werden. Nach aktuellem Kenntnisstand erscheinen 5 bis 10 Meter Abstand zu anderen Objekten ausreichend, wobei diese oder andere Werte immer bezogen auf den konkreten Einzelfall festgelegt werden müssen.

Falls sich der Aufstellort des Lithium-Ionen Großspeichers innerhalb eines Gebäudes befindet, ist in Zusammenarbeit zwischen Brandschutz-Nachweisersteller, Bauaufsicht und Brandschutzdienststelle abzuwägen, ob es sich bei diesem Raum um einen „Raum mit Explosions- oder erhöhter Brandgefahr" im Sinne des § 29 Abs. 2 Nr. 2 MBO handelt. In diesem Fall sind feuerbeständige Trennwände in Massivbauweise mit mindestens feuerhemmenden, dicht- und selbstschließenden Abschlüssen erforderlich. Falls es zu keiner Einstufung im Sinne des § 29 Abs. 2 Nr. 2 MBO kommt, sollten die Trennwände zwischen dem Aufstellort des Speichers und den übrigen Gebäudeteilen in der Regel mindestens in der Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile des Geschosses, jedoch mindestens feuerhemmend ausgeführt werden (vgl. § 29 Abs. 3 MBO). Dabei ist das Augenmerk abermals auf die Ausbildung der Trennwände in Massivbauweise zu legen. Bei sehr großen Lithium-Ionen Speichern (z. B. 1.000 kWh) ist ggf. im Einzelfall der Sonderbautatbestand durch die Brandschutznachweisersteller/-in oder die Brandschutzdienststelle anzuregen, um weitere Anforderungen zur Abwehr von Nachteilen aus bauordnungsrechtlicher Sicht transparent begründet stellen zu können. Anzumerken dabei ist, dass die Bewertung bzw. Einstufung als Sonderbau durch die zuständige Baugenehmigungsbehörde nach fachlicher Beratung erfolgen muss und der Sonderbautatbestand nicht pauschal unterstellt werden kann.

Falls Energiespeicher in Garagen (außerhalb von Fahrzeugen) errichtet und betrieben werden sollen, sind diese in der Regel feuerbeständig vom übrigen Garagenraum abzutrennen. Das offene

Verlegen von Hochspannungsleitungen (größer 1.000 V AC bzw. 1.500 V DC), welches ggf. mit der Errichtung eines stationären Lithium-Ionen Energiespeichers in Garagen einhergeht, hat in Garagen – unter anderem aus Gründen der Einsatzkräftesicherheit – zu unterbleiben.

Solange die Anlage im Normalbetrieb (bestimmungsgemäßen Betrieb) innerhalb der Auslegungsparameter betrieben wird, ist nicht mit vorzeitigen alterungsbedingten Schäden und der Bildung und Freisetzung von Elektrolytdampf zu rechnen. Bezüglich der ggf. begrenzten Lebensdauer/Verwendungsdauer des Speichers bzw. der einzelnen Lithium-Ionen Batterien sind die Hinweise des jeweiligen Herstellers zwingend zu beachten. Während des bestimmungsgemäßen Betriebs innerhalb der Auslegungsparameter ist nicht mit der Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen; d. h. eine Einstufung in eine Explosionsschutzzone ist im Normalbetrieb nicht erforderlich, es sei denn, dass sich aus der Risikoanalyse des Herstellers etwas anderes ergibt.

Im Fall des thermischen Durchgehens der Batteriemodule – z. B. beim Betrieb außerhalb der Auslegungsparameter – muss davon ausgegangen werden, dass zu Beginn des Thermal Runaways zündfähige Gasgemische austreten, ohne dass vorerst eine dauerhafte, effektive Zündung der Gase stattfindet. In dieser Phase ist eine Ansammlung zündfähiger Gasgemische möglich, die bei einer nachfolgenden Zündung zu einer Explosion führen kann.

Um einen im Schadenfall entstehenden Druckanstieg – z. B. durch unter Druck ausgasende (und möglicherweise zündfähige) Elektrolyte oder infolge einer extremen Brandausbreitung – innerhalb des Aufstellortes gezielt ins Freie zu leiten und den Raumabschluss nicht statisch zu gefährden, sind Vorrichtungen zur Druckentlastung nach derzeitigem Kenntnisstand der Technik und Erkenntnissen aus Brandfällen erforderlich.

Diese Vorrichtungen zur Druckentlastung sind im günstigsten Fall direkt an der Außenwand vorzusehen. Falls dies aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich ist, sind diese Öffnungen gezielt z. B. über Dach ins Freie zu führen. Dabei muss die raumabschließende Funktion der Umfassungswände mit Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit auch beim Druckanstieg gewährleistet bleiben.

Bei den Aufstellorten der Lithium-Ionen Großspeicher handelt es sich in der Regel nicht um Aufenthaltsräume im Sinne des Baurechts. Aus brandschutztechnischer Sicht wird daher ein gesicherter Ausgang vom Aufstellort des Speichers als ausreichend angesehen, um die Menschenrettung zu ermöglichen.

Um wirksame und für die Einsatzkräfte sichere Löscharbeiten gewährleisten zu können, ist eine gesicherte Zugänglichkeit erforderlich. Diese Zugangsmöglichkeit sollte nach Möglichkeit im Erdgeschoss ausgeführt sein und an der Außenwand liegen, um den Einsatzkräften ein sicheres Vortragen eines Löschangriffs aus der Deckung bzw. aus einem sicheren Bereich zu ermöglichen. Grundsätzlich sollten die Zugänglichkeiten zu den Lithium-Ionen Batterien so ausgebildet sein, dass die Strahlrohrabstände gemäß DIN VDE 0132 eingehalten werden können.

Um den Einsatzkräften an der Zugangstüre zum Aufstellort des Lithium-Ionen Großspeichers einen Hinweis auf das Vorhandensein von Lithium-Ionen Batterien geben zu können, ist eine Kennzeichnung in Anlehnung an die Kennzeichnung von Photovoltaik-Anlagen (Entwurf dazu Anhang C – Kennzeichnung) empfehlenswert. Diese Kennzeichnung muss an der Wand schlossseitig etwa in Augenhöhe angebracht werden und nicht etwa direkt auf der Zugangstüre. Dadurch wird sichergestellt, dass die Hinweisschilder auch bei geöffneter Zugangstüre weiterhin sichtbar bleiben.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Löschwasserversorgung werden die aktuellen Vorgaben des Arbeitsblattes DVGW W 405 i.V.m. der AGBF-Fachempfehlung 2018-04 "Löschwasserversorgung aus Hydranten in öffentlichen Verkehrsflächen" als ausreichend erachtet. Seitens des anlagentechnischen Brandschutzes sind zusätzliche, über die bauordnungsrechtlichen Anforderungen hinausgehende „freiwillige" Maßnahmen denkbar. Diese Maßnahmen finden ihren Ursprung meist in Betreiberbelangen hinsichtlich der Anlagenverfügbarkeit oder ergeben sich aus Gründen des Sachversicherers und dessen Risikobewertung auch in finanzieller Hinsicht. Diesbezüglich sind exemplarisch Feinsprüh-Löschanlagen oder Gaslöschanlagen zu nennen, welche durch automatische Melder der Kenngröße Rauch ausgelöst werden. Weitere Hinweise zu Branddetektion siehe Kapitel 5.2 und zu Löscheinrichtungen Kapitel 5.4.

Die Verwendung bzw. Installation von Brandmeldeanlagen (BMA) mit automatischer Information des Betreibers ist ebenfalls weitverbreitet; eine auf die alarmauslösende Stelle aufgeschaltete BMA ist aus Sicht der Feuerwehren nicht zwingend erforderlich und ist mit der örtlich zuständigen Brandschutzdienststelle abzustimmen. Der abwehrende Brandschutz kann aufgrund des charakteristischen Brandverlaufs von Lithium-Ionen Batterien in der Regel den Totalverlust der vom Brand betroffenen Anlage nicht verhindern. Eine verwendete BMA kann nach der internen Branddetektion neben der Information des Betreibers auch für die Trennung des Großspeichers vom elektrischen Netz oder die Trennung des Speichers von z. B. einer Photovoltaik-Anlage dienen. Ziel der Maßnahmen des vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutzes könnte und sollte daher sein, eine Brandeinwirkung auf die Batterien zu vermeiden. Die rechtliche Umsetzbarkeit hinsichtlich der Anforderungen der landesrechtlichen Regelungen bzw. des Brandschutzkonzeptes ist dabei zu beachten.

5 Anlagentechnischer Brandschutz – Brandmelde- und Löschtechnik

5.1 Szenarien und Schutzziele

Bei der evtl. Planung von Löschanlagen sind unterschiedliche Szenarien zu betrachten, welche jeweils unterschiedliche Schutzziele verfolgen. Eine mögliche differenzierte Betrachtungsweise wird nachfolgend kurz erläutert:

Szenario 1 – Brand innerhalb des Lithium-Ionen Batteriespeichersystem (Brand bzw. thermisches Durchgehen auf „Zellebene").
Schutzziel: Beim thermischen Durchgehen einer Zelle die Ausbreitung auf benachbarte Zellen bzw. das thermische Durchgehen eines Moduls verhindern. Ein thermisches Durchgehen des Systems wird dadurch vermieden; bestenfalls muss die Feuerwehr nicht zur aktiven Brandbekämpfung eingreifen. Die Wirksamkeit des Brandschutzsystems, wie z. B. einer eingesetzten Löschanlage, ist für den eingesetzten Batterietyp nachzuweisen.

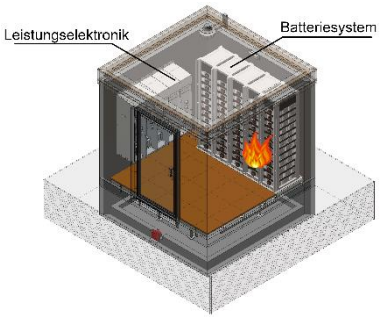


Abbildung 13:
Darstellung Szenario 1

Beim Auftreten eines Ereignisses von thermischem Durchgehen einer einzelnen Zelle ist das Batteriesystem derart zu gestalten, dass kein äußerer Brand aus dem Batteriesystem oder kein Batteriegehäusebruch auftritt (siehe IEC 62619, VDE-AR-E 2510-50 oder UL1973). Die stationären Batteriespeicher müssen die Anforderungen nach IEC 62619 inkl. Kap. 7.3.3 erfüllen. Die in der Norm dazu alternative Anforderung nach Kap. 7.3.2 (Innere Kurzschlussprüfung – Zelle) ist für diesen Nachweis nicht geeignet. Die Erfüllung der Anforderungen nach IEC 62619, Kap. 7.3.3, VDE-AR-E 2510-50 Abs. 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6 oder UL1973 Kap. 39 (Ausbreitungsprüfung) können durch konstruktive Maßnahmen oder spezielle Brandschutz-Einhausungen derart erfüllt werden, dass beim Durchgehen einer Zelle die Ausbreitung auf benachbarte Zellen bzw. das Durchgehen eines Moduls bzw. ein Durchgehen des Systems bzw. ein äußerer Brand aus dem Batteriesystem oder ein Batteriegehäusebruch vermieden wird.
Anmerkung: Zur Erfüllung des Schutzziels ist der optionale Einsatz eines Löschsystems oder anderer Einrichtungen (z. B. Einhausungen) möglich.

Szenario 2 – Brandeinwirkung auf den Lithium-Ionen Batteriespeicher (Brandereignis findet innerhalb des Aufstellortes statt) und eine sichere Unterscheidung, ob es sich um einen Brand der Lithium-Ionen Batterie oder der Leistungselektronik handelt, ist nicht gegeben.
Schutzziel: Bei Entstehungsbränden in der Nähe der Lithium-Ionen Batterien (z. B. Brand in der Leistungselektronik etc.) die Auswirkung derart reduzieren und dadurch sicherstellen, dass eine Brandausbreitung auf die Batterien verhindert wird.

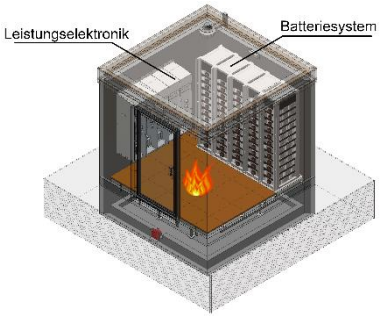


Abbildung 14:
Darstellung Szenario 2

Szenario 3 – Brandeinwirkung im Bereich der Sekundärelektronik (Leistungselektronik, Klimagerät …). Das Brandereignis findet innerhalb des Aufstellortes, aber qualifiziert brandschutztechnisch abgetrennt vom Lithium-Ionen Batteriespeicher statt.

Schutzziel: Bei Entstehungsbränden in der Nähe der Sekundärelektronik die Auswirkung derart reduzieren und dadurch sicherstellen, dass eine Brandausbreitung auf den Aufstellbereich der Batterie verhindert wird.

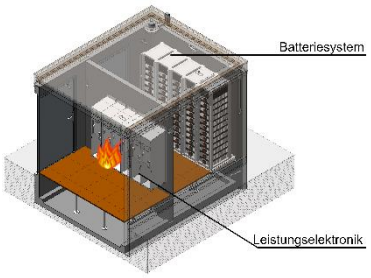


Abbildung 15:
Darstellung Szenario 3

Szenario 4 – Brand von außen auf den Batteriespeicher (externes Brandereignis außerhalb des Aufstellortes).

Schutzziel: Sicherstellen, dass sich ein Brandereignis nicht auf den Batteriespeicher ausbreiten kann. Mögliche Maßnahmen: bauliche Trennung mit ausreichendem Feuerwiderstand, räumliche Trennung oder Löschanlagen.

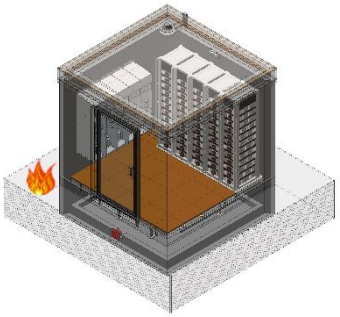


Abbildung 16:
Darstellung Szenario 4

5.2 Branderkennung – Ansteuerung von Löschanlagen – Alarmierung

Der Betrieb von Lithium-Ionen Großspeichern setzt gewisse Umgebungsbedingungen voraus. Nur in dem vom Hersteller vorgegebenen Temperaturbereich darf der Großspeicher betrieben werden. Zur Einhaltung der Betriebsparameter ist in der Regel eine permanente Klimatisierung unabdingbar. Hohe Umluftkühlleistungen führen in einer Entstehungsphase zu einer starken Verdünnung von freiwerdenden Rauchgasen. Mögliche Brandursachen können die Elektrotechnik (Leistungselektronik, Kabel, Anschlussklemmen etc.), aber auch die Batterie selbst sein. Aufgrund der möglichen Brandursachen und der räumlichen Anordnung sind nicht alle Detektionssysteme dafür geeignet. Brände in der Elektrotechnik sind mit zu den häufigsten Brandursachen zu zählen, können aber bei frühzeitiger Erkennung erfolgreich bekämpft werden. Basiert der Brand auf einem internen Batteriefehler, werden aufgrund der Erwärmung des Kunststoffgehäuses der Batterie geringe Mengen an Pyrolysegasen erzeugt. Diese Menge reicht jedoch nicht aus, um bei laufender Klimatechnik mit herkömmlichen Branderkennungselementen eine frühzeitige Brandmeldung zu erhalten. Zeitgleich werden von einer havarierten Batterie aber auch hochentzündliche Elektrolytgase freigesetzt. Dies ist ein eindeutiges Zeichen für ein kurz bevorstehendes thermisches Durchgehen der Batterie. Ziel muss es sein, eine frühestmögliche Branderkennung zu realisieren, Interventionsmaßnahmen kurzfristig einzuleiten und damit einen Großschaden zu verhindern. Nachstehende Tabelle ist eine Empfehlung. Sie kann jederzeit durch weitere Systeme erweitert werden.

Die Notwendigkeit der Installation einer Brandmelde- und automatischen Löschanlage kann sich wie folgt ergeben:

1. *Personenschutz*
Eine automatische Brandmeldeanlage innerhalb des Objekts erhöht den Personenschutz, da eine frühzeitige Warnung der Personen vor Ort innerhalb und außerhalb der Anlage frühzeitige Maßnahmen ermöglicht, z. B. Warnung vor Zutritt oder Flucht.

2. *Automatische Notabschaltung des Großenergiespeichers, um Brände in der Entstehung zu verhindern*
Mit einer frühzeitigen automatischen Abschaltung der Batteriespeicheranlage (z. B. Freischaltung der Anlage, Öffnen aller AC- und DC-Leistungsschalter) kann möglicherweise ein Brand schon in der Entstehung verhindert werden.
Eine Verknüpfung der Brandmeldeanlage mit der Anlagensteuerung ist sinnvoll.

3. *Ansteuerung einer automatischen Löschanlage*
Zusätzlich kann bei Bedarf einer erhöhten Anforderung oder gemäß behördlicher Anordnung oder durch Forderung des Sachversicherers eine automatische Löschanlage angesteuert werden.

4. *Alarmweiterleitung an eine ständig besetzte Stelle*
Weiterhin kann bei Bedarf die Brandmeldung auf eine ständig besetzte Stelle weitergeleitet werden.

Bei der Planung von Brandmeldeanlagen in Batteriespeicheranlagen sind die Schutzziele, der Umfang und die Art der Branddetektion festzulegen. Zu berücksichtigen ist:

- welche Bereiche oder Anlagenteile (Brandlasten) überwacht werden sollen,
- welches Brandszenario erwartet wird (z. B. Flammen- oder Schwelbrand, Überhitzung, chem. Reaktion eines Akkus).

Hierbei sind generell folgende Punkte zu beachten:
- Detektionseigenschaften der Branderkennungselemente
- Luftströmung/Thermik in allen Betriebszuständen
- Anordnung der zu überwachenden Anlagenteile
- Schürzen/Schotte/Öffnungen
- automatische Ansteuerung von Löschanlagen
- automatische Abschaltung von Anlagen (Brandfall-Steuermatrix)
- Zugänglichkeit bei Instandhaltung, Service und Austausch
- Aufwand zur Montage und Verkabelung

Batteriespeicheranlagen setzen in Abhängigkeit der Brandlast unterschiedliche Brandkenngrößen frei. Die Auswahl der Branderkennungselemente ist u. a. abhängig von den zu erwartenden Brandkenngrößen/Zersetzungsprodukten, der Raumgeometrie und den Lüftungsverhältnissen. Für die Detektion wird der Einsatz von RAS empfohlen. Entsprechende Eignungsnachweise sind zu erbringen.

Tabelle 3: Überblick über Brandkenngrößen mit Zuordnung zur Brandart

Brandart	Brandkenngröße							
	Rauch			Wärme			Flammen	
	oRM EN 54-7	RAS EN 54-20	Linienförmiger RM EN 54-12	Wärmemelder EN 54-5	Linienförmige Wärmemelder EN 54-22	Mehrfachsensor-melder EN 54-29, -31	UV EN 54-10	IR EN 54-10
Flammenbrand Batteriehavarie Kabel Kühlflüssigkeiten	+	+	+	o	o	+	o	o
Glimm-/Schwelbrand Kunststoffe Kabel/Leitungen Batteriehavarie	o	+	o	-	-	o	-	-
Beginn Batterie-havarie Freisetzung Elektrolyte	-	+*	-	-	-	-	-	-

Legende: **+** = gut geeignet **o** = bedingt geeignet **-** = nicht geeignet
* Nachweis durch eine unabhängige Prüfstelle, z. B. entsprechend VdS anerkanntem Schutzkonzept für Lithium-Ionen Systeme erforderlich (weitere Informationen unter www.vds.de und vom Hersteller)

Ansteuerung von automatischen Löschanlagen
Die Ansteuerung von automatischen Löschanlagen hat nach VDE 0833-2 in Zweimeldungsabhängigkeit Typ B durch Branderkennungselemente, die nach EN 54 zugelassen sind zu erfolgen. Videobasierte Systeme sind nicht nach EN 54 anerkannt und nur als zusätzliche bildgestützte Verifikation verwendbar und damit nicht zur Ansteuerung von automatischen Löschanlagen zugelassen.

Alarmierungseinrichtungen
Die Installation von Alarmierungseinrichtungen hat gemäß den geltenden Normen und Richtlinien zu erfolgen. Sie kann gemäß eines mit dem Betreiber abgestimmten Alarmierungskonzepts unter anderem mit akustischen EN 54-3 und/oder auch optischen EN 54-23 Signalgeber erfolgen.

5.3 Handfeuerlöscher

Für die Brandbekämpfung von Bränden, die von außen auf Zellen/Batterien einwirken, kann ein Handfeuerlöscher geeignet sein. Für die Bekämpfung von Zell-/Batteriebränden selbst sind derzeit keine geeigneten Handfeuerlöscher auf dem Markt verfügbar.

Für Großspeicher können aufgrund der geringen Gangbreiten unter Umständen die Mindestabstände entsprechend VDE 0132 nicht eingehalten werden. Deshalb sind in diesen Anlagen keine Handfeuerlöscher vorzusehen.

Ggf. sind Handfeuerlöscher außerhalb der Speicheranlage vorzuhalten, um das Löschen von Personen zu ermöglichen. Zum Thema Löschen von brennenden Personen siehe auch DGUV Information 205-001 „Betrieblicher Brandschutz in der Praxis"; Löschdecken sind hier nicht geeignet, siehe dazu das Merkblatt „Einsatz von Löschdecken" der DGUV Information des SG Betrieblicher Brandschutz.
Die Notwendigkeit der Vorhaltung von Handfeuerlöschern für kleinere/mittelgroße Speicher in sonstigen Betriebsräumen, die keine elektrischen Betriebsräume sind, ergibt sich aus der ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände" i. V. m. der DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen".
Die Mitarbeiter müssen in der batteriespezifischen Brandbekämpfung unterwiesen sein. Dies gilt auch insbesondere in Hinblick auf die elektrischen Gefährdungen.

5.4 Löschanlagen

Vorbemerkung:
Da sich im Batteriespeicher im Normalfall keine Personen aufhalten, im Brandfall eine Annäherung aus Sicherheitsgründen nur eingeschränkt möglich ist sowie mit einem rasanten Brandverlauf zu rechnen ist, sind halbstationäre und manuell zu betätigende Löscheinrichtungen nur eingeschränkt einsetzbar bzw. wirksam.

An Risikostandorten, an denen ein Brand des Batteriespeichers zu einer Gefährdung von Personen oder der Umgebung führen kann, sowie aus Gründen des Sachwertschutzes kann es erforderlich werden, Brandmelde- und/oder Löschanlagen zu installieren. Eine Brandmelde- und Löschanlage soll einen Entstehungsbrand erkennen und löschen oder kontrollieren und damit die Ausbreitung eines Brandes verhindern. Dabei ist zwischen Bränden in der Umgebung des Batteriespeichers und Bränden der Batterie selbst zu unterscheiden. Brennende Zellen lassen sich nicht löschen, eine Brandausbreitung (auf weitere Zellen und/oder Module) lässt sich jedoch durch geeignete Löschanlagen wirksam vermeiden und somit der Brand des gesamten Batteriespeichers verhindern. Hierfür sind der Nachweis bzw. die Zulassung für den Batterietyp und das Einsatzgebiet zu erbringen. Als Grundsatz ist für die Planung festzulegen, ob es sich um eine Feuerlöschanlage, eine Anlage zur Brandkontrolle oder Flammenunterdrückung entsprechend Tabelle 4 handeln soll. Bei einer Anlage zum Löschen muss das Havarieren der Batterie möglichst früh erkannt werden. Setzt die Propagation, also das Übergreifen der durchgehenden Batteriezellen/-module erst einmal ein, ist ein Löschen kaum noch möglich.

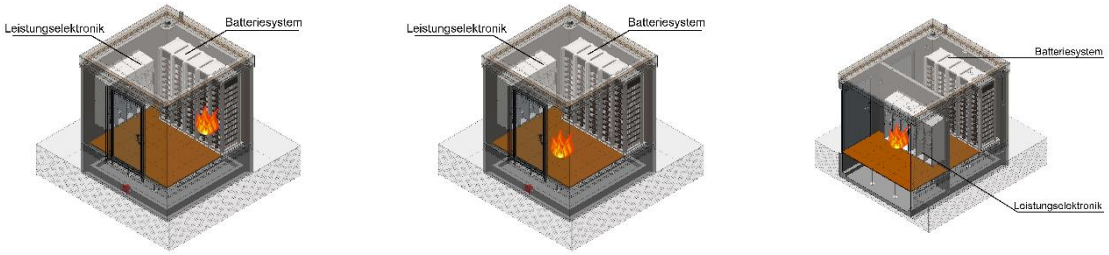
5.4.1 Automatische Löschanlagen

Automatische Löschanlagen erkennen einen Brand und bekämpfen diesen selbsttätig. Die entsprechenden Regelwerke und Normen für Planung und Einbau von automatischen Löschanlagen sind zu berücksichtigen.
Es ist zu prüfen, ob das Batteriespeichersystem im Brandfall abgeschaltet werden soll (Notabschaltung). Hinweis: Die Batterien sind auch nach Notabschaltung weiterhin spannungsführend.

Eindeutige Informationen zur Eignung des Löschsystems für den Schutz von Batteriespeichern und Einschränkungen bzw. Einsatzgrenzen müssen in den Zulassungen wie z. B. VdS oder UL und deren Anmerkungen und/oder zugehörigen Handbüchern enthalten sein (Nachweis der Wirksamkeit und Betriebssicherheit).

5.4.1.1 Löschmittel für automatische Löschanlagen

Hinweis: Beim Einsatz von Löschgasen ist die VdS 3518 Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen zu beachten.



Szenario 1 Szenario 2 Szenario 3

Abbildung 17: Grafische Darstellung der Szenarien 1 bis 3 entsprechend Kap. 5.1; Beschreibungen der Szenarien und Schutzkonzepte siehe Kap. 5.1.

Tabelle 4: Übersicht von Löschmitteln für **automatische Löschanlagen** bezogen auf die Schutzbereiche für die Szenarien 1, 2 und 3

Löschmittel	Schutzbereiche/Brandlasten											
	offen eingebaute Batterien im Aufstellbereich			geschlossene Batterieschränke im Aufstellbereich			El. Betriebsräume Schaltanlagen			Kabelböden Zwischenböden im el. Betriebsraum		
Szenario	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Wasser			dieses Szenario sieht keine Batterien im Schutzbereich vor			dieses Szenario sieht keine Batterien im Schutzbereich vor	trifft hier nicht zu, da in diesem Bereich keine Batterien vorhanden sind			trifft hier nicht zu, da in diesem Bereich keine Batterien vorhanden sind		
- Sprinkler	O*	O*		-	O*			O*	O*		O*	O
- Sprühwasser	O*	O*		-	O*			O*	O*		O*	+
Wassernebel												
- Niederdruck	O*	O*		-	O*			O*	O*		O*	+
- Mitteldruck	O*	O*		-	O*			O*	O*		O*	+
- Hochdruck	O*	O*		-	O*			O*	O*		O*	+
Wasser mit Löschmittel-zusätzen (Netzmittel)	O*	O*		-	O*			O*	O*		O*	+
Schaummittel-zumischung a)												
- Schwer-/	O*	O*		-	O*			O*	O*		O*	+
- Mittel-/	-	O*		-	O*			O*	O*		O*	+
- Leichtschaum	-	O*		-	O*			O*	O*		O*	O
CO2 c)	+	+		+	+			+	+		+	+
IG 01 Argon b), c)	+	+		+	+			+	+		+	+
IG 100 Stickstoff b),c)	+	+		+	+			+	+		+	+
IG 55 b), c)	+	+		+	+			+	+		+	+
IG 541 b) , c)	+	+		+	+			+	+		+	+
HFC-227ea b), d)	-	-		-	-			-	+		-	+
FK-5-1-12 b), e)	-	O		-	O			O	+		O	+
Pulver	-*	-*		-*	-*			-*	-*		-*	-*
Aerosol f)	-	-		-	-			-	-*		-	-*

Legende: **+** = gut geeignet **o** = bedingt geeignet **-** = nicht geeignet

***** Die Eignung ist im Einzelfall wegen der zu erwartenden Rückstände nach Auslösen der automatischen Löschanlage zu bewerten.

Die in Kap. 6.1 beschriebenen Brandbekämpfungsmaßnahmen durch Einsatzkräfte der Feuerwehr und die dort vorgeschlagenen Löschmittel sowie die Vorgaben/Empfehlungen der DIN VDE 0132 sind von obiger Tabelle unabhängig und weiterhin gültig!

Erläuterungen

a) Schaum ist gemäß DIN VDE 0132 durch Einsatzkräfte der Feuerwehr nur in spannungsfreien Anlagenteilen zu verwenden; erforderlichenfalls sind auch benachbarte Anlagen spannungsfrei zu schalten (Gefahr der Spannungsverschleppung über Schaumteppich). Die Ausbringung von Schaum über automatische Löschanlagen wird in der DIN VDE 0132 nicht detailliert geregelt und ist im Rahmen der Fachplanung seitens des Errichters der Löschanlage im Rahmen einer Risikobewertung/Gefährdungsbeurteilung unter Beachtung der betreffenden einschlägigen Errichter-Normen zu bewerten.

b) Der Flutungsbereich muss ausreichend abgedichtet sein, sodass eine löschwirksame Löschgaskonzentration und die geforderte Haltezeit erreicht werden.

c) Nachweis durch eine unabhängige Prüfstelle, z. B. entsprechend VdS anerkanntem Schutzkonzept für Lithium-Ionen Systeme (weitere Informationen unter www.vds.de und vom Hersteller).

d) Aufgrund der F-GAS Regulation in Neuanlagen nicht mehr zulässig.

e) Innerhalb der Löschmittelgruppe mit der ISO-Kennzeichnung FK-5-1-12 gibt es einen eindeutigen Anwendungshinweis des Herstellers 3M™ für das Produkt Novec™ 1230 Feuerlöschmittel: Der Hersteller verweist auf das technische Produktdatenblatt vom Januar 2020, Seite 10 (*https://multimedia.3m.com/mws/media/1246880/3m-novec-1230-fire-protection-fluid.pdf)*
   Wenn er einmal ausgelöst wurde, kann der sogenannte „thermal Runaway" durch das Feuerlöschmittel nicht gestoppt werden. Es sollte daher nicht für diese spezielle Anwendung bzw. für dieses Risiko verwendet werden. Feuerlöschsysteme mit diesem Feuerlöschmittel können in der Nähe von Lithium-Ionen-Batterien installiert werden, um externe Brandereignisse schnell zu löschen.
   Beim Einsatz von FK 5-1-12 in der Umgebung des Batteriespeichers z.B. zum Schutz der Leistungselektronik (Szenario 2) ist in jedem Fall bei der Branderkennung eine Unterscheidung von Pyrolyseprodukten gegenüber ausgasenden und zündfähigen Elektrolytdämpfen durch geeignete Detektion erforderlich. Die Löschanlage zum Schutz der Umgebung des Batteriespeichers darf dann nur auslösen, wenn sichergestellt ist, dass nicht gleichzeitig ein Batteriebrand vorliegt. Die im Abschnitt 5.2 aufgeführten Anforderungen an die Branderkennung sind dabei einzuhalten.
   Unter der gleichen ISO-Kennzeichnung sind weitere Produkte auf dem Markt verfügbar. Da zu diesen Produkten bei Redaktionsschluss dieser Schrift keine Informationen der jeweiligen Hersteller bzw. Inverkehrbringer bekannt sind, sollten diese grundsätzlich nicht eingesetzt werden, sofern keine eindeutigen und auf die konkreten Schutzziele der jeweiligen Anlage bezogenen Wirksamkeitsnachweise erbracht werden.

f) Entsprechend DIN EN 15276-2 ist der Einsatz von Aerosollöschanlagen bei Bränden nur gestattet, sofern die Beteiligung bestimmter Stoffe am Brand ausgeschlossen ist. Dazu zählen u. a. Chemikalien, die einen eigenen Sauerstoffvorrat besitzen, oder andere Oxidationsmittel. Je nach eingesetztem Zelltyp können Sauerstoffvorräte oder andere Oxidationsmittel im verwendeten Kathodenmaterial vorkommen. Daher ist eine Überprüfung und ein entsprechender Nachweis der Wirksamkeit der Löschanlage für den Einzelfall notwendig.
   Siehe auch: *Fachbereich Aktuell Aerosol Löschanlagen*

Hinweis:

Es ist vom Schutzziel und Anwendungsfall abhängig, welche Brandbekämpfungsanlage mit welchem Löschmittel zum Einsatz kommen kann.

Durch eine Inertgas-Löschanlage kann zum Beispiel bei einer sehr frühen Detektion des Brandereignisses bzw. Zellfehlers das Schadereignis auf eine einzelne Zelle bzw. Modul begrenzt werden.

Durch wasserbasierte Löschanlagen können zum Beispiel kritische Brandgase niedergeschlagen werden. Diese Rauchgaswäsche kann geeignet sein, wenn im Brandfall Immissionen zu einer Gefährdung in der Umgebung führen können.

5.4.2 Halbstationäre Löschanlagen

Erfahrungsgemäß sind halbstationäre Löschanlagen in Lithium-Ionen Speichersystemen nur im Einsatzbereich von Werkfeuerwehren wirksam, da nur diese entsprechend kurze Eingreifzeiten gewährleisten können. Halbstationäre Löschanlagen verfügen über fest in einem zu schützenden Bereich installierte Rohre und offene Löschdüsen. Im Gegensatz zu stationären Löschanlagen verfügen halbstationäre Löschanlagen meist nicht über eine eigene Wasserversorgung, sondern über einen Anschluss zur Wassereinspeisung durch die Feuerwehr. Als Löschmittel kommt Wasser unter Umständen unter Zumischung von Netz- bzw. Schaummittel zum Einsatz. Der Einsatz halbstationärer Löschanlagen bei Batteriespeichern ist unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll.

Der wirkungsvolle Einsatz dieses Systems setzt voraus, dass:

- der zu schützende Bereich vollständig durch eine automatische Brandmeldeanlage überwacht wird,
- die Detektion so früh wie möglich erfolgt,
- die Eingreifzeit (entsprechend VdS 2395-1: Zeitraum zwischen Brandmeldung und dem Füllen des stationären Rohrleitungssystems) der Feuerwehr maximal 5-8 Minuten beträgt,
- der Bereich zum Anschließen der Schlauchleitungen an das Löschsystem gefahrlos betreten werden kann und
- die bauliche Anlage der statischen Belastung durch das Löschwasser standhält oder das Wasser gerichtet abgeführt und aufgefangen wird.

Halbstationäre Löschanlagen eignen sich ausschließlich zur Brandkontrolle oder Flammenunterdrückung als Unterstützung für die Brandbekämpfung durch die Feuerwehr. Die Folgen des Brandes können gemindert werden; es ist aber mit einem großen Brandschaden zu rechnen.

5.4.3 Wirksamkeitsnachweise

Der Nachweis der Wirksamkeit ist durch praxisgerechte Brand- und Löschversuche mit entsprechenden Wiederholungsversuchen zu erbringen. Der Nachweis der Wirksamkeit muss sich am Schutzziel bzw. dem entsprechenden Szenario orientieren, ist von einer unabhängigen Prüfstelle durchzuführen und in einer Prüfvereinbarung festzuschreiben.

Beispiele für mögliche Schutzziele sind:

- tolerierbarer Schadenumfang
- Schutz der Einrichtung selbst
- Schutz der Umwelt
- Brandunterdrückung und -löschung
- hohe Verfügbarkeit

Es können aber auch andere oder zusätzliche Schutzziele definiert werden mit Bezug auf Schutzbereich/Objekt, zeitliche Ausrichtung, Brandlast und Löschwirkung.
Grundsätzlich sind, soweit möglich, bei den Wirksamkeitsnachweisen Prüfszenarien aus Richtlinien und Normen zu verwenden. Sind diese nicht verfügbar, ist das Konzept des Wirksamkeitsnachweises mit allen Beteiligten und den Genehmigungsbehörden abzustimmen.

Die Wirksamkeitsnachweise müssen:

- die normalen Einsatzbedingungen der Löschanlage(n) berücksichtigen,
- die für die Löschanlage(n) ungünstigen Einsatzbedingungen berücksichtigen,
- die Anforderungen des Personen- und Sachwertschutzes erfüllen und
- eine Sicherheit zur normalen Auslegung der Löschanlage(n) verifizieren.

Diese Anforderungen können mehrere Versuche unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen erfordern. Brand- und Löschversuche und die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

6 Abwehrender Brandschutz

6.1 Empfehlung für die Einsatztaktik

Für das Vorgehen bei Einsätzen mit Beteiligung von stationären Lithium-Ionen Großspeichern ist die DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen" zu beachten.

Das Löschmittel der Wahl für die Feuerwehr ist auch bei Großspeichern Wasser; die Zugabe von Netzmittel ist dabei möglich. Die bekannten Strahlrohrabstände nach DIN VDE 0132 sind in jedem Fall einzuhalten. Trotz der ggf. erforderlichen Kühlmaßnahmen ist vor allem innerhalb von Gebäuden darauf zu achten, dass unnötiger Wasserschaden vermieden wird. Um Gefährdungen zu minimieren, welche durch die evtl. einsetzende extreme Brandausbreitung (erhöhte Wärmefreisetzung, Splitterwirkung) hervorgerufen werden können, sollte der Löschangriff möglichst aus der Deckung vorgetragen werden. Evtl. freiwerdende Gase und Dämpfe (z. B. Elektrolyte ...), welche nicht brennend aus der Batterie austreten, können unter Umständen zur Bildung von zündfähigen Atmosphären führen. Die Aufstellräume sind deshalb möglichst zeitnah und vorzugsweise unmittelbar ins Freie zu belüften. Freiwerdende Gase und/oder Dämpfe sind nach Möglichkeit mit Sprühstrahl niederzuschlagen. Um festzustellen, ob Kühlmaßnahmen seitens der Feuerwehr notwendig sind, hat sich in der Praxis die „kritische" Temperatur von ca. 80 Grad Celsius (vgl. DIN VDE 0132) an der Außenseite der Lithium-Ionen Batterie (Gehäuse des Moduls) bewährt.

Beim Vorgehen zur Brandbekämpfung ist die vollständige Schutzkleidung gemäß DGUV Information 205-014 (z. B. DIN EN 469 Schutzkleidung für die Feuerwehr – Leistungsanforderungen für Schutzkleidung für Tätigkeiten der Feuerwehr) mit umluftunabhängigem Atemschutzgerät zu tragen, da dem thermischen Risiko während der Brandbekämpfung höhere Priorität beigemessen wird als der Gefährdung durch chemische Stoffe. Nach Abschluss der Brandbekämpfung ist vor allem bei großen Mengen auslaufender Chemikalien zu erwägen, ob ein Vorgehen gemäß FwDV 500 in Analogie zur Gefahrgruppe GG II C erforderlich ist.

Falls evtl. Demontagearbeiten im Zuge der Gefahrenabwehr an Anlagenbestandteilen vonnöten sind, sind diese ausschließlich durch eine Elektrofachkraft durchzuführen. Dabei ist jedoch zwingend notwendig, dass der Einsatzleiter prüft, ob diese Maßnahmen noch im Rahmen der Gefahrenabwehr notwendig sind oder aber die Einsatzstelle bereits an den Betreiber übergeben werden kann.

Bezüglich der häufig diskutierten Thematik der Entstehung von Fluorwasserstoff (Flusssäure, HF) aufgrund der chemischen Bestandteile des Elektrolyten (z. B. Lithiumhexafluorophosphat LiPF6) sei erwähnt, dass zurzeit bei stationären Großspeichern davon ausgegangen werden kann, dass entstehende Flusssäure durch Calcium-Bestandteile in Umfassungswänden (Putz etc.) und/oder in Fundamenten aus Beton chemisch „abreagiert" bzw. „weggepuffert" wird und so eine akute Gefährdung als unwahrscheinlich gilt. Die Entstehung von Flusssäure kann derzeit jedoch nicht abschließend bewertet werden. Orientierende HF-Messungen werden empfohlen.

Hinsichtlich einer zielführenden Einsatzvorbereitung haben sich Objektbesichtigungen als vorteilhaft erwiesen, bei denen die Einsatzkräfte in direktem Kontakt mit den Anlagenbetreibern in die örtlichen Gegebenheiten und Besonderheiten eingewiesen werden können, um für den Einsatzfall adäquat vorbereitet zu sein.

Hinweise nach Feuer aus/Übergabe der Einsatzstelle

- Die Einsatzstelle darf nach Beendigung der Gefahrenabwehrmaßnahmen nur im gesicherten Zustand verlassen werden. Mögliche Gefahrenbereiche sind abzusperren.
- Die Einsatzstelle ist nach Beendigung der Gefahrenabwehrmaßnahmen frühzeitig an die zuständige Person (Anlagenbetreiber, eine von ihm beauftragte Person, Hauseigentümer, ggf. Elektrizitätswerk oder Polizei) mit den nötigen Sicherheitshinweisen zu übergeben.
- Bei Bedarf ist vor dem Verlassen der Einsatzstelle die Spannungsfreiheit durch eine Fachfirma herzustellen und gegen Wiedereinschalten zu sichern.
  Hinweis: Die Lithium-Ionen Batterie ist auch nach Notabschaltung weiterhin spannungsführend.
- Die Aufstellräume sind nach Möglichkeit weiterhin natürlich zu belüften.
- Die bereits veröffentlichten Hinweise/Empfehlungen der DGUV Information 205-035 oder der vfdb zur Einsatzhygiene bei Bränden sowie zum Umgang mit kalten Brandstellen sind zu beachten.

Weitere Aspekte, die es zu beachten gilt, welche jedoch nicht Maßnahmen der primären Gefahrenabwehr zuzuordnen sind und somit nicht in die Zuständigkeit der Einsatzkräfte der Feuerwehr fallen:

- Die Lagerung und Zwischenlagerung zerstörter oder beschädigter Lithium-Ionen-Speicher muss gemäß Gefährdungsbeurteilung, unter Berücksichtigung der baulichen und organisatorischen Gegebenheiten sowie nach Herstellervorgaben erfolgen.
  Zusätzlich dazu siehe auch Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen TRGS 524 und VdS 2357 – Richtlinien zur Brandschadensanierung.
- Der Transport zerstörter oder beschädigter Lithium-Ionen Akkumulatoren (kritisch defekte Lithium-Ionen Akkumulatoren) muss entsprechend der ADR Sondervorschriften (z.B. ADR 2021 SV 376) sowie entsprechend der zugeordneten Verpackungsanweisung erfolgen.

7 Organisatorische Maßnahmen

Die organisatorischen Maßnahmen sind ein wesentlicher Faktor zum sicheren Betrieb eines Großspeichers. In diesem Zusammenhang sollten diese bereits in der Planungs-, Errichtungs- und Inbetriebnahmephase definiert werden.

7.1 Sicheres Betreiben eines Lithium-Ionen-Großspeicherssystems

Nach der Errichtung eines Großspeichers ist der Betreiber für den sicheren Betrieb zuständig (Verantwortung). Er hat eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen und zu dokumentieren, aus der hervorgeht, welche Maßnahmen für den sicheren Betrieb des Großspeichers zu treffen sind.

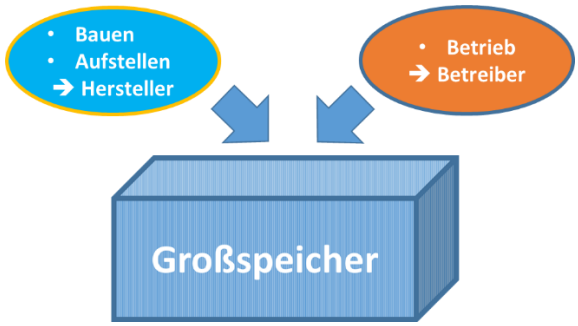


Abbildung 18: Zuständigkeiten

Wenn der Betrieb des Großspeichers z. B. aufgrund fehlender Fachkompetenz des Betreibers an einen Subunternehmer übertragen wird, hat der Subunternehmer die Gefährdungsbeurteilung zu erstellen.

Die Arbeiten im Betrieb sind entsprechend den Arbeits- und Gesundheitsschutzvorgaben durchzuführen. Dies ist vertraglich festzulegen.

Gefährdungsbeurteilung:
Bei der Gefährdungsbeurteilung wird von einer sicheren Anlage ausgegangen, deren aktzeptablen Restrisiken für den Betreiber in der Bedienungsanleitung beschrieben sind. Der Betreiber hat die Schnittstelle zwischen Aufstellort und Großspeicher zu bewerten/beurteilen.

Der Aufstellort eines Großspeichers kann z. B. bei einem Feld mit Photovoltaikfeld/-park, aber auch als eine in einem Gebäude integrierte Anlage sein, z. B. in einem Krankenhaus.

In der Gefährdungsbeurteilung sind die folgenden Prozessschritte zu betrachten und zu dokumentieren:

Abbildung 19: 7 Schritte zur Gefährdungsbeurteilung

Dabei sind u. a. die verschiedenen Betriebszustände des Großspeichers zu betrachten:

- Normalbetrieb
- Wartung/Instandhaltung
- Notfallbetrieb (Störung/Brand, Fluchtmöglichkeiten etc.)
- .....

In der Bedienungsanleitung und den Unterlagen des Herstellers sind die notwendigen Informationen für den sicheren Betrieb, Wartung und Instandhaltung enthalten.

Der Betreiber oder sein Beauftragter hat die Anforderungen an die Umgebung, die aus der Bedienungsanleitung und/oder Baugenehmigung hervorgehen, für den jeweiligen Standort des Großspeichers umzusetzen.

Tabelle 5: Prozessschritte und beispielhafte Prozessinhalte der Gefährdungsbeurteilung

Inhalt Gefährdungsbeurteilung	
Prozessschritt:	**Prozess:**

(1)
Festlegen von Arbeitsbereichen und Tätigkeiten
	Arbeitsbereiche:
	• Akku-Bereich,
	• Steuerungsbereich
	• Außenbereich
	• ….
	Tätigkeiten:
	• Wechsel von Akku Packs, (→ AuS – Arbeiten unter Spannung DGUV Regel 103-111/112)
	• Überprüfung des Ladezustands
	• Visuelle Kontrollen
	• Prüfung Sicherheitstechnik (BMA, Löschanlage …)
	• Wartung Klimagerät
	• Notfallmaßnahmen (Brand und Ex-Schutz)
	  o Alarmierungsplan- und Evakuierungsplan
	  o Flucht- und Rettungsplan
	  o Feuerwehrplan
	• Brandschutzbeauftragter
	• Brandschutzordnung
	• Schaltberechtigter
	•
	• …
	
	Diese Punkte sind für die jeweilige Betriebsart des Großspeichers zu betrachten!

(2) Ermitteln der Gefährdungen	• Die Gefährdungen sind entsprechend der nachfolgend aufgeführten „Übersicht der Gefährdungsfaktoren" Anhang B – Gefährdungsfaktoren zu ermitteln. • Es empfiehlt sich, alle Gefährdungsfaktoren zu betrachten und bei nicht vorhandenen Faktoren „nicht vorhanden" zu vermerken. Damit ist nachgewiesen, dass eine umfassende Betrachtung stattgefunden hat.
(3) Beurteilen der Gefährdungen	• Die Gefährdungen sind nach der Häufigkeit des Auftretens und einer möglichen Verletzungsschwere zu beurteilen.
(4) Festlegen konkreter Arbeitsschutzmaßnahmen	• Konkrete Arbeitsschutzmaßnahmen sind nach dem „STOP-Prinzip" (Substitution, technische, organisatorische, persönliche Schutzmaßnahmen) festzulegen. ***Dies bedeutet in der Umsetzung, dass vorhandene Gefährdungen zu vermeiden sind, und erst wenn dies nicht möglich ist, als letzte Maßnahme persönliche Schutzausrüstung (PSA) zu wählen ist.***

	➢ Dies kann z. B. bedeuten, Arbeiten nur im spannungsfreien Zustand durchzuführen wenn möglich. ➢ Nicht Zustellen von Druckentlastungsöffnungen ➢ Festlegung von konkreten Notfallmaßnahmen (Flucht- und Rettungsmöglichkeiten) im Gefährdungsfall (insbesondere bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, Akku-Wechsel etc; Notfallmaßnahmen entsprechend § 10 Arbeitsschutzgesetz und § 22 DGUV Vorschrift 1 Grundsätze der Prävention sowie Anforderungen hinsichtlich Bedienungsgänge und Wartungsgänge entsprechend DIN VDE 0100-729 – Errichten von Niederspannungsanlagen: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art • Konkrete Arbeitsschutzmaßnahmen sind per Betriebsanweisung sowie durch eine persönliche Unterweisung den Mitarbeitern zu vermitteln.
(5) Durchführung der Maßnahmen	• Die festgelegten Maßnahmen sind den Mitarbeitern durch dokumentierte Unterweisungen bekannt zu geben. • Notwendiges Material, z. B. Werkzeug und persönliche Schutzausrüstung (Schutzschuhe, Helm, Schutzbrille, Bekleidung), ist zu beschaffen und zur Verfügung zu stellen.
(6) Überprüfen der Wirksamkeit der Maßnahmen	Durch Rücksprache sowie Beobachtung der Mitarbeiter bei der Arbeit ist die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen zu ermitteln. Wenn notwendig und sinnvoll sind die Maßnahmen zur Gewährung des Sicherheitsstandards anzupassen.
(7) Fortschreiben der Maßnahmen	Die festgelegten Maßnahmen sind regelmäßig (→ Empfehlung jährlich!) zu prüfen, um technische Änderungen und neue Erkenntnisse, die den Arbeits- und Gesundheitsschutz betreffen, zu ergänzen. Es empfiehlt sich, dies bei Beinaheunfällen, Arbeitsunfällen, kritischen Situationen, Umbauten an der Anlage etc. durchzuführen.

Bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung sind Mitarbeiter, Sicherheitsbeauftragte, die Sicherheitsfachkraft, der Betriebsarzt sowie der Betriebsrat einzubinden.

Zur Unterstützung können Sie sich auch an den für das Unternehmen zuständigen Unfallversicherungsträger wenden.

Weitergehende Hinweise siehe Anhang B – Gefährdungsfaktoren.

8 Abkürzungen und Begriffserläuterungen

Tabelle 6: Abkürzungen

Abkürzung	
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMA	Brandmeldeanlage
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EnWG	Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz)
IR	Infrarot-Melder
LBO	Landesbauordnung
MBO	Muster-Bauordnung
oRM	optischer Rauchmelder
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
RAS	Rauchansaugsystem
TAB	Technische Anschlussbedingungen
UV	Ultraviolett-Flammenmelder
VdS	VdS Schadenverhütung GmbH
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V.

Die nachfolgenden Begriffe und Definitionen sind soweit möglich an EN und IEC Standards angelehnt. Auf den entsprechenden Standard wird in bzw. vor der Definition verwiesen.

Definitionen entsprechend prEN 14972

- **3.1.12 Brandkontrolle**
  Begrenzen der Größe des Brandes durch Verteilung von Wasser, um die Wärmefreisetzungsrate zu verringern und benachbarte Brandstoffe vorzubenetzen, während die Gastemperaturen an der Decke kontrolliert werden und die Strahlung begrenzt wird, um Schäden an Baukonstruktionen zu vermeiden.
  BEISPIEL: Durch Kühlen von Objekten, umgebener Gase oder Vorbenetzen benachbarter Brandstoffe oder Kombination aus allen dreien.
- **3.1.13 Feuer löschen**
  Vollständige Eliminierung eines flammenden oder schwelenden Feuers.
- **3.1.14 Feuerunterdrückung**
  Drastische Reduzierung der Wärmefreisetzungsrate und das Verhindern eines erneuten Ausbreitens des Feuers während des Anlagenbetriebs.

Definitionen nach IEC62619 Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen für Lithium-Akkumulatoren und -Batterien für die Verwendung in industriellen Anwendungen – Entwurf 2020

- **Zelle**
  Sekundärzelle, bei der elektrische Energie durch Einlagerungs-/Auslagerungsreaktionen von Lithiumionen oder durch Oxidations-/Reduktionsreaktionen zwischen der negativen Elektrode und positiven Elektrode abgeleitet wird.
  ANMERKUNG 1: Die Zelle enthält typischerweise einen Elektrolyt, der aus einem Lithiumsalz und einer organischen Lösemittelverbindung in flüssiger, gelförmiger oder fester Form besteht, und besitzt ein Metall- oder ein Laminatgehäuse. Er ist nicht für die Verwendung in

einem Gerät vorbereitet, da er noch nicht mit seinem endgültigen Gehäuse, seiner Anschlussanordnung und seiner elektrotechnischen Regeleinrichtung ausgestattet ist.

- **Modul**
  Gruppe von Zellen, die in Reihen- und/oder Parallelschaltung mit oder ohne Schutzeinrichtungen (z. B. Sicherung oder PTC) und Überwachungsschaltungen verbunden sind.

- **Batteriepack**
  Energiespeichervorrichtung, die aus einer oder mehreren elektrisch verbundenen Zellen oder Modulen besteht und eine Überwachungsschaltung aufweist, die Informationen (z. B. Zellspannung) an ein Batteriesystem liefert, um die Sicherheit, Leistung und/oder Lebensdauer der Batterie zu beeinflussen.
  ANMERKUNG 1: Es kann ein Schutzgehäuse enthalten und mit Anschlussklemmen oder anderen Verbindungsanordnungen ausgestattet sein.

- **Batteriesystem**
  Batterie
  System, das eine oder mehrere Zellen, Module oder Batteriepacks enthält
  ANMERKUNG 1 zum Begriff: Es verfügt über ein Batteriemanagementsystem, das im Fall von Überladung, Überstrom, Überentladung und Überhitzung abschaltet.
  ANMERKUNG 2 zum Begriff: Abschalten bei Überentladung ist nicht verpflichtend, wenn es eine Vereinbarung zwischen Zellhersteller und Kunde gibt.
  ANMERKUNG 3 zum Begriff: Das Batteriesystem kann Kühl- oder Heizgeräte aufweisen.

- **Ausbreitungsprüfung (Batteriesystem) nach** *IEC 62619 Abschnitt* **7.3.3**
  a) Anforderung
  „Diese Prüfung bewertet die Fähigkeit eines Batteriesystems, dem Auftreten eines Ereignisses von thermischem Durchgehen einer einzelnen Zelle zu widerstehen, sodass das Auftreten eines solchen Ereignisses keinen Brand im Batteriesystem verursacht."
  c) Annahmekriterien
  „Kein äußerer Brand aus dem Batteriesystem oder kein Batteriegehäusebruch."

Ständig besetzte Stelle

Eine ständig besetzte Stelle im Sinne dieses Dokuments kann z. B. Prozessleittechnik/ Leitwarte, zertifizierter Sicherheitsdienst, Notruf und Serviceleitstelle, Leitstelle einer Werkfeuerwehr oder auch die öffentliche Feuerwehr sein. Im Gegensatz dazu ist eine baurechtlich geforderte BMA in der Regel auf die alarmauslösende Stelle (z. B. integrierte Leitstelle) gemäß den technischen Anschlussbedingungen (TAB) aufzuschalten, welche unmittelbar die öffentliche Feuerwehr alarmieren kann.

Anhang A – Anlagenspezifische Gefahren und Risiken

Im Allgemeinen sollten folgende Risiken betrachtet werden, um das Schadenspotenzial so gering wie möglich zu halten – unabhängig von der Aufstellvariante des Großspeichers.
Hierzu hat der Hersteller des Speichersystems eine Risikoanalyse und Risikobewertung zu erstellen. Üblicherweise werden dabei u. a. folgende Punkte berücksichtigt (kein Anspruch auf Vollständigkeit):

- Betrieb außerhalb der vom Hersteller festgelegten Betriebsparameter, u. a.
    - Temperatur des Systems und einzelner Komponenten
    - Luftfeuchtigkeit
    - Überströme und Überspannungen
    - Lade- und Entladetiefe und Zyklen
- Brand und Verpuffung durch interne und externe Ursachen
- Gefährdung von Einsatzkräften (siehe auch Kapitel 6.1)
- Mechanische Einwirkung durch interne und externe Ursache
- Elektrische Einwirkung durch Blitzschlag
- Elektromagnetische Felder, Absorption und Emission
- Gefährdung bei Bedien- und Wartungsvorgängen
    - Bedien- und Wartungspersonal
    - Beschädigungen
- Chemisch und biologisch (z. B. Gefahrstoffe)
    - Austritt von gefährlichen Gasen und Flüssigkeiten
- Standortbezogene Umwelteinflüsse, u. a.
    - Umgebungstemperaturen
    - Luftfeuchtigkeit
    - Luftverschmutzung
    - korrosive Medien [salzhaltige oder ammoniakhaltige Luft]
    - Windgeschwindigkeiten
    - Sonneneinstrahlung [Infrarot/UV]
    - Niederschlag
    - Überflutung
    - Erdbeben
    - Erdrutsch

Der Betreiber ist verpflichtet, auf Basis der vorgelegten Risikoanalyse und -bewertung eine Gefährdungsbeurteilung gemäß Betriebssicherheitsverordnung vorzunehmen und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten.

Anhang B – Gefährdungsfaktoren

Nicht abschließende Übersicht möglicher Gefährdungsfaktoren:

1. Mechanische Gefährdungen
1.1 ungeschützt bewegte Maschinenteile
1.2 Teile mit gefährlichen Oberflächen
1.3 bewegte Transportmittel, bewegte Arbeitsmittel
1.4 unkontrolliert bewegte Teile
1.5 Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken
1.6 Absturz
1.7 .....

2. Elektrische Gefährdungen
2.1 Elektrischer Schlag
2.2 Lichtbögen
2.3 Elektrostatische Aufladungen
2.4 .....

3. Gefahrstoffe
3.1 Hautkontakt mit Gefahrstoffen (Feststoffe, Flüssigkeiten, Feuchtarbeit)
3.2 Einatmen von Gefahrstoffen (Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube einschließlich Rauch)
3.2 Verschlucken von Gefahrstoffen
3.3 physikalisch-chemische Gefährdungen (z. B. Brand und Explosionsgefährdungen, unkontrollierte chemische Reaktionen)
3.4 .....

4. Biologische Arbeitsstoffe
4.1 Infektionsgefährdung durch pathogene Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Viren, Pilze)
4.2 sensibilisierende und toxische Wirkungen von Mikroorganismen
4.3 .....

5. Brand und Explosionsgefährdungen
5.1 brennbare Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase
5.2 explosionsfähige Atmosphäre
5.3 Explosivstoffe
5.4 .....

6. Thermische Gefährdungen
6.1 heiße Medien/Oberflächen
6.2 kalte Medien/Oberflächen
6.3 .....

7. Gefährdung durch spezielle physikalische Einwirkungen
7.1 Lärm
7.2 Ultraschall, Infraschall

8. Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen
8.1 Klima
(z. B. Hitze, Kälte, unzureichende Lüftung)
8.2 Beleuchtung, Licht
8.3 Ersticken (z. B. durch sauerstoff-reduzierte Atmosphäre), Ertrinken
8.4 unzureichende Flucht- und Verkehrswege, unzureichende Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
8.5 unzureichende Bewegungsfläche am Arbeitsplatz, ungünstige Anordnung des Arbeitsplatzes, unzureichende Pausen- oder Sanitärräume
8.6 .....

9. Arbeitsschwere
9.1 schwere dynamische Arbeit
(z. B. manuelle Handhabung von Lasten)
9.2 einseitige dynamische Arbeit, Körperbewegung
(z. B. häufig wiederholte Bewegungen)
9.3 Haltungsarbeit
(Zwangshaltung), Haltearbeit
9.4 Kombination aus statischer und dynamischer Arbeit

10. Psychische Faktoren
10.1 ungenügend gestaltete Arbeitsaufgabe
(z. B. überwiegende Routineaufgaben, Über- und Unterqualifikation)
10.2 ungenügend gestaltete Arbeits-organisation (z. B. Arbeiten unter hohem Zeitdruck, wechselnde und/oder lange Arbeitszeiten, häufige Nachtarbeit, kein durchdachter Arbeitsablauf)
10.3 ungenügend gestaltete soziale Bedingungen
(z. B. fehlende soziale Kontakte, ungünstiges Führungsverhalten, Konflikte)
10.4 ungenügend gestaltete Arbeitsplatz- und Arbeitsumgebungsbedingungen
(z. B. Lärm, Klima, räumliche Enge, unzureichende Wahrnehmung von Signalen und Prozessmerkmalen, unzureichende Softwaregestaltung)
10.5 .....

7.3 Ganzkörpervibrationen 7.4 Hand-Arm-Vibrationen 7.5 nicht ionisierende Strahlung (z. B. infrarote Strahlung (IR), ultraviolette Strahlung (UV), Laserstrahlung) 7.6 ionisierende Strahlung (z. B. Röntgen-strahlung, Gammastrahlung, Teilchenstrahlung (Alpha-, Beta- und Neutronenstrahlung)) 7.7 elektromagnetische Felder 7.8 Unter- oder Überdruck 7.9	**11. Sonstige Gefährdungen** 11.1 durch Menschen (z. B. Überfall, Amoklauf, unbefugter Zutritt) 11.2 durch Tiere (z. B. gebissen, gestochen werden) 11.3 durch Pflanzen und pflanzliche Produkte (z. B. sensibilisierende und toxische Wirkungen) 11.4 .....

Auszug rechtlicher Grundlagen und Informationen:

- Arbeitsschutzgesetz
- Betriebssicherheitsverordnung
- Arbeitsstättenrichtlinien
- DGUV V 1 Grundsätze der Prävention
  Vorschrift der zuständigen Berufsgenossenschaft auswählen
- DGUV Vorschrift 3
  Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- DGUV Regel 103-012
  Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln
- *Qualitätsgrundsätze für Gefährdungsbeurteilungen*
- .....

Anhang C – Kennzeichnung

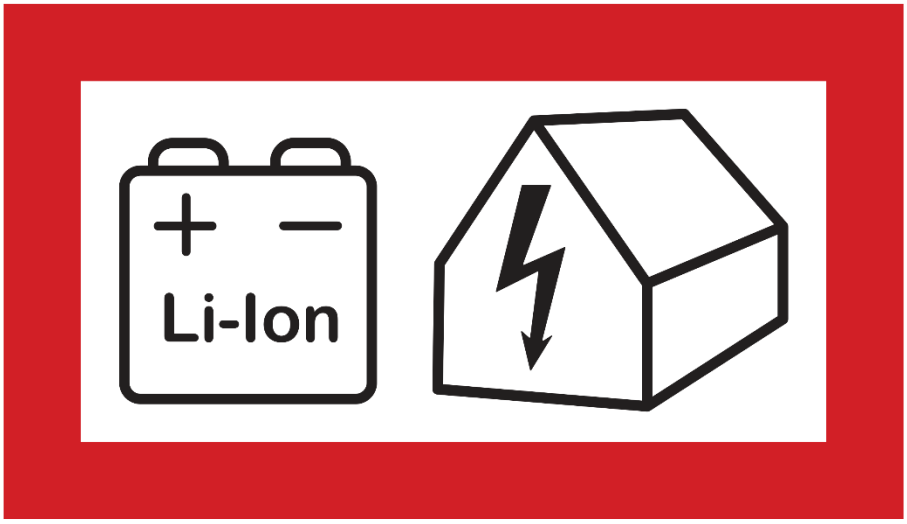


Abbildung 20: Bei der DKE eingereichter Vorschlag zur Kennzeichnung von Lithium-Ionen Batterien

Abbildungsverzeichnis

Abb.	Bezeichnung	Quelle
	Abbildungen auf der Titelseite	Smart Power GmbH
1	Übersicht der für Planung und Betrieb eines Großspeichers zu beachtenden Vorschriften, Regeln und weitere Vorgaben	Eigene Darstellung
2	Zelle (hier als prismatische Zelle dargestellt)	Eigene Darstellung
3	Batteriepack oder Modul	Smart Power GmbH
4	Batteriesystem bzw. Batterie	Smart Power GmbH
5	Großspeichersystem	Betonbau GmbH & Co KG
6	Freiflächenaufstellung eines Lithium-Ionen Großspeichers in Container-Bauweise	Smart Power GmbH
7	Lithium-Ionen Großspeicher in einem Wohngebiet	Luftbild von Seegefeld in Falkensee by Thomas Düsterhöft CC BY-SA 3.0 und eigene Anpassungen
8	Lithium-Ionen Großspeicher innerhalb eines Gebäudes	Smart Power GmbH
9 - 12	Schema zur Bewertung der Risikohöhe	Eigene Darstellung
13-16	Darstellung Szenario 1 – Darstellung Szenario 4	Betonbau GmbH & Co KG
17	Grafische Darstellung der Szenarien 1 bis 3 entsprechend Kap. 5.1	Betonbau GmbH & Co KG
18	Zuständigkeiten	DGUV
19	7 Schritte zur Gefährdungsbeurteilung	DGUV
20	Bei der DKE eingereichter Vorschlag zur Kennzeichnung von Lithium-Ionen Batterien	Smart Power GmbH

Danksagung

Bei der Erarbeitung des Dokuments waren unter anderem nachstehende Unternehmen und Institutionen beteiligt:

- Betonbau GmbH & Co KG
- Branddirektion München, Abteilung Einsatzvorbeugung
- Commeo GmbH
- DMT GmbH & Co. KG
- DNV Energy Systems Germany GmbH
- Gothaer Allgemeine Versicherung AG
- IBS - Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Gesellschaft m.b.H.
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Siemens AG
- Smart Power GmbH
- Solarwatt GmbH

IMPRESSUM

Herausgeber
Bundesverband Energiespeicher Systeme e. V.
Oranienburger Straße 15, 10178 Berlin
Tel. +49 30 54610630
info@bves.de, www.bves.de

Auflage: 1. Auflage

Stand: Oktober 2021

www.bves.de