



SICHERHEITSLITFADEN LITHIUM-IONEN- GROßSPEICHERSYSTEME

HINWEISE UND INFORMATIONEN FÜR PLANER, BAUHERREN,
EINSATZKRÄFTE, VERSICHERUNGEN UND GENEHMIGENDE STELLEN ZU:

ABWEHRENDER BRANDSCHUTZ | BAULICHER UND ANLAGENTECHNISCHER
BRANDSCHUTZ | RISIKOBEWERTUNG UND SCHUTZMAßNAHMEN | AKTUELLE
NORMUNGSHINTERGRÜNDE | IT-SICHERHEIT UND BATTERIE-ANALYTIK-
SOFTWARE | ORGANISATORISCHE BETRIEBSEMPFEHLUNGEN

3. AUFLAGE, 20.11.2025

Sicherheit, Genehmigungsfähigkeit und Versicherbarkeit von Lithium-Ionen-Großspeichersystemen erfordern eine abgestimmte Betrachtung aus baurechtlicher, brandschutztechnischer und versicherungstechnischer Sicht.

Die in diesem Leitfaden enthaltenen Empfehlungen basieren auf dem aktuellen Stand der Technik sowie auf etablierten Regelwerken und Erfahrungen aus Planung, Genehmigung und Betrieb.

Die baurechtlichen Anforderungen und die Empfehlungen der Feuerwehr bilden die Grundlage für die behördliche Bewertung und Genehmigung.

Ergänzend dazu sind die Anforderungen der Sachversicherer zu berücksichtigen, insbesondere bei großformatigen Anlagen mit hoher Summenlast, um eine Versicherbarkeit sicherzustellen.

Betreiber, Planer und Investoren werden daher ausdrücklich dazu aufgefordert, bereits in der frühen Planungsphase eine Abstimmung mit den zuständigen Sachversicherern vorzunehmen, um eine konsensfähige und sichere Umsetzung zu gewährleisten.

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Diese Informationsschrift wurde in den Jahren 2019, 2021 sowie 2024–2025 von einer „Expertenkommission zum vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz größerer Lithium-Ionen-Speichersysteme“ unter der Leitung des BVES mit größter Sorgfalt erstellt und spiegelt den Stand der Technik wider.

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 im Zusammenhang mit der Vervielfältigung oder bei der Reproduktion. Die Quelle ist in jedem Fall anzugeben.

INHALT

Vorwort	5
1. Einleitung	6
2. Allgemeine Hinweise	8
2.1 Aufbau eines Großspeichersystems	8
2.2 Anwendungsbeispiele von Speichersystemen	9
2.3 Explosionsschutz Grundlagen	11
2.3.1 Begriffe	12
2.3.2 Gefahr der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (g.e.A.)	13
2.3.3 Möglichkeiten der Verhinderung oder Einschränkung der Bildung einer g.e.A. (vorbeugende Explosionsschutz)	14
2.3.4 Möglichkeiten der Vermeidung der Entzündung der g.e.A. (vorbeugende Explosionsschutz)	14
2.3.5 Möglichkeiten der Beschränkung der Auswirkungen von Explosionen auf ein unbedenkliches Maß (konstruktiver Explosionsschutz)	15
2.3.6 Druckentlastung	15
2.4 Rechtliche Grundlagen für IT-Sicherheit	16
2.5 Rolle der IT-Sicherheit bei Planung und Betrieb von Batteriespeichern	18
3. Grundlagen	20
3.1 Hinweis zum Bauordnungsrecht	20
3.2 Sicherheit von Lithium-Ionen-Speichersystemen – Standards, Nachweise und allgemeine Hinweise	20
3.2.1 Europäische Batterieverordnung (EU) 2023/1542 (kurz: BattVO)	21
3.2.2 Elektrische Sicherheit (Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU)	23
3.2.3 EMV-Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie 2014/30/EU)	23
3.2.4 Funktionale Sicherheit	24
3.2.5 Transportsicherheit	24
3.2.6 Batteriesicherheit (Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG bzw. deutsches ProdSG)	25
3.2.7 Normen ohne oder mit stark eingeschränkter Eignung für stationärer Batteriesysteme	26
3.2.8 2nd Life / Repurposing (Umnutzung von Batterien)	27
3.2.9 Nutzung amerikanischer Standards in Europa	29
3.3 Löschwasserrückhaltung	31
3.4 Risikobewertung und Schutzmaßnahmen	31
3.4.1 Personenschutz	32
3.4.2 Verfügbarkeit	33
3.4.3 Sachwertschutz	33
3.4.4 Umweltschutz	34
3.4.5 Übersicht möglicher Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Risikohöhe	35
4. Baulicher Brandschutz – Maßnahmen des vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutzes	38
4.1 Gefährdungsbeurteilung	38

4.2 Anforderungen bezüglich des Brand- und Explosionsschutzes	39
5. Anlagentechnischer Brandschutz – Brandmelde- und Löschtechnik	47
5.1 Methoden zur Auswahl der Branddetektion und der Brandbekämpfungsanlage	47
5.2 Szenarien und Schutzziele	47
5.3 Branderkennung – Ansteuerung von Brandbekämpfungsanlagen – Alarmierung	49
5.4 Handfeuerlöscher	52
5.5 Brandbekämpfungsanlagen	52
5.5.1 Automatische Brandbekämpfungsanlagen	53
5.5.1.1 Löschmittel für automatische Brandbekämpfungsanlagen	53
5.5.2 Halbstationäre Brandbekämpfungsanlagen	55
5.5.3 Brandversuche	56
6. Abwehrender Brandschutz	58
6.1 Empfehlung für die Einsatztaktik	58
7. Organisatorische Maßnahmen	61
7.1 Sicheres Betreiben eines Lithium-Ionen-Großspeicherssystems	61
8. Abkürzungen und Begriffserläuterungen	65
Anhang A – Anlagenspezifische Gefahren und Risiken	68
Anhang B – Gefährdungsfaktoren	69
Anhang C – Kennzeichnung	71
Anhang D – Batteriediagnose-Software und Batterie-Analytik bei Lithium-Ionen-Großspeichersystemen	72
Anhang E – Tabelle: Übersicht Löschmittel Eigenschaften	74
Abbildungsverzeichnis	77
Danksagung	78

VORWORT

Die dynamische Entwicklung im Bereich der Lithium-Ionen-Großspeichersysteme erfordert eine Anpassung der Sicherheitsstandards und Handlungsempfehlungen. Als dieser Leitfaden 2019 erstmals erarbeitet und 2021 aktualisiert wurde, waren große Batteriespeichersysteme mit Kapazitäten über 100 MWh noch kaum vorstellbar. Heute stehen dagegen Systeme mit über 1 GWh in den Startlöchern.

Eine Notwendigkeit der Aktualisierung und Überarbeitung des Leitfadens ergibt sich aus verschiedenen Faktoren:

- Neue rechtliche Rahmenbedingungen, wie die Europäische Batterieverordnung mit verbindlichen Sicherheitsanforderungen, insbesondere zum Brand- und Explosionsschutz.
- Aus der Batterieverordnung heraus werden neue und überarbeitete internationale Standards und Normen entwickelt.
- Die Anforderungen an die IT-Sicherheit und Digitalisierung sind gewachsen und die rechtlichen Grundlagen haben sich verändert.
- Aus der wachsenden Betriebspraxis sowie vielen Planungs- und Genehmigungsverfahren folgen Erfahrungswerte, die zu berücksichtigen sind.
- Die deutlich steigende Anzahl an Großbatteriespeichern erfordert geordnete und standardisierte Herangehensweisen.
- Koordination und Abstimmung mit Vorschriften aus den europäischen Nachbarländern.

Diese dritte Auflage, erarbeitet von zahlreichen Expertenarbeitskreisen aus allen relevanten Bereichen, stellt sicher, dass Planer, Einsatzkräfte, Versicherungen und genehmigende Stellen auf dem neuesten Stand bezüglich des vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes sind. Unser Ziel ist es, den sicheren Betrieb zu unterstützen durch anwendbare und handlungsleitende Empfehlungen nach dem Stand der Technik. Dabei sind nun insbesondere die Großbatteriespeicher auf der „grünen Wiese“ gezielt berücksichtigt.

Unser herzlicher Dank gilt allen Expertinnen und Experten, Institutionen und Unternehmen für ihren engagierten Einsatz und ihre konstruktive Lösungskompetenz, die diese umfassende Überarbeitung überhaupt erst ermöglicht haben. Diese Auflage ist dadurch weit mehr geworden als die ursprünglich geplante redaktionelle Überarbeitung. Gleichzeitig stellt dieser Leitfaden einen wichtigen Schritt dar, um der schnellen Entwicklung im Bereich der Batteriegroßspeicher und deren Sicherheit Rechnung zu tragen.

Nach dem Leitfaden ist vor dem Leitfaden... Dies gilt auch im vorliegenden Fall. Die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen für Batteriespeicher sind weiter in Bewegung. Zudem entwickeln sich die Technik stetig weiter sowie die Erfahrungswerte im Umgang mit ihr.

Diese Entwicklungen werden wir laufend überprüfen, bewerten und dann die nächste Überarbeitung des Leitfadens anstoßen. Hier sind alle interessierten Kreise zur Mitarbeit eingeladen. Bei Fragen und Anregungen wenden Sie sich gern an uns:

Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V.

Oranienburger Str. 15, 10178 Berlin

+49 30 54610 630, info@bves.de

1. EINLEITUNG

Der Begriff Lithium-Ionen-Großspeichersysteme bezeichnet stationäre Systeme mit Kapazitäten ab ca. 100 kWh, unabhängig davon, ob sie einzeln projiziert oder in Kleinstserien hergestellt werden.

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 nebst weiteren sicherheitsrelevanten Bereichen aufzuzeigen und damit die Einhaltung aller notwendigen 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 bzw. die Logistikprozesse von Lithium-Ionen-Zellen und Batterien sind 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 und führen Anforderungen an sichere Lithium-Ionen-Großspeichersysteme auf. Diese Publikation enthält Hinweise zur Vermeidung von Bränden und deren Auswirkungen und beschreibt mögliche bauliche, anlagentechnische und organisatorische Schutzmaßnahmen und Präventionsmöglichkeiten. Es wird empfohlen, die Brandschutzkonzepte frühzeitig mit den lokalen Einsatzbehörden abzustimmen und zu üben.

Entsprechende Maßnahmen sind im Rahmen individueller Risikoanalysen festzulegen. Das vorliegende Dokument führt beispielhaft unterschiedliche Möglichkeiten an. 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.

Die Versicherbarkeit von Großspeichersystemen ist ein zentraler Aspekt der Risikoversorge. Eine frühzeitige Einbindung der Sachversicherer trägt wesentlich zur Planungssicherheit und zur Akzeptanz der gewählten Schutzkonzepte bei.

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. Auch beim Einsatz gebrauchter Batterien muss eine Risikobeurteilung im Vorfeld deren sichere Verwendung bestätigen.

In der nachstehenden Übersicht sind die drei Säulen „Errichtung, Sachversicherung und Betrieb“ mit den dazugehörigen Themenbereichen dargestellt. Bei ‚Errichtung‘ und ‚Betrieb‘ sind staatliche, autonome und privatrechtliche Aspekte zu berücksichtigen, die nachstehend aufgeführt werden.



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

2. ALLGEMEINE HINWEISE

2.1 AUFBAU EINES GROßSPEICHERSYSTEMS

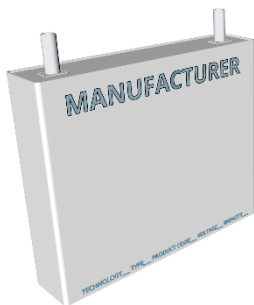


Abbildung 2: Zelle (hier als prismatische Zelle dargestellt); in den allermeisten Fällen werden Zellen nicht einzeln, sondern in Form von Batteriepacks oder Modulen geliefert und ins Batteriesystem eingebracht



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



Abbildung 4: Batterieracks bzw. Batterie; Zusammenstellung von Batteriepacks oder Modulen, die eine funktionsfähige Einheit darstellen

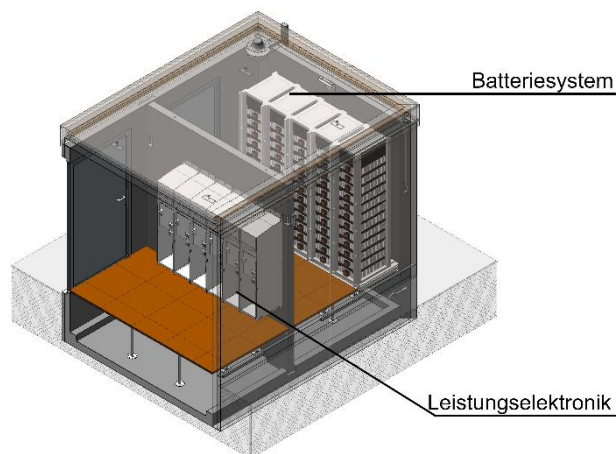


Abbildung 5: Großspeichersystem; enthält alle zum Betrieb notwendigen Komponenten (z. B. Batteriesystem, Leistungselektronik, Energiemanagement, Lösch-einrichtung, Klimatisierung, Container etc.). Der Netzanschluss oder eine sogenannte Kundenanlage (nach EnWG § 3) ist nicht Bestandteil des Großspeichersystems

Lithium-Ionen-Großspeicher verfolgen das Ziel elektrische Energie vorübergehend zu speichern, um sie zu Zeiten abzugeben, in denen sie nicht oder in nicht ausreichender Menge verfügbar ist. Ein Großspeicher besteht aus folgenden Komponenten:

- Batteriezellen
- Batteriemodulen (auch Batterie-Packs genannt) (aufgebaut aus einzelnen Batteriezellen)
- Batteriesystemen (auch Batterie-Racks genannt) (aufgebaut aus einzelnen Batteriemodulen)

- Batterie-Management-System
- Wechselrichtern (Leistungselektronik)
- Gehäuse (zumeist in Form eines Containers bei einer Außenaufstellung, immer häufiger auch speziell angepasste Container; bei einer Innenaufstellung im Gebäude ist in diesem Falle der Aufstellungsraum zu betrachten)
- Weitere Vorrichtungen zum ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb des Großspeichers (z. B. Kühlung/Lüftung, Branderkennungssysteme, Druckentlastungsflächen)
- Übergeordnet gibt es noch ein Energie-Management-System

Wenn in diesem Leitfaden von einem Großspeichersystem gesprochen wird, ist damit das gesamte System gemeint einschließlich des Gehäuses (Container oder Raum). Die Komponenten können, je nach System-Design, auch räumlich getrennt angeordnet werden. Zum Beispiel können ausschließlich die Batteriesysteme ohne Wechselrichter in einem Container oder Raum untergebracht werden.

2.2 ANWENDUNGSBEISPIELE VON SPEICHERSYSTEMEN

Lithium-Ionen-Großspeichersysteme finden in verschiedenen Umgebungen und mit unterschiedlichen Aufgabenfeldern Anwendung. Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die gängigsten Einsatzgebiete und die damit verbundenen technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen. Die Vielzahl der weiteren Anwendungsmaßnahmen am Markt lassen sich aus diesen Grundfunktionen umsetzen.

In vielen Fällen werden Batteriespeicher zur Maximierung ihres Nutzens simultan in mehreren Anwendungsfeldern betrieben.

Eigenverbrauchsoptimierung:

Die Eigenverbrauchsoptimierung für stationäre Batteriespeicher bezieht sich auf die gezielte Nutzung von lokal erzeugtem Strom, zum Beispiel aus einer Photovoltaikanlage, um den Eigenverbrauch zu maximieren und den Bezug von teurem Strom aus dem öffentlichen Netz zu minimieren. Der Batteriespeicher spielt hierbei eine Schlüsselrolle, indem er überschüssigen Strom speichert, der nicht direkt verbraucht wird, und diesen zu einem späteren Zeitpunkt, beispielsweise nachts oder bei hohem Strombedarf, wieder bereitstellt.

Lastspitzenkappung:

Die Lastspitzenkappung (auch Peak Shaving) für stationäre Batteriespeicher ist eine Strategie, um hohe Stromnachfrage-Spitzen in einem Unternehmen zu reduzieren. Diese Spitzen treten oft zu bestimmten Zeiten auf, wenn viele elektrische Verbraucher gleichzeitig genutzt werden. Sie führen zu höheren Energiekosten, da Stromversorger oft auf Grundlage der höchsten Last (dem sogenannten Lastspitzenwert) abrechnen oder zusätzliche Gebühren für hohe Lastspitzen verlangen. Stationäre Batteriespeicher helfen dabei, diese Lastspitzen zu "kappen", indem sie in Zeiten hohen Strombedarfs zusätzliche Energie bereitstellen und so die Netzbelastung und die damit verbundenen Kosten reduzieren.

Ersatzstrom:

Ersatzstrom für stationäre Batteriespeicher bezieht sich auf die Funktion eines Batteriespeichersystems, während eines Stromausfalls das Unternehmen weiterhin mit Energie zu versorgen. Der Batteriespeicher übernimmt in diesem Fall die Rolle einer Notstromversorgung, indem er gespeicherte Energie bereitstellt, wenn keine Versorgung durch das öffentliche Stromnetz möglich ist. Zu differenzieren ist in diesem Fall

die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Diese garantiert eine zertifizierte Umschaltung in Millisekunden, sodass ein durchgehender Betrieb von empfindlichen elektrischen Geräten möglich ist. Für mobile Ersatzstromaggregate werden keine gesonderten Angaben bearbeitet, da die Aufstellung und der Betrieb i. d. R. zeitlich beschränkt ist und allgemein gültige Aussagen und Empfehlungen aufgrund der variierenden Aufstellungsorte nicht möglich sind.

Energiehandel:

Energiehandel mit stationären Batteriespeichern bezeichnet die Möglichkeit, Energie zu kaufen, zu verkaufen oder zu tauschen, um von Strompreisschwankungen zu profitieren oder die Netzstabilität zu erhöhen. Dies ist vor allem im Kontext von erneuerbaren Energien und dezentraler Energieerzeugung relevant. Die Speicherkapazität und -leistung kann an verschiedenen Energiemärkten gehandelt werden.

Netzdienstleistung:

Netzdienstleistungen stationärer Batteriespeicher umfassen verschiedene Maßnahmen zur Stabilisierung und Optimierung des Stromnetzes. Da das Stromnetz eine kontinuierliche Balance zwischen Stromerzeugung und -verbrauch benötigt, können Batteriespeicher eine entscheidende Rolle spielen, um Schwankungen auszugleichen und das Netz stabil zu halten. Dieser Anwendungsfall wird vor allem im Rahmen der Energiewende interessant. Der Wandel von zentraler fossiler zu dezentraler erneuerbarer Erzeugung bringt neue Herausforderungen für das Stromnetz mit sich. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wie Wind und Sonne ist wetterabhängig und unterliegt natürlichen Schwankungen, was zu Instabilitäten im Netz führen kann. Stationäre Batteriespeicher helfen dabei, diese Schwankungen zu glätten und das Netz stabil zu halten, indem sie als flexible Energiequelle fungieren. Zu diesem Anwendungsfall zählen auch Regelleistung und Schwarzstartfähigkeit.

Inselfähigkeit:

Inselfähigkeit bezeichnet die Fähigkeit eines Energiesystems, unabhängig von einem größeren Stromnetz zu arbeiten, um eine autonome Stromversorgung in einem bestimmten geografischen Bereich aufrechtzuerhalten. Für stationäre Batteriespeicher bedeutet dies, dass sie nicht nur zur Stabilisierung und Optimierung des Stromnetzes im Verbund mit anderen Erzeugungsanlagen und Verbrauchern beitragen, sondern auch in der Lage sind, eigenständig zu operieren, wenn das Hauptnetz ausfällt oder abgeschaltet wird. Diese Fähigkeit ist besonders relevant in Zeiten der Netzstörung, bei der Inselbildung oder in isolierten Gebieten, wo der Zugang zum zentralen Stromnetz eingeschränkt ist.

Multi-Use:

Multi-Use beschreibt den Anwendungsfall, bei dem ein Batteriespeicher mehrere der aufgezählten Anwendungsfälle ausführt. In einem klassischen Anwendungsfall könnte die Kapazität des Speichers zum Teil für eine Lastspitzenkappung und der Rest für eine Eigenverbrauchsoptimierung verwendet werden. Dabei wird diese statisch festgelegt und die zur Verfügung stehende Kapazität für den jeweiligen Anwendungsfall effektiv kleiner. Statt dieser statischen Parametrierung gibt es dynamische Ansätze, die verschiedene Funktionen abhängig von dem Zustand des Speichers, Wetter- und Verbrauchsvorhersagen oder dem aktuellen Strompreis mit dem Speicher umsetzen.

Aufstellort:

Der Aufstellort des Großspeichersystems sollte so gewählt werden, dass die Gefahren im Havariefall sinnvoll eingegrenzt werden können. Dadurch entstehen unterschiedliche Anforderungen je nach Aufstellort. Für diesen Leitfaden sollen dabei folgende drei unterschiedliche Bereiche an Aufstellorten berücksichtigt werden. Die Größe der Großspeichersysteme hat dabei einen maßgeblichen Einfluss auf die Wahl des Aufstellortes und damit verbundenen Schutzziele.

Im Gebäude: Batteriespeicher, die in Gebäuden errichtet werden



Abbildung 6: Lithium-Ionen-Großspeicher innerhalb eines Gebäudes

In Gebäudenähe: Batteriespeicher in unmittelbarer Nähe zu Gebäuden



Abbildung 7: Lithium-Ionen-Großspeicher in unmittelbarer Nähe zu einem produzierenden Gewerbe

Im Außenbereich: Batteriespeicher ohne unmittelbare Nähe zu Gebäuden



Abbildung 8: Freilächenaufstellung (GreenField) eines Lithium-Ionen-Großspeichers in Container-Bauweise

2.3 EXPLOSIONSSCHUTZ GRUNDLAGEN

Während des bestimmungsgemäßen Betriebs eines Batteriespeichers innerhalb der Auslegungsparameter ist nicht mit der Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen; d. h. eine Einstufung des Gebäudes/Containers in eine Explosionsschutzzone ist im Normalbetrieb nicht erforderlich, es sei denn, dass sich aus der Risikoanalyse des Herstellers etwas anderes ergibt. Jedoch können im Falle eines Ventings/Offgasings oder Thermal Runaway's (TR/TRs) brennbare Gase freigesetzt werden. Je nach Batterietyp und der verwendeten Chemie der Batterie ist die Menge und die Zusammensetzung der bei einem Venting/TR freigesetzten Gase sehr unterschiedlich. Explosionsereignisse in der Vergangenheit haben gezeigt, dass im Falle eines Brandes/TRs explosionsartige Rauchgasdurchzündungen entstehen können.

2.3.1 BEGRIFFE

Ventinggase

Eine physische Beschädigung oder ein interner Kurzschluss innerhalb einer Lithium-Ionen-Zelle kann zu einem unkontrollierten selbsttätigen und extremen Aufheizen der Zelle führen. Bei Erreichen einer bestimmten Temperatur fängt die Zelle aufgrund der Überhitzung und des daraus resultierenden Überdrucks an auszugasen. Wenn die Temperatur der Zelle anschließend schneller ansteigt, als sie Wärme abführen kann, weil sie sich selbst erhitzt, führt dies zu einem unkontrollierten thermischen Durchgehen der Zelle, dem sogenannten Thermal Runaway. Die Charakteristik und der Zeitpunkt des Ausgasens und des TR sind je nach Zellchemie unterschiedlich (LFP-Zellen sind häufig, aber nicht grundsätzlich reaktionsträger als NMC-Zellen, da sie eine geringere Energiedichte aufweisen). Die austretenden Gase während des Ventings und während des Thermal Runaways haben das Potential entflammbar zu sein oder eine explosionsfähige Atmosphäre zu schaffen. In einer Lithium-Ionen-Batterie-Zelle können sich bei einem Zell-internen Fehler Gase ansammeln, in der Regel verdampft der Batterieelektrolyt. Der Gasdruck führt dazu, dass sich das Sicherheitsventil der Zelle öffnet oder das Zellengehäuse versagt. Diese austretenden Gase heißen Venting-Gase. Das Austreten von Venting-Gas führt nicht zwangsläufig zu einem TR. In der Regel geht einem TR jedoch das Austreten von Venting-Gas zeitlich voraus, die Ereignisse können auch zusammenfallen. Die Zusammensetzung der Gase kann wegen der Unterschiedlichkeit der Batterien nur sehr schwer vorhergesagt werden; sie können leichter aber auch schwerer als Luft sein.

Ventig-Gase/Rauchgase

Die während eines TR freigesetzten Ventig-Gase / Rauchgase können entflammbar sein. Während der Tests nach UL 9540A oder vergleichbaren Propagationstests werden bei Zell- und Modulversuchen mit induziertem Thermal Runaway (z. B. EN IEC 62619) Gasproben entnommen, um die Zusammensetzung und Entzündlichkeit der Gase festzustellen. Die Überprüfung der Gaszusammensetzung auf BESS-Ebene, während des Propagationstests oder des Large Scale Fire Test (z. B. nach NFPA 855) ist optional, jedoch ist die Gasmenge und Zusammensetzung relevant zur Vermeidung einer explosionsfähigen Atmosphäre. Die genaue Zusammensetzung und Menge der freiwerdenden Stäube und ihr Einfluss auf die Explosionskenngrößen sind Gegenstand laufender Forschungsarbeiten. Erste Ergebnisse deuten allerdings darauf hin, dass die Betrachtung der freiwerdenden brennbaren Gase für die Auslegung der Explosionsschutz-Maßnahmen ausreichend ist, daher können die Stäube unberücksichtigt bleiben.

Thermal Runaway/Thermisches Durchgehen

Thermal Runaway (TR) bei Lithium-Ionen-Batteriezellen beschreibt einen selbstverstärkenden chemischen Prozess in einer Zelle, bei dem exotherme Reaktionen durch steigende Temperatur ausgelöst und weiter beschleunigt werden. Die entstehende Wärme kann nicht hinreichend abgeführt werden, was zu einem unkontrollierten Temperaturanstieg führt. Die Reaktionen verlaufen ab einem gewissen Schwellenwert irreversibel und lassen sich nicht mehr kontrolliert stoppen. Die Auslöser eines TR können von thermischer, elektrischer und mechanischer Natur sein. Im Sinne dieses Leitfadens wird das Risiko eines zufällig gleichzeitigen TR von zwei oder mehreren Zellen auf Grund der elektrischen und funktionalen Sicherheit der Batteriezelle ausgeschlossen. Während das TR eine einzelne Zelle betrifft, bezeichnet die (thermische) Propagation die Übertragung der dabei entstehenden Wärme auf benachbarte Zellen, z. B. in einem Batteriemodul.

Propagation i.S. des Explosionsschutzes

Die Propagation innerhalb eines Batteriemoduls beschreibt das Phänomen, bei dem ein thermisches Ereignis, meist ein TR oder z. B. eine Überhitzung oder ein Kurzschluss in einer einzelnen Lithium-Ionen-

Zelle, sich auf benachbarte Zellen ausbreitet und eine Kettenreaktion auslöst. Die entstehende Wärme und die entweichenden Gase von der betroffenen Zelle greifen auf die angrenzenden Zellen über und führen dort ebenfalls zu einer weiteren Freisetzung von Wärme, Gasen oder Feuer. Diese Kettenreaktion kann zu einem Brand des Moduls oder einer Zündung der freigewordenen Venting-/Rauchgase im Aufstellraum und damit zur Ausbreitung auf die Nachbarmodule und das gesamte Batteriesystem führen. Die Propagation von Zelle zu Zelle innerhalb eines Batteriemoduls oder Batterie-Packs kann u. a. durch konstruktive Maßnahmen verhindert werden.

explosionsfähiges Gemisch (e.G.)

Gem. GefStoffV:

Ein explosionsfähiges Gemisch ist ein Gemisch aus brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder aufgewirbelten Stäuben und Luft oder einem anderen Oxidationsmittel, das nach Wirksamwerden einer Zündquelle in einer sich selbsttätig fortpflanzenden Flammenausbreitung reagiert, sodass im Allgemeinen ein sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg hervorgerufen wird.

gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g.e.A.)

Gem. GefStoffV:

Eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch mit Luft als Oxidationsmittel unter atmosphärischen Bedingungen (Umgebungstemperatur von – 20 °C bis + 60 °C und Druck von 0,8 bar bis 1,1 bar).

Kenngrößen des Explosionsschutzes

Untere und obere Explosionsgrenze (UEG und OEG oder nach NFPA 855: LFL und UFL), max. Explosionsdruck (p_{max}), zeitlicher Druckanstieg (KSt/KG-Wert neu Su, Sauerstoffgrenzkonzentration).

Haltezeit

Zeitspanne, innerhalb der die Löschgas-Konzentration im Bereich zwischen 10 % und 90 % der Raumhöhe einen bestimmten Wert nicht unterschreitet: die Haltezeit beginnt mit dem Ende der Flutungszeit.

2.3.2 GEFAHR DER BILDUNG EINER GEFÄHRLICHEN EXPLOSIONSFÄHIGEN ATMOSPHERE (G.E.A.)

Lt. TRGS 721 Gefährliche explosionsfähige Gemische -Beurteilung der Explosionsgefährdung- müssen bereits mehr als 10 Liter oder einem Zehntausendstel des Raumvolumens zusammenhängende explosionsfähige Atmosphäre in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße grundsätzlich als gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g.e.A.) angesehen werden. In der NFPA 855 wird von einer g.e.A. gesprochen, wenn 25 % der LFL (Lower Flammable Limit oder untere Explosionsgrenze) überschritten werden.

Diese Herangehensweise hat sich in der Praxis für Großspeicher nicht bewährt und auch die internationale Normung zur Batteriesicherheit und darauf basierende Tests weichen hiervon ab. Abweichend wird in diesem Leitfaden die Entstehung einer explosionsgefährdeten Atmosphäre auf das gesamte Raumvolumen innerhalb des Batteriespeicherraums betrachtet, da durch das schnelle Ausblasen aus der Zelle in Verbindung mit dem Lüftungssystem eine Durchmischung der Ventinggase mit dem Raumvolumen erreicht wird.

Die zu betrachtende Gasmenge basiert auf dem Einzelfehler einer Zelle mit einem TR und der entsprechenden freigesetzten Gasmenge und der möglichen Propagation, die zu einem Vielfachen der Gasmenge führen kann. Die Gefahr der Bildung einer g.e.A. durch Venting- bzw. Rauchgase ist im Falle eines TRs somit schnell gegeben, insbesondere wenn eine Propagation von Zelle zu Zelle stattfindet. Somit empfiehlt es sich auf Propagationstests der Hersteller zu achten, damit diese Situation nicht eintritt. Siehe hierzu auch Kap. 3.

Die Literatur beschreibt, dass bei einem Venting oder TR neben Kohlenmonoxid (CO), Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasserstoff (H₂) auch weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC) und brennbare Stäube freiwerden. Brennbare Stäube werden nur in untergeordneter Größe freigesetzt und somit in den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt. Jeder dieser Stoffe hat charakteristische explosionstechnische Kenngrößen wie max. Explosionsdruck (p_{max}), zeitlicher Druckanstieg (KG-Wert, Su), untere und obere Explosionsgrenze (UEG/OEG), Sauerstoffgrenzkonzentration (SG) und ggf. Zündtemperatur.

Für die weiteren Betrachtungen müssen aufgrund der unterschiedlichen Batteriezusammensetzungen und damit im Falle eines Ventings bzw. TRs freigesetzten Gase die Kenngrößen labortechnisch bestimmt werden. Grundlage hierzu kann z. B. ein UL 9540A-Report sein (zukünftig voraussichtlich auch nach EN IEC 63056 Ausgabe ab/nach 2025). Häufig liegen diese Werte bei den Batterieherstellern vor. Hinweis auf Werte können auch hier gefunden werden <https://bess-sdk.com/tools/battery-tests/>.

Ob zusätzliche technische Lüftungsmaßnahmen zur Vermeidung g.e.A. durch Ventinggase/Rauchgase getroffen werden müssen, muss über die Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden.

2.3.3 MÖGLICHKEITEN DER VERHINDERUNG ODER EINSCHRÄNKUNG DER BILDUNG EINER G.E.A. (VORBEUGENDE EXPLOSIONSSCHUTZ)

Eine mögliche Maßnahme zur Verhinderung oder Einschränkung der Bildung einer g.e.A. ist nach NFPA 69 oder EN IEC 62933-5-1 (siehe Kapitel 3.2.6) die Ventilation des Raumes. Es kommen Lüftungsmaßnahmen in Betracht, die permanent oder erst dann in Betrieb gesetzt werden, wenn explosionsfähige Gemische entstehen. Letzteres setzt ein Überwachungssystem voraus, das die Explosionsfähigkeit der Raumluft erkennt.

Aufgrund der stoßweise wiederkehrenden Rauchgasfreisetzung bei einem TR ist eine zuverlässige Lüftung zur Verhinderung der Bildung einer g.e.A. von den Aufstellbedingungen des Speichers abhängig.

2.3.4 MÖGLICHKEITEN DER VERMEIDUNG DER ENTZÜNDUNG DER G.E.A. (VORBEUGENDE EXPLOSIONSSCHUTZ)

Eine der gebräuchlichsten Maßnahmen zur Verhinderung der Entzündung der g.e.A. ist die Vermeidung von Zündquellen. Abhängig von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer g.e.A. werden die Betriebsmittel ausgewählt.

Stellt sich ein TR in einer Zelle oder einem Modul der Batterie ein, so entweichen zunächst Ventinggase und später Rauchgase (Abgleich mit Kapitel 2.3.1). Neben der weiteren Ausgasung können Funken und Flammen austreten. Die Vermeidung einer Entzündung der g.e.A. ist somit nicht möglich, da mit einer

Zündquelle im Falle eines TRs immer zu rechnen ist. Übliche Maßnahmen wie Auslegung der Betriebsmittel für eine vorgegebene Explosionszone sind nicht erforderlich.

2.3.5 MÖGLICHKEITEN DER BESCHRÄNKUNG DER AUSWIRKUNGEN VON EXPLOSIONEN AUF EIN UNBEDENKLICHES MAß (KONSTRUKTIVER EXPLOSIONSSCHUTZ)

Da eine Rauchgaszündung im Falle eines TRs nicht ausgeschlossen werden kann, sind meist konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich. Folgende Möglichkeiten kommen in Betracht:

Explosionsdruckentlastung

Zu beachten ist hierbei, dass Brandbekämpfungsanlagen und bauliche Brandschutzmaßnahmen wirksam bleiben. Die Druckentlastungseinrichtung wird entsprechend der zu erwartenden Explosionskenngößen gem. Kap. 2.3 und der Gebäude-/Containerfestigkeit berechnet.

Ableiten der Rauchgase

Durch Ableiten der bei einem thermischen Durchgehen entstehenden entflammbaren Venting-/Rauchgase aus dem Batteriespeicher kann die Bildung eines e. G. verhindert oder zumindest verringert werden. Hierbei wird eine passende Gasdetektion zu Grunde gelegt. Siehe hierzu auch Kap. 5.

2.3.6 DRUCKENTLASTUNG

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 Schadensfall 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 an der Außenwand oder dem Dach vorzusehen. Dabei muss die raumabschließende Funktion der Umfassungswände mit Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit auch beim Druckanstieg gewährleistet bleiben.

2.4 RECHTLICHE GRUNDLAGEN FÜR IT-SICHERHEIT

Bei der Umsetzung eines Batteriespeicherprojektes sind Maßnahmen der IT-Sicherheit umfassend zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde der BVES-Sicherheitsleitfaden im Zuge der Überarbeitung dahingehend erweitert.

Hinweis: Dieser Abschnitt ist auf Basis der vorliegenden Entwürfe für NIS2UmsuCG und KRITIS-DachG entstanden. Das Gesetzgebungsverfahren ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht abgeschlossen und präzisierende Verordnungen sind nicht veröffentlicht.

Im Gegensatz zur brandschutzrechtlichen Thematik zielt die Regulierung der IT-Sicherheit nicht auf die einmalige Abnahme eines sicheren Anlagenzustands ab, sondern auf die kontinuierliche Aufrechterhaltung eines der Anlage angemessenen Schutzniveaus für die komplette Betriebsdauer. Bei Verstößen drohen dem Betreiber hohe Bußgelder, teilweise auch in Form von Umsatzstrafen.

Generell ist die IT-regulatorische Landschaft komplex und unterliegt aktuell einem Wandel. Neben den EU-Verordnungen NIS2 (EU 2022/2555) und CER (EU 2022/2557) gelten die deutschen Umsetzungsgesetze NIS2UmsuCG und KRITIS-DachG sowie das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), das durch das NIS2UmsuCG angepasst wird und sektorspezifisch die NIS2-Umsetzung regelt.

Dadurch sind:

- 1) nach § 5c Abs. 2 EnWG bei Energieerzeugungsanlagen der IT-Sicherheitskatalog der BNetzA ist umzusetzen. Dieser bildet alle durch NIS 2 vorgeschriebenen Sicherheitsmaßnahmen ab. Der IT-Sicherheitskatalog ist bei allen Energieerzeugungsanlagen von wichtigen oder besonders wichtigen Betreibern anzuwenden oder wenn der Batterieenergiespeicher als kritische Infrastruktur nach KritisV zählt.
- 2) für Anlagen der kritischen Infrastruktur zusätzlich Maßnahmen nach KRITIS-DachG umzusetzen.
- 3) Betreiber verpflichtet, sowohl aufgrund NIS 2 als auch dem KRITIS-DachG, sich selbst bzw. die Anlage(n) selbstständig beim BSI zu registrieren.

Folgende Abbildung visualisiert die Abhängigkeiten:

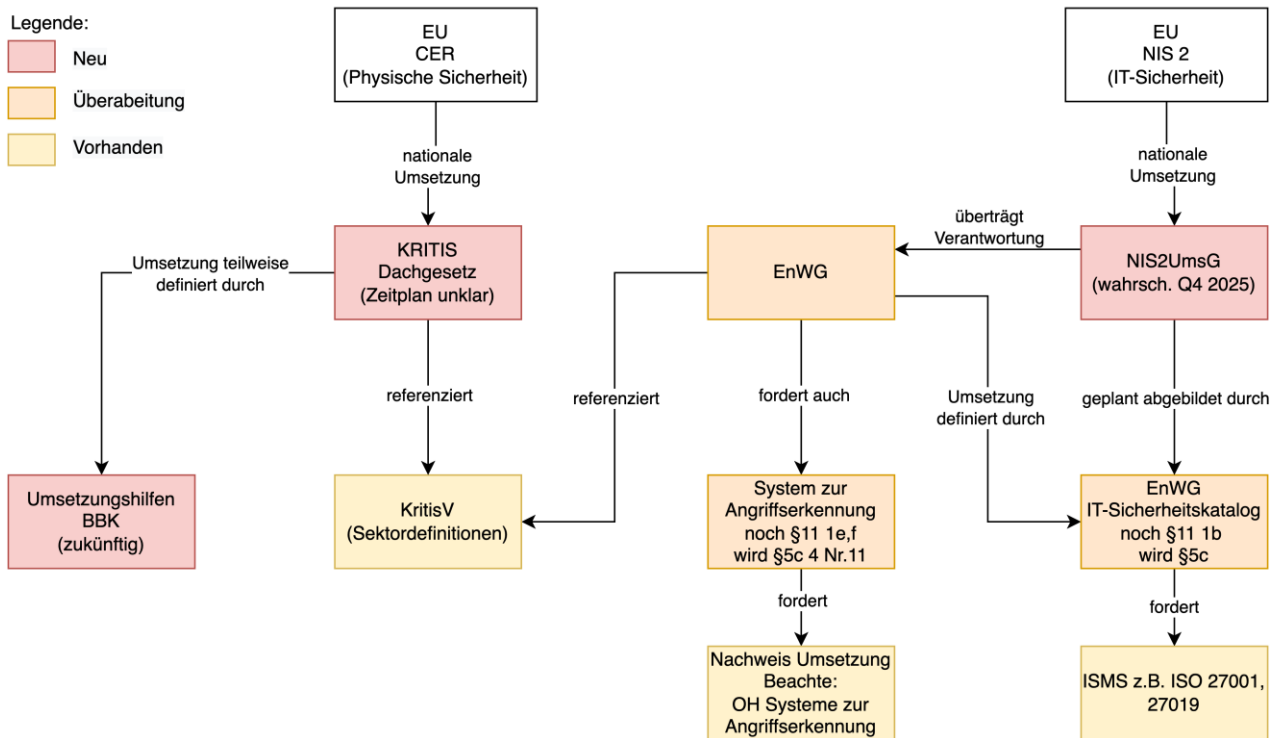


Abbildung 9: Überblick über IT-Sicherheitsanforderungen

Zur Erfüllung der IT-Sicherheit von Batterieenergiespeichern gemäß den oben genannten Anforderungen können (bzw. sind ggf. verpflichtend¹) folgende Normen herangezogen werden:

- **ISO 27001, ISO 27002, ISO 27019:** Diese Normen beschreiben ein Informationssicherheitsmanagementsystem und welche Maßnahmen durch ein solches System betrachtet und ggf. umgesetzt werden müssen. ISO 27019 konkretisiert Maßnahmen für Energieerzeuger.
- **IEC 62443:** Diese Normenreihe beschäftigt sich umfassend mit der IT-Sicherheit von industriellen Anlagen und deren Steuersystemen. Sie berücksichtigt sämtliche Bereiche, das heißt vom IT-Sicherheits-Managementsystem bis hin zu konkreten Maßnahmen für einzelne, industrielle Anlagenkomponenten.

Für den Fall, dass Energiespeicher Regelleistung zur Verfügung stellen, wird auf das Dokument „Mindestanforderungen an die Informationstechnik des Reservenbieters zur Erbringung von Regelreserve“ der Übertragungsnetzbetreiber hingewiesen.

¹ In der bisherigen Version des IT-Sicherheitskatalogs wird eine Zertifizierung nach ISO 27001 und 27019 gefordert. Das ist durch die BNetzA für die NIS2-Überarbeitung weiterhin beabsichtigt, die allerdings noch ausstehend ist.

2.5 ROLLE DER IT-SICHERHEIT BEI PLANUNG UND BETRIEB VON BATTERIESPEICHERN

Der folgende Abschnitt beschreibt übersichtlich, wie ein IT-technisch sicherer Batteriespeicher geplant und betrieben werden kann. Im Vordergrund steht dabei immer ein Managementsystem, das Risiken aus IT-Sicht kontinuierlich identifiziert und behandelt. Anhand der identifizierten Risiken werden Maßnahmen festgelegt und umgesetzt. Mit der risikobasierten Auswahl, Priorisierung und Umsetzung von Maßnahmen werden Forderungen der NIS 2 und CER erfüllt.

Im Folgenden sind übersichtlich und nach Themenbereichen gruppiert, IT-Sicherheitsmaßnahmen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) aufgeführt, die sich an den aktuellen Anforderungen der NIS 2 und CER sowie den in Kapitel 2.4 genannten Normen orientieren:

- Personelle und organisatorische Sicherheit: Es sind angemessene Maßnahmen zu treffen, um die Anlage vor Innentätern oder unzuverlässigen Lieferanten zu schützen. Die Kompetenz und Vertrauenswürdigkeit der mit der Anlage befassten Mitarbeitenden muss sichergestellt werden. Regelmäßige Schulungen und Awareness-Maßnahmen sind durchzuführen.
- Physische Sicherheit: Es sollten Maßnahmen zum Objektschutz, insbesondere der IT-Komponenten ergriffen werden, sowohl zum Schutz vor Angreifern als auch vor Umwelteinwirkungen wie z. B. Temperatur, Feuchtigkeit aber auch der Stromversorgung der IT- und Anlagenkomponenten.
- Zugriffskontrolle: Maßnahmen, um die Anlage und deren IT-Komponenten vor unautorisierten Zugriffen zu schützen sind zu ergreifen. Zudem sind Maßnahmen notwendig, die einen Schaden aufgrund eines kompromittierten Zugangs minimieren z. B. durch restriktive Berechtigungs- und Zugangsvergabe oder durchgängige Zwei-Faktor-Authentisierung.
- Dafür können die folgenden Normenverweise hilfreich sein:
 - ISO 27002:2022: 5.15, 5.16, 5.17, 8.2, 8.5
 - ISO 27019:2017: 6.2.2, 9.1.1, 9.2.1, 9.3.1, 9.4.2, 11.2.9
 - EN IEC 62443-3-3:2019: FR 1, SR 2.5, SR 2.6, SR 2.7
- Sicherer Betrieb: Der IT- Betrieb der Anlage muss unter Berücksichtigung der IT-Sicherheit erfolgen. Dazu gehört unter anderem eine angemessene Dokumentation betrieblicher Abläufe, Patch-, Konfigurations- und Change-Management, Protokollierung und Überwachung inkl. Angriffserkennung (SIEM) der IT-Systeme und ein aktives Überwachen der Bedrohungslage.
- Anwendungen und Systeme: Die eingesetzten Anwendungen und Systeme sind so auszuwählen, dass sie sicher verwendet werden können. Anforderungen an zu verwendende Produkte sowie an verfügbare Sicherheitsmechanismen sind zu formulieren und eine ordnungsgemäße Dokumentation der eingesetzten Produkte ist sicherzustellen. Diese umfasst z. B. unterstützte Netzwerkprotokolle, Verschlüsselungsmechanismen, Anmeldeverfahren, Unterstützung von Angriffserkennung, Patch- und Updateverfahren, Netzwerktrennung etc.
- Netzwerksicherheit: Anlagennetze sollten so entworfen werden, dass eine möglichst feine Segmentierung möglich ist. Notwendige Übergänge sind zu ermitteln und zu schützen. Kommunikation innerhalb des Anlagennetzes und nach außen ist angemessen zu schützen werden. Insbesondere gilt dies für Funknetzwerke.
- Externen Zugriff: Ein wesentliches Einfallstor für Angriffe auf Batteriespeicher sind Zugriffe von außen, z. B. bei Fernwartung oder Wartungslaptops. Deshalb sollte bestimmt werden, welche

Benutzergruppen worauf von außen zugreifen müssen und welche Sicherheitsmaßnahmen für den externen Zugriff festgelegt werden.

- Betriebskontinuität: Je nach Verfügbarkeitsansprüchen sollten angemessene Redundanzen geplant werden. Dabei sollten auch Versorgungseinrichtungen berücksichtigt werden (Strom, Klimatisierung, etc.). Die Reaktion auf Vorfälle und andere ungeplante Betriebsunterbrechungen sollte geplant und trainiert werden, auch unter Berücksichtigung gesetzlicher Meldepflichten.
- Auditierung: Durch regelmäßige Audits ist die Sicherheit der Anlage nachzuweisen. Dazu gehört die interne und externe Auditierung des Management-Systems und der umgesetzten Maßnahmen, z. B. Review der Firewall-Regeln, Prüfung einzelner Komponenten (Penetration-Tests) und Angriffssimulationen (Red Teaming).

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. Zum Zeitpunkt der vorliegenden Fassung des Leitfadens sind (bis auf die Anforderungen an Energiespeicher in Gebäuden nach Muster einer Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen – MEltBauVO) in Deutschland keine bauordnungsrechtlichen Regelungen für Energiespeicher verfügbar. Derzeit gelten solche Systeme i. d. R. als sogenannte (ungeregelte) Sonderbauten die bauaufsichtlich brandschutztechnisch im Rahmen von Bauantragsverfahren zu prüfen sind (z. B. durch Untere Bauaufsichtsbehörde, Prüfeningenieure/Prüfsachverständige für Brandschutz). Ebenso fallen die Anlagen (derzeit) nicht unter das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Eine Verfahrensfreiheit (z. B. wie für Gebäudetechnik – TGA nach § 61 Abs. 1 MBO – Musterbauordnung) wird durch das Expertengremium nicht gesehen. Bei Lithium-Ionen-Großspeichern (z. B. 1.000 kWh) ist ggf. im Einzelfall der Sonderbautatbestand durch die Brandschutznachweisersteller/-in oder die Brandschutzdienststelle anzuregen. 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.

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 einzubeziehen.

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 Lithium-Ionen-Großspeichersystem frei von unvermeidbaren Risiken errichten und betreiben zu können². Diese Anforderungen umfassen die Bereiche **Batteriesicherheit, elektrische Sicherheit, EMV, funktionale Sicherheit, Betriebssicherheit sowie Transportsicherheit**, welche nachfolgend aufgeführt werden. Das Kapitel wurde ergänzt um Normen bzw. Standards, die manchmal nachgefragt bzw. erwähnt werden, aber keine bzw. stark eingeschränkte Relevanz haben.

Die wichtigsten EU-Richtlinien und Verordnungen für die Sicherheit sind:

- Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU, speziell Anhang I
- Batterieverordnung (EU) 2023/1542, kurz BattVO, speziell Anhang V
- EMV-Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie 2014/30/EU)

² Definition entsprechend Produktsicherheit: Risiko = Gefahr x Eintrittswahrscheinlichkeit

3.2.1 EUROPÄISCHE BATTERIEVERORDNUNG (EU) 2023/1542 (KURZ: BATTVO)

Die BattVO ist für die Sicherheit stationärer Lithium-Ionen-Batterien ein großer Schritt nach vorn und macht diese zu einer der Grundlagen für die CE-Kennzeichnung (z. B. von Batteriepacks, Batterierschränken):

- Art. 12 (2) (a) (Sicherheit von stationären Batterie-Energiespeichersystemen) In Anhang V sind 11 Sicherheitsparameter aufgeführt, deren Bewertung entsprechende Nachweise und Tests erfordern. In vier davon geht es speziell um Brand- und Explosionsschutz (siehe auch Tabelle 1):
 - (6) Schutz vor Wärmeausbreitung und
 - (8) Interner Kurzschluss:
Für beide Anforderungen ist ein Propagationstest erforderlich (z. B. nach EN IEC 62619 Abs. 7.3.3 mit zusätzlicher Dokumentation der Ergebnisse bzw. der kommenden Ausgabe der EN IEC 63056)
 - (10) Brandprüfung: Hier wird die Fähigkeit des Batteriesystems geprüft bei Feuer von außen mit dem Gasdruck umzugehen (z. B. durch Ausleitung), der entsteht, wenn anders als beim Propagationstest, alle bzw. fast alle Zellen durch die hohe Temperatur Gas (Elektrolyt) freisetzen
 - (11) Emission von Gasen: Bewertung des Risikos der freigesetzten Gase bei allen anderen Sicherheitsparametern (in der Praxis speziell der oben genannten Punkte 6, 8 und 10). Der in diesem Leitfaden behandelte Explosionsschutz kann vollständig diesem Punkt zugeordnet werden.
- Gemäß Artikel 12 (2) (b) müssen zusätzlich Risiken bzw. Gefahren bewertet werden, die nicht explizit in Anhang V erwähnt werden. Darunter können z. B. elektrische Sicherheit (bzw. Konformität mit der Niederspannungsrichtlinie, Umwelteinflüsse und funktionale Sicherheit eingeordnet werden.

Stationäre Speicher als Produkte sind die einzige Batterieanwendung, für die in der BattVO verbindliche Sicherheitsanforderungen enthalten sind.

Großspeicher können auch als elektrische Installationen betrachtet werden. Diese sind, anders als Produkte, nicht explizit in der BattVO erwähnt. Im Rahmen der Normungsarbeit hat das zuständige EU-Direktorat DG GROW auf Rückfrage geantwortet, dass auch großformatige Speicher im Anwendungsbereich der BattVO gesehen werden. Der BVES begrüßt diesen Umstand ausdrücklich. Die BattVO trägt wesentlich zu mehr Sicherheit bei stationären Speichern bei und macht diese Anforderung zur weiteren Voraussetzung zur CE-Kennzeichnung von Batteriesystemen bzw. Komponenten wie Batterie-Packs oder -Module.

Einer der wichtigsten Vorteile ist, dass es in vier von elf Sicherheitsparametern in Anhang V um Brand und Explosionsschutz geht. Damit wird eine Verbindung möglich zwischen Anforderungen einer EU-Verordnung bzw. den harmonisierten Normen (Veröffentlichung voraussichtlich 2026/2027) mit nationalen Anforderungen europäischer Staaten zu Brand- und Explosionsschutz. Das ist vergleichbar mit der amerikanischen Lösung die NFPA 855 (Norm der National Fire Protection Association) mit UL-Normen zu Propagationstests (UL 9540A) und Batteriesicherheit (z. B. UL 9540, UL 1973) zu koppeln. Dabei können die Ergebnisse von Propagationstests in nationalen Standards genutzt werden, um z. B. Batterien außerhalb von Batterieräumen installieren zu dürfen.

- Nachweis, ob das Batterie-System Feuer und Flammen im Propagationstest sicher einschließt Menge und untere Explosionsgrenze des beim Thermal Runaway freigesetzten Gasgemisches.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Leitfadens sind harmonisierten Normen für Artikel 12 BattVO noch in Arbeit, aber noch nicht verabschiedet und veröffentlicht. Artikel 12 muss dennoch seit August 2024 umgesetzt werden. Für die meisten der Punkte sind Teile bestehender Normen anwendbar.

TABELLE 1: SICHERHEITSPARAMETER ANHANG V BATTVO

Allgemeine Batteriesicherheit		Umsetzung mit bestehenden Standards
1	Wärmeschock und –zyklus	Größtenteils abdeckbar mit Teilen bestehender Normen – z. B. : Batteriesicherheit (z. B. EN IEC 62619, UN 38.3) Funktionale Sicherheit (z. B. EN 61508-Serie) Elektrische Sicherheit (z. B. EN IEC 62477-1)
2	Ext. Kurzschlusschutz	
3	Überladungsschutz	
4	Schutz vor überm. Entladung	
5	Überhitzungsschutz	
7	Mechanische Schäden durch Außeneinwirkung	
9	Überhitzung/Unterkühlung	
Explizit zu Brand- und Explosionsschutz		
6	Schutz vor Wärmeausbreitung	Propagationstest mit zusätzlichen Auswertungen zu Gasmenge und Zusammensetzung
8	Interner Kurzschluss	
10	Brandprüfung (ext. Feuer)	Mögliche Anforderung in den harmonisierten Normen: Nachbildung eines Zimmerbrandes, bei welcher die Batterie min. 20 Minuten einem ext. Feuer (> 800 °C) ausgesetzt wird.
11	Emission von Gasen	Vermeidung einer explosionsfähigen Atmosphäre mit den Ergebnissen speziell der Tests zu den Sicherheitsparameter 6 und 8, welche Propagationstests mit einem initiierten Thermal Runaway erfordern

Die kommende Ausgabe der EN IEC 63056 könnte ggf. 2026 veröffentlicht werden. Der Entwurf ist sehr viel umfangreicher als die aktuell gültige Version. Speziell die Anforderungen zu funktionaler Sicherheit, elektrischer Sicherheit sowie Brand- und Explosionsschutz werden nach jetzigem Entwurfsstand umfassender und detaillierter werden.

Bei der Umsetzung der BattVO sollte beachtet werden, dass sie eigene Definitionen hat, die zum Teil von den im Markt genutzten Begriffen abweichen. Für diesen Leitfaden ist Art. 3 (15) relevant mit der folgenden Definition:

15. „stationäres Batterie-Energiespeichersystem “ eine Industriebatterie mit internem Speicher, die speziell dafür ausgelegt ist, elektrische Energie aus dem Netz zu speichern und an das Netz abzugeben oder für Endnutzer zu speichern und bereitzustellen, unabhängig davon, wo oder von wem diese Batterie eingesetzt wird;

Während im Markt und der Normung bei Energiespeichersystemen i. d. R. das Gesamtsystem inkl. Leistungselektronik gemeint ist, versteht die Batterieverordnung nur den Batterieteil des Energiespeichersystems.

3.2.2 ELEKTRISCHE SICHERHEIT (NIEDERSPANNUNGSRICHTLINIE 2014/35/EU)

Die elektrische Sicherheit in größeren Lithium-Ionen-Speichern kann beispielhaft mit folgenden Standards umgesetzt werden:

- EN 61140 – Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- **Nur Batterie**
 - EN IEC 61010-1 – Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
 - EN 60730-1 – Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- **Leistungselektronik und Batteriesystem**
 - EN IEC 62477-1 – Sicherheitsanforderungen an Leistungshalbleiter-Umrichtersysteme und -betriebsmittel – Teil 1: Allgemeines
 - EN IEC 62909-1 – Bidirektionale netzgekoppelte Leistungsumrichter - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
 - EN 62109-1 – Sicherheit von Wechselrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
Deutsche Fassung EN 62109-1:2010
- **Errichtung**
 - EN 60364-Reihe bzw. VDE 0100-Reihe – Errichten von Niederspannungsanlagen
 - EN IEC 61439-1 Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen
 - EN IEC 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
 - EN IEC 62485-5 Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen
 - Technische Anschlussbedingungen (TAB) des Netzbetreibers

3.2.3 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:

- EN IEC 61000-6-1 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-1: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
- EN IEC 61000-6-2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche

- EN IEC 61000-6-3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-3: Fachgrundnormen – Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
- EN IEC 61000-6-4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen – Störaussendung für Industriebereiche (IEC 61000-6-4:2018); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-4:2019
- EN 55011 Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Geräte – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren
EN 55014 Elektromagnetische Verträglichkeit – Anforderungen an Haushaltsgeräte, Elektrowerkzeuge und ähnliche Elektrogeräte
- EN 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

3.2.4 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:

- EN 61508 – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme
- ISO 26262– Straßenfahrzeuge – Funktionale Sicherheit
- EN ISO 13849-1; – Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- EN IEC 62061 – 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.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Leitfadens gibt es noch keine batteriespezifische Norm zur funktionalen Sicherheit. Die Anwendung der z. B. oben genannten Normen erfordert daher Referenz-Dokumente, aus denen u. a. die Schutzziele für Lithium-Ionen-Batterien hervorgehen. Dazu eignen sich z. B. die etablierten Normen bzw. Anwendungsregeln: EN IEC 62619, VDE-AR-E 2510-50 (für Heimspeicher, aber geeignet als Referenzdokument), EN IEC 63056.

3.2.5 TRANSPORTSICHERHEIT

Die ADR („Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße“) fordert, dass jede Lithium-Ionen-Batterie einem geprüften Typ gemäß dem UN-Handbuchs Prüfungen und Kriterien Teil III Unterabschnitt 38.3 (kurz: UN 38.3-Prüfungen)

entspricht. Zusätzlich muss der Hersteller eine Prü fzusammenfassung (UN-Handbuch Prüfungen und Kriterien, Abs. 38.3.5) bereitstellen. Batterien, die keinem geprü ften Typ entsprechen, können nur unter ADR-Sondervorschriften transportiert werden. Der Transport der Batterien muss entsprechend dem Zustand, der Konfiguration und der Menge nach der jeweils geltenden ADR bzw. auf nationaler Ebene entsprechend der GGVSEB („Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschiffahrt“) erfolgen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung umfasst die ADR-Klassifizierung für Batteriecontainer die UN 3536, wonach jede Einheit entsprechend gekennzeichnet und gesichert sein muss. Voraussichtlich 2029 werden nach jetzigem Stand der Diskussion die UN 38.3-Prü fungen mit Propagationstests ergänzt.

3.2.6 BATTERIESICHERHEIT (PRODUKTSICHERHEITSRICHTLINIE 2001/95/EG BZW. DEUTSCHES PRODSG)

Da es unter der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU keine harmonisierte Norm für Lithium-Ion-Batterien gab, wurde Batteriesicherheit unter der Produktsicherheitsrichtlinie bzw. den nationalen Umsetzungen wie z. B. dem Produktsicherheitsgesetz in Deutschland umso wichtiger. Mit Inkrafttreten von Art. 12 BattVO hat sich das jedoch im Wesentlichen geändert, weil nun zumindest für stationäre Batterien erfüllte Sicherheitsvorgaben Teil der CE-Kennzeichnung und EU-Konformität sind.

Typische Normen mit denen die Anforderungen zum Teil abgedeckt werden, sind

- EN IEC 62619 – Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht-säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen an sekundäre Lithiumzellen und -batterien für die Verwendung in industriellen Anwendungen.
- EN IEC 63056 – Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen für Lithium-Sekundärzellen und -Batterien für die Verwendung in elektrischen Energiespeichersystemen.

Für Großspeicher wird speziell die kommende Version dieser Norm eines der wichtigsten Dokumente werden. Nach jetzigem Stand soll die EN-Version unter der BattVO harmonisiert werden.

- EN IEC 62485-5 – Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Teil 5: Lithium-Ionen-Batterien für stationäre Anwendungen.
- Auf Basis der Vornorm DIN VDE V 0510-100 (Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien aus dem Fahrzeugbereich für den Einsatz in ortsfesten Anwendungen) entsteht zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Leitfadens ebenfalls eine Norm zur Umsetzung von Art. 12 BattVO.

Einige grundlegende Überlegungen sind zusätzlich auch hier zu finden:

- EN IEC 62933-5-1 Elektrische Energiespeichersysteme (EES-Systeme) Teil 5-1: Sicherheitserwägungen für netzintegrierte EES-Systeme – Allgemeine Spezifikation
- EN IEC 62933-5-2 Elektrische Energiespeichersysteme (EES-Systeme) Teil 5-2: Sicherheitsanforderungen an netzintegrierte EES-Systeme – Elektrochemische Systeme

Bei der Nutzung der EN IEC 62933-5-2 sollte berücksichtigt werden, dass diese voraussichtlich nicht als EN-Version erscheinen bzw. zurückgezogen wird. Gleiches gilt für die IEC 62933-5-3, IEC 62933-5-4, IEC 62933-4-4, die zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Leitfadens schon vom Parallelverfahren bei CENELEC (Parallel Voting) ausgenommen wurden und daher nicht als EN-Normen übernommen werden. Begründet wurde das mit mangelnder Kompatibilität mit der BattVO. Als Checklisten und für Anhaltspunkte sind diese Normen daher als IEC-Version nutzbar, jedoch nicht zum vollständigen Nachweis der Konformität mit der BattVO.

3.2.7 NORMEN OHNE ODER MIT STARK EINGESCHRÄNKTER EIGNUNG FÜR STATIONÄRER BATTERIESYSTEME

In der Praxis zeigt sich nicht selten, dass bei Ausschreibungen, Genehmigungsverfahren oder technischen Anfragen Normen oft allein aufgrund ihres Titels ausgewählt und gefordert werden. Einige Normen wirken vom Titel her relevant für stationäre Batteriespeicher – insbesondere im Hinblick auf Sicherheit, Netzintegration oder Energiespeicherung. Bei näherer Betrachtung des Inhaltes zeigt sich jedoch, dass sie für technische Bewertungen, Ausschreibungen oder regulatorische Zwecke nicht geeignet sind.

Mögliche Nachteile sind:

- Überspezifizierung
- Redundanz von Anforderungen
- Erhöhter Test- und Dokumentationsaufwand ohne wesentlichen Mehrwert

Die nachfolgenden Normen sind Beispiel für Anforderungen, die nicht als Grundlage in Ausschreibungen, Planungen oder Genehmigungsverfahren verwendet werden sollten.

EN 61427-1

*(Wiederaufladbare Zellen und Batterien für die Speicherung erneuerbarer Energien- Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren - Teil1: Photovoltaische netzunabhängige Anwendung)
Für Li-Ionen- und Na-Ionen-Batterien sind die Anforderungen zu allgemein und unvollständig.*

EN 61427-2

(Wiederaufladbare Zellen und Batterien für die Speicherung erneuerbarer Energien – Teil 2: Netzintegrierte Anwendungen)

Der Fokus dieser Norm liegt auf Lebensdauer- und Leistungstests, die primär für Bleibatterien entwickelt wurden. Für Lithium-Ionen- oder Natrium-Ionen-Batterien sind die Verfahren weitgehend ungeeignet. Zur Sicherheit enthält die Norm lediglich eine allgemeine Risikoliste – keine konkreten Anforderungen oder Prüfungen.

EN IEC 62133-2

(Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht-säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen für tragbare gasdichte Sekundärzellen und daraus hergestellte Batterien für die Verwendung in tragbaren Geräten)

Diese Norm ist für tragbare Batterien bewährt. Sie gehörte zu den ersten Batteriesicherheitsnormen für Lithium-Ionen-Zellen und -Batterien, weil tragbare Batterien zu den ersten Anwendungen dieser Technologie gehörten. Mangels Alternativen wurde sie ganz oder in Teilen auch für größere Systeme sowie deren Zellen herangezogen. Für stationäre Anwendungen sind jedoch nicht alle Anforderungen ideal. Seit 2014 ist die EN IEC 62619 die fachlich korrekte und deutlich besser geeignete Norm für stationäre Lithium-Batteriesysteme.

IEC 62933-4-Serie

Trotz bereits in der Entwurfsphase geäußelter Kritik an der geringen inhaltlichen Qualität und Praxistauglichkeit wurden diese Normen weiterentwickelt. Sie bleiben jedoch zu unspezifisch, um als Grundlage für sicherheits- oder umweltrelevante Bewertungen oder Prüfungen zu dienen.

IEC 62933-5-3

(Electrical energy storage (EES) systems - Part 5-3: Safety requirements for grid-integrated EES systems – Performing unplanned modification of electrochemical based system)

und

IEC 62933-5-4

(Safety test methods and procedures for grid integrated EES systems – Lithium-ion battery-based systems)
Beide Normen wurden wegen zu unspezifischer bzw. unverbindlicher Anforderungen nicht als EN-Versionen für Europa übernommen.

UL 1974

(Evaluation for Repurposing or Remanufacturing Batteries)

Diese Norm beschreibt Prozesse (z. B. Charakterisierung von Lithium-Ionen-Zellen), wurde jedoch nicht für die Inverkehrbringung erstellt. Für diesen Zweck verweist sie auf Produktnormen wie z. B. die UL 1973. Es besteht jedoch noch immer der Widerspruch, dass Prüflinge für Typprüfungen repräsentativ für die gefertigte Serie sein sollten. Bei inhomogenen Eingangskomponenten (außer ggf. bei kompletten Batterien) werden jedoch die typischen Voraussetzungen für repräsentative Prüflinge nicht erfüllt.

3.2.8 2ND LIFE / REPURPOSING (UMNUTZUNG VON BATTERIEN)

Ein häufiger Anwendungsfall im stationären Bereich ist die Weiternutzung von Traktionsbatterien – in der Regel aus Elektrofahrzeugen. Nach einer gewissen Alterung, die sich z. B. in einem Reichweitenverlust zeigt, werden diese Batterien als stationäre Energiespeicher eingesetzt. In der Praxis handelt es sich dabei zum Teil auch um neuwertige Batterien aus Überproduktion.

Die sicherheitstechnische und regulatorische Bewertung solcher Systeme ist jedoch anspruchsvoll. Die sogenannte vorgesehene Verwendung eines Produkts beeinflusst nahezu alle relevanten Eigenschaften. Wird eine Batterie in einer anderen Anwendung eingesetzt – etwa statt mobil nun stationär –, muss sie entsprechend dieser neuen Verwendung bewertet werden.

Gerade der Übergang von der automobilen zur stationären Nutzung ist mit besonderen Herausforderungen verbunden.

Normative Herausforderungen bei der Umnutzung

Bis auf eine Ausnahme (DIN VDE V 0510-100) sowie die zukünftige Version als harmonisierte Norm unter der BattVO) können bisherige Versuche, den Prozess der Umnutzung normativ so zu regeln, dass er für eine rechtssichere Inverkehrbringung geeignet ist, als weitgehend gescheitert gelten.

- UL 1974 wird zwar häufig zitiert, wurde jedoch nicht mit dem Ziel entwickelt, Produkte geprüft und rechtskonform in Verkehr zu bringen.
- Die Normen IEC 63330-1, IEC 63338, IEC 62933-4-4, IEC 62933-5-3 und IEC 62933-5-4 enthalten Anforderungen, die zu allgemein oder zu wenig belastbar formuliert sind. Dadurch könnten auch Batterien ohne ausreichende Nachweise zur Sicherheit fälschlich als „geeignet“ gelten.

Im Rahmen des sogenannten Parallel Voting – also der gleichzeitigen Abstimmung über IEC-Normen auf europäischer Ebene – wurde keine dieser Normen als EN-Norm übernommen. Sie wurden als für den europäischen Markt ungeeignet und nicht kompatibel zur EU-Batterieverordnung (BattVO) eingestuft. Stattdessen wurden sie auf die sogenannte List of Exemptions von CENELEC gesetzt – eine Liste von IEC-Normen, die bewusst nicht in das europäische Normenwerk übernommen werden.

Je nach Art der Umnutzung einer Traktionsbatterie variiert der Aufwand zur sicherheitstechnischen Bewertung und normativen Abdeckung erheblich. Die folgende Übersicht beschreibt die derzeitige Einschätzung (Stand: Juni 2025) zu den unterschiedlichen Szenarien:

- **Nutzung kompletter Fahrzeugbatterien in einem geschützten Umfeld**

(z. B. Batterieraum mit Brandschutzmaßnahmen und Zugangsbeschränkungen): Normativ gut beschreibbar.

→ Dieser Anwendungsfall ist in der DIN VDE V 0510-100 berücksichtigt.

- **Nutzung von Batterie-Modulen (verbundene Zellgruppen)**

Die Module bleiben als Einheit erhalten, die Zellen sind weiterhin fest miteinander verbunden.
→ Normativ machbar, aber sehr aufwendig.

Detaillierte Anforderungen werden derzeit im DKE-Arbeitskreis AK 371.1.14 erarbeitet und fließen voraussichtlich in die DIN VDE V 0510-100 ein – ggf. auch in eine sich noch in der Erstellung befindliche Norm zu Artikel 12 BattVO.

- **Nutzung einzelner Zellen aus gebrauchten Batterien**

Die Zellen werden entnommen, geprüft und zu neuen Batteriesystemen zusammengesetzt.
→ **Derzeit normativ nicht abdeckbar.**

Ohne Präzedenzfälle zu schaffen ist eine regelkonforme Inverkehrbringung kaum möglich.
Hauptprobleme:

- Keine repräsentativen Prüflinge für die Typprüfung verfügbar (inhomogene Zellqualität, Alterung, variierende Schädigungen).
- Verbindungen, Trennungen und erneute Verschaltungen können die Dichtheit und Sicherheit einzelner Zellen beeinträchtigen.
- Gleichzeitig ist dieses Vorgehen wirtschaftlich durch den vergleichsweise hohen Aufwand am schwierigsten darstellbar.

Aktuell anwendbare Norm: DIN VDE V 0510-100

Stand Juni 2025 ist die DIN VDE V 0510-100 („Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien aus dem Fahrzeugbereich für den Einsatz in ortsfesten Anwendungen“) die einzige Norm mit hinreichend spezifischen Anforderungen für eine Inverkehrbringung.

Im Unterschied zu den genannten IEC-Normen, die versuchen, möglichst viele Varianten der Umnutzung abzudecken, konzentriert sich diese Norm auf einen konkreten Anwendungsfall: die Nutzung kompletter Fahrzeugbatterien in einem unzugänglichen Umfeld (z. B. Batterieraum).

Gerade durch diese gezielte Einschränkung konnten auch Aspekte wie Brandschutz und die Konformität mit der Niederspannungsrichtlinie normativ berücksichtigt und integriert werden.

Diese Norm dient auch als Grundlage für eine harmonisierte Norm unter der BattVO (Artikel 12 - Sicherheit von stationären Batterie-Energiespeichersystemen), die voraussichtlich 2026 veröffentlicht wird.

3.2.9 NUTZUNG AMERIKANISCHER STANDARDS IN EUROPA

Im Zusammenhang mit dem Brand- und Explosionsschutz bei stationären Batteriespeichern werden gelegentlich amerikanische Normen wie UL 9540, UL 9540A und NFPA 855 herangezogen. Diese können helfen, bestehende Normungslücken in Europa zu überbrücken – insbesondere bei Systemen, die sowohl in den USA als auch in Europa verkauft werden.

Allerdings lassen sich viele dieser Lücken bereits heute durch eine geeignete Kombination bestehender EN-Normen schließen. Darüber hinaus befinden sich neue IEC- und EN-Normen in der Entwicklung, die auf die Anforderungen der EU-Batterieverordnung (BattVO) abgestimmt sind – insbesondere im Hinblick auf Brand- und Explosionsschutz.

Ob und in welchem Maße amerikanische Standards in Europa sinnvoll einsetzbar sind, hängt davon ab, wie konkret sie verwendet oder eingefordert werden.

a) Nutzung in Auszügen

Einzelne Elemente amerikanischer Normen – etwa bestimmte Tests oder Anforderungen – lassen sich sinnvoll in Europa einsetzen, wenn sie gezielt und korrekt referenziert werden. Beispiele:

- **Schließen bestehender Normenlücken:** Temporäre Ergänzung, bis passende europäische Normen verfügbar.
- **Vermeidung redundanter Tests:** Ein bestandener Propagationstest nach UL 9540A kann in vielen Fällen belegen, dass auch der entsprechende Test nach EN IEC 62619 bestanden würde. Ein zusätzlicher Test wäre dann nicht notwendig.

b) Forderung vollständiger Normkonformität

Die pauschale Forderung nach vollständiger Einhaltung amerikanischer Normen wie UL 9540 in Europa ist aus mehreren Gründen problematisch:

- **Doppelte Anforderungen:** Es kann zu mehrfachen, teilweise leicht unterschiedlichen Prüfungen für dasselbe Thema kommen (z. B. Kurzschluss tests nach UL und IEC), ohne dass daraus ein nennenswerter Mehrwert entsteht.
- **Komplexe Verweisketten:** Amerikanische Normen wie NFPA 855 verweisen auf UL 9540 und UL 9540A, die wiederum auf UL 1973 verweisen. Diese Kaskaden können unübersichtlich werden. Im Gegensatz dazu bleiben Verweise innerhalb europäischer Normensysteme (z. B. EN- oder IEC-Normen) meist besser nachvollziehbar. Werden US-Normen verwendet, sollten Verweise stets präzise und begrenzt sein.

Alternative: Kombination europäischer Normen

Ein vergleichbares Schutzniveau lässt sich in Europa oft durch die Kombination bestehender Normen erreichen:

- **Batteriesicherheit:** z. B. nach EN IEC 62619 mit ggf. angepassten Propagationstest

- **Elektrische Sicherheit:** z. B. mit einer harmonisierten Norm gemäß Niederspannungsrichtlinie, etwa EN IEC 62477-1

Amerikanische Standards können dennoch vorübergehend eine sinnvolle Ergänzung darstellen – etwa so lange, bis die europäische Normung zur BattVO abgeschlossen ist. Die Kombination von Anforderungen aus NFPA 855 mit Testergebnissen wie dem Thermal-Runaway-Test nach UL 9540A kann ein praxisnaher Ansatz sein. Wichtig ist jedoch, dass nur einzelne Normteile konkret referenziert werden – pauschale Verweise auf komplette UL-Normen sind nicht zielführend.

BATTERIESICHERHEIT - TESTVERFAHREN ZUR BEWERTUNG DER THERMISCHEN UNKONTROLLIERTEN BRANDAUSBREITUNG

Das in EN IEC 62933-5-1/-2 referenzierte Testverfahren bietet eine Grundlage für die Bewertung von Brandszenarien von Zelle / Modul und Gesamteinheit. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Einschätzung des Brandverhaltens und die Bewertung der Brandgefahren (im sogenannten UL9540A unit level test):

ANSI/CAN/UL 9540A:2019 (4.te edition) – Standard für Sicherheit – Testmethode zur Bewertung der thermisch außer Kontrolle geratenen Brandausbreitung in Batterie-Energiespeichersystemen

BATTERIESICHERHEIT - INSTALLATION VON STATIONÄREN ENERGIESPEICHERN

Im Hinblick auf die Batterieanlage als Ganzes sollten noch folgende weitere Standards in Betracht gezogen werden. Die Subreferenz aus UL 9540A ist der Standard für die Installation von stationären Energiespeichersystemen, NFPA 855:

NFPA 855:2023 / NFPA 855:2026 – Standard für die Installation von stationären Energiespeichersystemen

NFPA 68 - Standard zum Explosionsschutz durch Deflagrationsentlastung

NFPA 69 - Standard für Explosionsschutzsysteme

NFPA 855:2023 und NFPA 855:2026 verweisen beide auf den "Large Scale Fire Test". Dieser ist in der aktuellen Fassung von 2023 ein Verweis auf UL 9540A Unit level test. Die überarbeitete Version ab 2026 beinhaltet jedoch nicht mehr den alten Testansatz nach UL 9540A Unit level test. Die Testbedingungen für den Large Scale Fire test werden in der 2026 Version verschärft und zielen darauf ab, den gesamten Batteriespeicher in Brand zu setzen.

Normung in Europa: Brandschutz bleibt national geregelt

Während Batterienormen in Europa zunehmend vereinheitlicht werden (z. B. EN IEC 62619), bleibt der Brandschutz in der Zuständigkeit der einzelnen Mitgliedstaaten. Diese können entsprechende Anforderungen auch über das Baurecht regeln.

Ein Ziel der derzeit in Überarbeitung befindlichen Normen – etwa der kommenden Ausgabe von EN IEC 63056 (Stand: Juni 2025) – ist es daher, die Dokumentationsanforderungen so zu gestalten, dass sie national in bestehende Brandschutzvorgaben integriert werden können.

Einige Länder – wie Österreich und die Niederlande – haben solche Anforderungen bereits vor Jahren eingeführt.

Ein positives Beispiel für eine schon vor mehreren Jahren umgesetzte Lösung ist die österreichische OIB-Richtlinie 2 des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Diese ermöglicht Batterieinstallationen

außerhalb von Batterieräumen, wenn das Batteriesystem u. a. einen Propagationstest nach EN IEC 62619 bestanden hat und dem Stand der Technik entspricht (z. B. VDE-AR-E 2510-50).

3.3 LÖSCHWASSERRÜCKHALTUNG

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 kontaminiertem Löschwasser kommen. Wirkungsvolle Löschmaßnahmen sind unter Umständen nur mit größeren Mengen Löschwasser, ggf. mit beigemischten Löschmittelzusätzen, möglich.

Nach § 5 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – allgemeine Sorgfaltspflichten – 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. Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) gibt im Rahmen des Merkblattes „Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien (LIB) nach der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)“ weitere Hinweise zur Anwendung der AwSV im Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien.

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.

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.

Bei großformatigen Lithium-Ionen-Großspeichersystemen – insbesondere bei Freiflächenanlagen mit hoher Summenlast – können versicherungstechnische Anforderungen deutlich über die baurechtlichen Mindestvorgaben hinausgehen. Die Versicherbarkeit solcher Anlagen hängt maßgeblich von der Risikobewertung, den Schutzmaßnahmen und der konkreten Ausführung der Trennungen und Aufstellbedingungen ab. Es wird daher dringend empfohlen, bereits in der Planungsphase eine Abstimmung mit dem zuständigen Sachversicherer vorzunehmen, um die Anforderungen frühzeitig zu klären und spätere Nachrüstungen oder Einschränkungen zu vermeiden.

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. Eine enge Abstimmung kann helfen, objektspezifische Schutzmaßnahmen effizient und wirtschaftlich umzusetzen und eine Versicherbarkeit zu gewährleisten. Es wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen wie ausreichende Abstände 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 3.4.1 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 und insbesondere unter Berücksichtigung der Betriebssicherheitsverordnung 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.

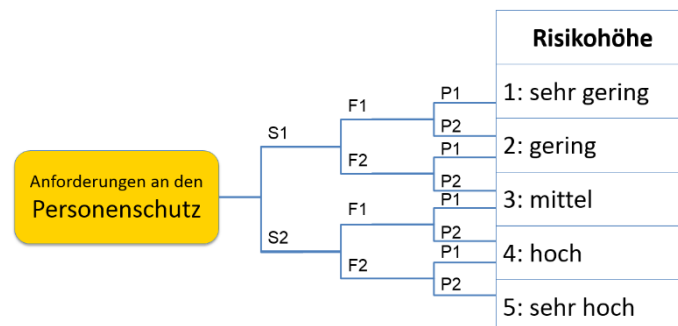


Abbildung 10: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

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. Im Zusammenhang mit der betreiberseits vorzunehmenden Einstufung, ob die Anlagen in den Bereich von „KRITIS“ (Kritische Infrastrukturen) fallen und welche Energiemenge zwingend verfügbar sein muss.

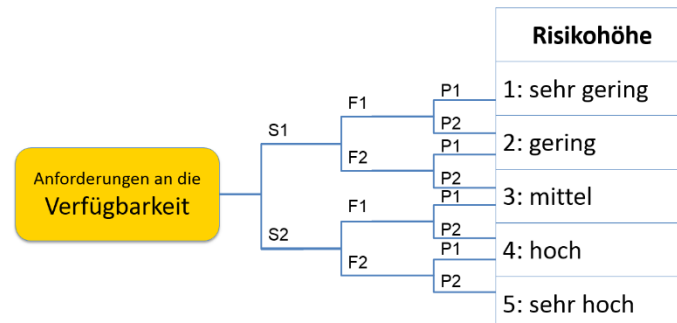


Abbildung 11: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

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 aber auch Beschädigungen durch Überflutung.

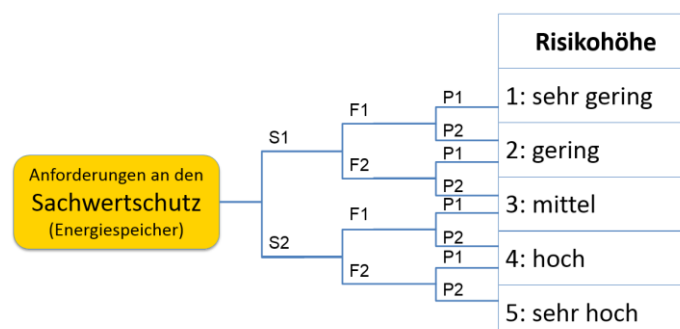


Abbildung 12: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

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. 3.1) zu berücksichtigen. Für den Sachwertschutz können weitere Maßnahmen erforderlich sein.

3.4.4 UMWELTSCHUTZ

Zur Ermittlung der anzunehmenden Risikohöhe im Hinblick auf Umweltschutz kann der folgende 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.

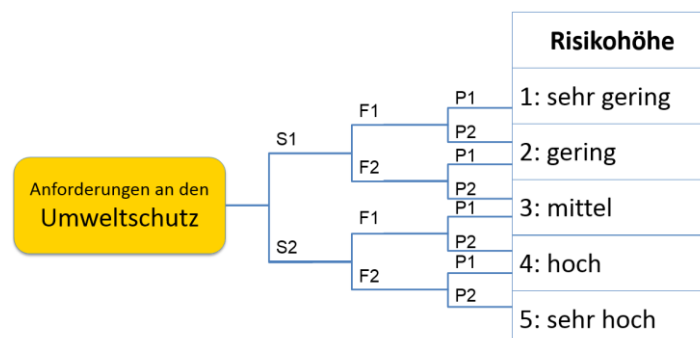


Abbildung 13: Schema zur Bewertung der Risikohöhe

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 MÖGLICHER 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.

Abhängig von der ermittelten Risikohöhe können zusätzlich 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. Es können nicht alle Aspekte des Standortes abschließend bewertet werden. Dort sind aufgrund einer Betrachtung der örtlichen Gegebenheiten angepasste Maßnahmen umzusetzen. Es wird grundsätzlich empfohlen, das vorhandene BMS zur frühzeitigen Störungserkennung zu nutzen, um Zustände zu erfassen, die zur Entstehung eines Brandes führen können.

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	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		X	X					X	X			

außen durch bauliche Trennung/Umhausung des gesamten Speichersystems mit klassifiziertem Feuerwiderstand oder vergrößerte Abstände zu anderen baulichen Einrichtungen												
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 Brandbekämpfungsanlage (gemäß Kapitel 5)			X			X			X		X	X
Druckentlastungseinrichtung			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 alarmanlösende Stelle (z. B. integrierte Leitstelle) gemäß den technischen Anschlussbedingungen (TAB) aufzuschalten, welche unmittelbar die öffentliche Feuerwehr alarmieren kann.

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 Brandbekämpfungsanlage 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 3.2) zu durchzuführenden Prüfungen im Rahmen der Zertifizierung der Batteriezellen und Batteriesysteme sowie den bisherigen Praxiserfahrungen kann davon ausgegangen werden, dass Lithium-Ionen Batterien bei bestimmungsgemäßer Nutzung innerhalb der Auslegungsparameter ohne äußere Einwirkungen nur selten in Brand geraten.

Der Schutz von Batteriespeichersystemen vor einem externen Brandereignis ist erforderlich, um aufgrund von externer Verbrennungswärme initiierten Zellzersetzungsprozessen vorzubeugen.

Eine Separierung der Lithium-Ionen Batterien von Wechselrichtern sowie Transformatoren sollte zur weiteren Risikominimierung angestrebt werden. Hierzu sind gem. DIN VDE 0101-1 in Abhängigkeit der Art des Transformators (bei Gießharztransformatoren in der Regel 3 m, bei Öltransformatoren in der Regel 5 m) unterschiedliche Abstände erforderlich. 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.

Der Brandverlauf ist unter anderem abhängig vom Zelltyp, von der Zellchemie, vom Ladezustand und vom Aufbau (Modul bis Gesamtanlage) der eingesetzten Lithium-Ionen-Batterien. Aus diesem Grund können nachfolgend allgemeingültige Vorgaben nur begrenzt formuliert werden. Beispielsweise ist die erforderliche Dimensionierung der Druckentlastungsfläche abhängig von der Zellchemie und individuell zu ermitteln.

Ggf. ist aufgrund des höheren Lebensalters ein erhöhtes Risiko des Auftretens eines Zellschadens gegenüber neuen Lithium-Ionen Batterien gegeben, welches es bei Bedarf zu berücksichtigen gilt. Dies gilt es ggf. bei der Verwendung von sogenannten Second-Life-/Second-Use-Batterien zu beachten.

Die in diesem Leitfaden enthaltenen grafischen Darstellungen sind nicht als allgemeingültige Planungsvorgaben zu verstehen. Sie sollen die Vielfalt möglicher baulicher Lösungen illustrieren, ersetzen jedoch nicht die individuelle Prüfung und Abstimmung mit den zuständigen Stellen.

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. Bei der Festlegung von Abständen empfiehlt sich neben der Beachtung der baurechtlichen Gesichtspunkte insbesondere eine frühzeitige Abstimmung – idealerweise bereits in der Planungsphase – mit dem Sachversicherer. Seitens der Sachversicherer können ggf. weitere, über den Leitfaden hinausgehende Anforderungen bestehen.

Die vorgenannten Abstandsempfehlungen sind regelhaft nicht als Abstand zwischen Speichercontainer / Speichereinheit untereinander im Bereich eines Speicherparks im Freien heranzuziehen. Nachfolgende Abbildungen veranschaulichen in Kombination mit der den Textteil und die Grafiken ergänzenden Tabelle, welche Abstände für die Errichtung von Speicherparks im Freien denkbar sind.

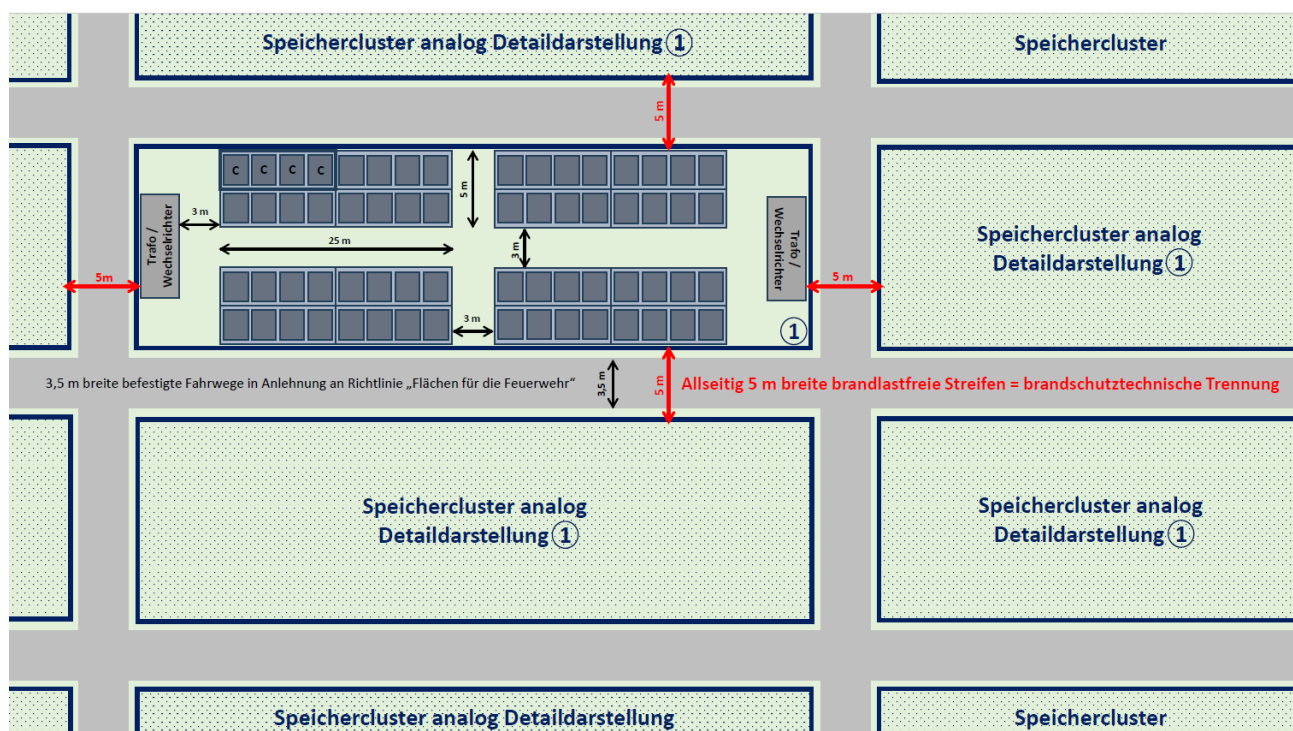
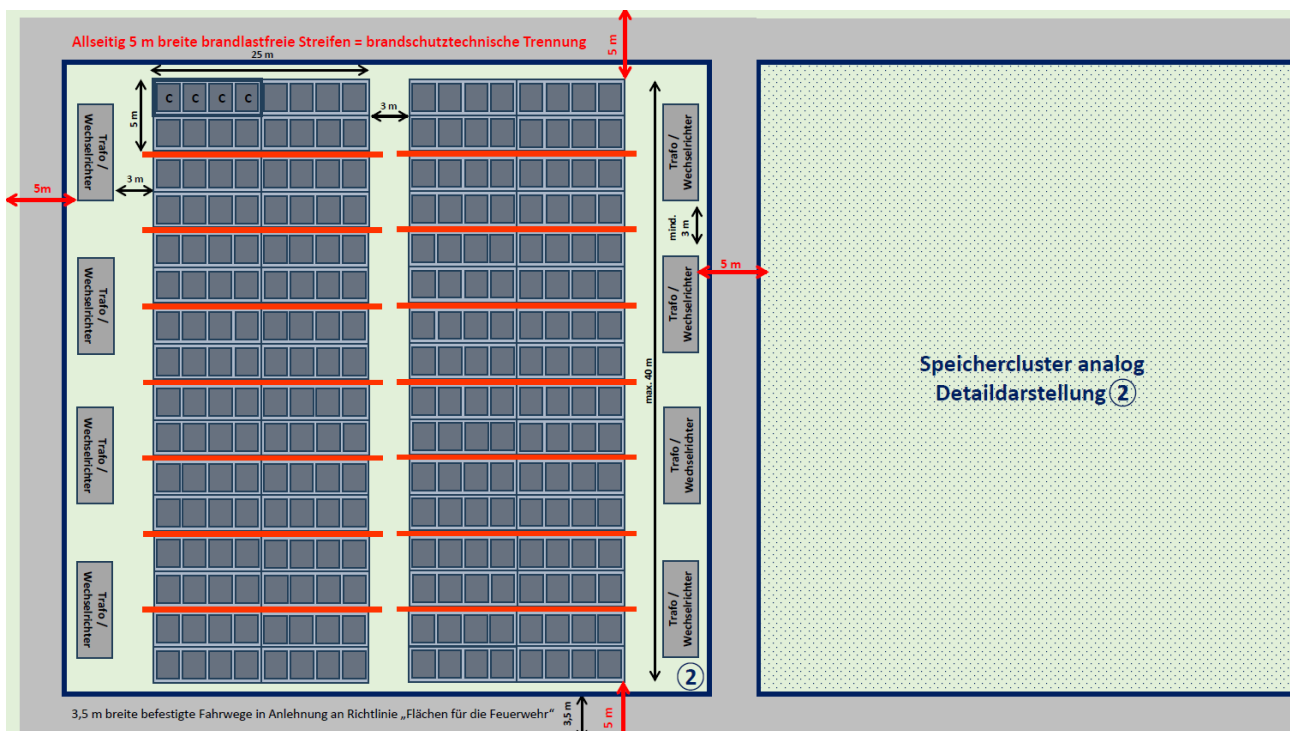
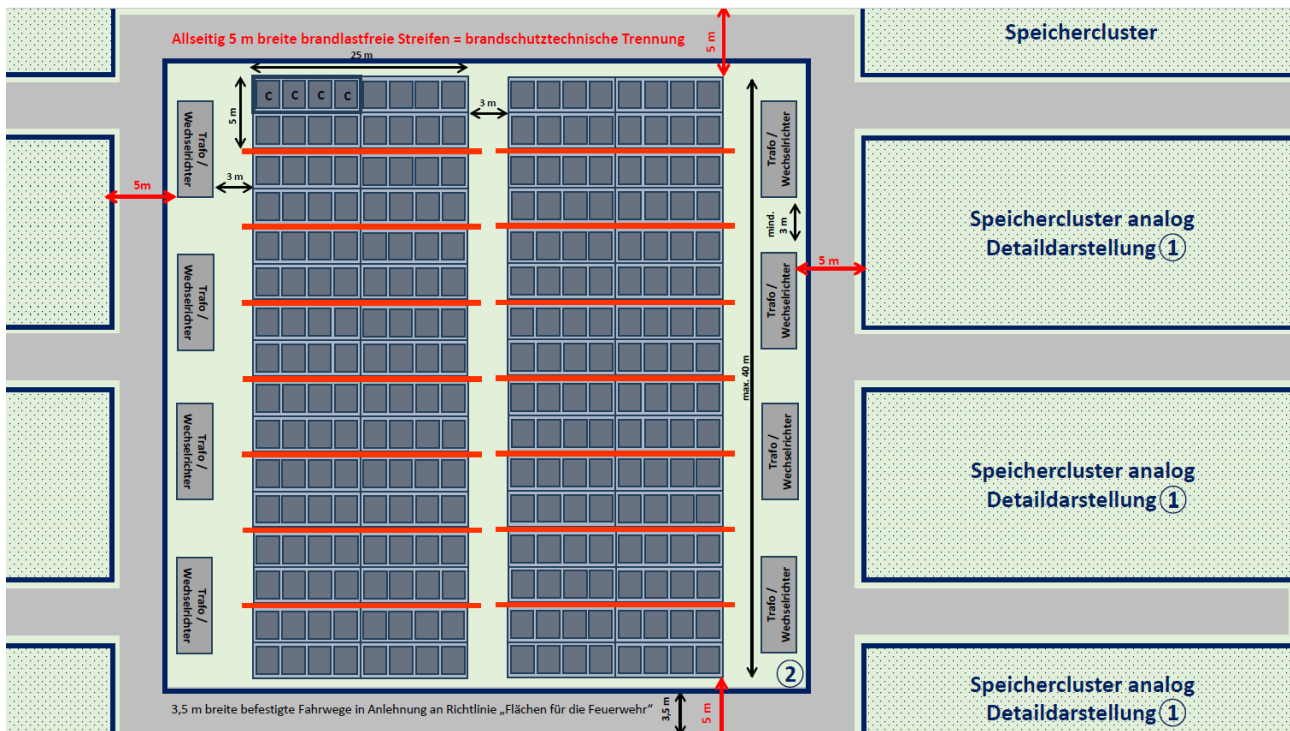


Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung der Mindestabstände

Die in den Grafiken dargestellten mindestens 3,5 m breiten Fahrwege sind bzgl. der Belastbarkeit, den Abmessungen und den erforderlichen Kurvenradien in Anlehnung an die DIN 14090 / Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr auszubilden.



Die Abstände können durch geeignete bauliche Maßnahmen (nichtbrennbar massiv, z.B. mittels sog. Betonstapelsteinen oder mittels zugelassener mobiler Wandsysteme) oder dem Vorliegen entsprechender Realbrandversuche (z.B. sog. "Large Scale Fire Test") in einvernehmlicher Abstimmung mit der zuständigen Brandschutzdienststelle und dem Sachversicherer ggf. reduziert werden, wenn eine Brandausbreitung / Brandweiterleitung von Container zu Container / von Cube zu Cube ausgeschlossen werden kann bzw. über einen hinreichend langen Zeitraum nicht zu erwarten ist. Falls die Abstände

beispielsweise durch Betonstapelsteine oder zugelassene mobile Wandsysteme (jeweils nichtbrennbar massiv) verringert werden sollen, sind die Wände mindestens 0,5 m über die Oberkante der Batteriespeicher sowie in der Länge der Batteriespeicher jeweils mindestens 0,5 m „vor“ und „hinter“ den betreffenden Batteriespeicher zu führen (vgl. nachfolgende Skizze). Durch die „Überdachführung“ bzw. die vorstehenden Wandscheiben kann eine Brandausbreitung durch bauliche Maßnahmen ausreichend lange verhindert werden.

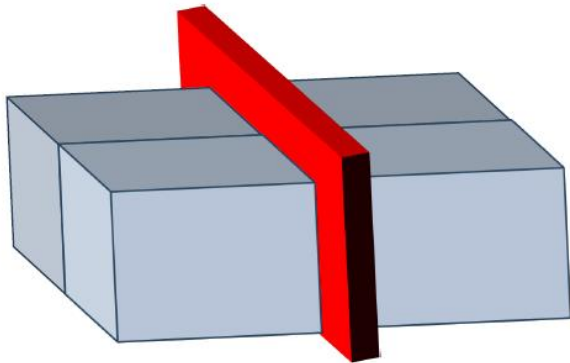


Abbildung 17: Überdachführung

Eine Nachweisführung mittels Brandsimulationen erscheint aufgrund eines dynamischen und grundsätzlich individuell zu erwartendes Brandverhaltens / Brandverlaufs (abhängig vom Zelltyp, von der Zellchemie, vom Ladezustand und vom Aufbau (Modul bis Gesamtanlage) der eingesetzten Lithium-Ionen-Batterien) im Bereich von Lithium-Ionen-Großspeichern nicht geeignet.

	Lithium-Ionen-Großspeicher (BESS) - Freiflächenaufstellung		
	kleine Anlagen	mittlere Anlagen	große Anlagen
	bis	ab bis	ab
Abmessung	bis 40-Fuß-Container (12,19 m lang; 2,44 m breit)	ab 40-Fuß-Container (12,19 m lang; 2,44 m breit) bis zu vier 40-Fuß-Container (ca. 25 m lang; 5 m breit)	bei mehr als vier 40-Fuß-Container (ca. 25 m lang; 5 m breit)
Gesamtfläche aller Speicher	bis 30 m ²	mehr als 30 m ² bis 125 m ²	mehr als 125 m ²
Abstand zwischen den Speichieranordnungen	Nicht relevant, da ausschließlich Einzelaufstellung als kleine Anlage!	Nicht relevant, da ausschließlich Einzelaufstellung als mittlere Anlage!	mindestens 3 m Abstand zu nächster "Vierer-Gruppierung" bzw. mindestens 5 m Abstand zu nächstem Speichercluster
Abstand zu anderen baul. Anlagen / Gebäuden / weiteren Brandlasten	mindestens 3 m Abstand	mindestens 5 m Abstand	mindestens 10 m Abstand
Druckentlastung	Zwingend erforderlich (nach oben ins Freie bzw. von Gebäuden etc. abgewandt)!	Zwingend erforderlich (nach oben ins Freie bzw. von Gebäuden etc. abgewandt)!	Zwingend erforderlich (nach oben ins Freie bzw. von Gebäuden etc. abgewandt)!
Nachweis Löschwasserversorgung	/	mindestens 48 m ³ /h über einen Zeitraum von zwei Stunden	mindestens 48 m ³ /h über einen Zeitraum von zwei Stunden
Löschwasserrückhaltung	/	/	Erfordernis ist zu prüfen!

Anmerkungen

Zu „Abmessungen“:

Die Maße der 40-Fuß-Container dienen lediglich als Orientierung. Auf den entsprechenden Aufstellflächen können neben 40-Fuß-Containern auch andersgeartete Speichereinheiten etc. (bspw. mit „C“ dargestellt) platziert werden.

Zu „Abstände“:

Die Abstände können durch geeignete bauliche Maßnahmen (z. B. feuerbeständige Trennwände mittels zugelassener mobiler Wandsysteme) oder dem Vorliegen entsprechender Realbrandversuche (z. B. sog. „Large Scale Fire Test“) in einvernehmlicher Abstimmung mit der zuständigen Brandschutzdienststelle und dem Sachversicherer ggf. reduziert werden. Von den genannten Abständen sind weitere konkretisierende Regularien (z. B. MIndBauRL; TRGS; Sachversicherer; etc.) unbenommen und somit primär zu beachten und umzusetzen! Die in der Tabelle beschriebenen Abstände werden in den entsprechenden Grafiken anschaulich verdeutlicht. Die genannten Abstandsregelungen zu anderen baul.

Anlagen / Gebäuden / weiteren Brandlasten gelten nicht für weitere Lithium-Ionen-Batteriespeicher innerhalb des selben flächigen Speicherparks (vgl. vorangegangene Grafiken).

Zu „Löschwasserversorgung“:

Bei „mittleren“ und „großen“ Anlagen ist analog den Fachempfehlungen „Brandschutz in Umspannwerken und vergleichbaren abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten“ sowie „Anforderungen an die Löschwasserversorgung im Objektschutz“ eine Mindestlöschwasserrate von 800 l/min über einen Zeitraum von zwei Stunden (mindestens 48 m³/h über einen Zeitraum von zwei Stunden; in Summe mindestens 96 m³ Löschwasser) erforderlich.

Zu „Löschwasserrückhaltung“:

Derzeit gibt es keine bauordnungsrechtlichen Vorgaben zu dem Erfordernis einer Löschwasserrückhaltung. Bei „kleinen“ und „mittleren“ Speichieranlagen erscheint eine Löschwasserrückhaltung – aufgrund Erfahrungen aus dem Einsatzdienst sowie Vergleiche mit anderen Brandfällen – entbehrlich. Bei „großen“ Speichieranlagen sowie bei besonderen Standorten (z. B. im Bereich von Wasserschutzgebieten) sind die erforderlichen Maßnahmen zur Löschwasserrückhaltung mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen. Hierzu ist seitens des Anlagenerrichters und des Betreibers eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen, die neben den Aufstellbedingungen auch eine evtl. vorhandene Anlagentechnik (z.B. geeignete / wirksame selbsttätige Löschanlage) sowie ggf. Erkenntnisse aus durchgeführten Realbrandversuchen (z.B. sog. „Large Scale Fire Test“) berücksichtigt.

Abbildung 18: Tabellarische Übersicht verschieden skaliert Lithium-Ionen-Großspeicher (BESS) – Freiflächenaufstellung

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. 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.

Denkbar ist entsprechende Batteriespeicher im begründeten Einzelfall (unter anderem abhängig von der Aufstellbedingung und der Umgebung) aus brandschutztechnischer Sicht gem. § 2 Abs. 4 Nr. 19 (u. a. wegen der möglichen Bildung explosionsfähiger Atmosphären beim Austreten von Elektrolytbestandteilen aus den Lithium-Ionen-Zellen bzw. beim "Ausgasen" der Zellen sowie dem zu erwartenden Brandverlauf beim thermischen Durchgehen von Lithium-Ionen-Zellen) und Nr. 20 (u. a. wegen den möglichen elektrischen Gefahren) MBO als Sonderbau einzustufen.

Zur brandschutztechnischen Bewertung des Bauvorhabens ist im Rahmen des Genehmigungsverfahrens in der Regel ein Brandschutznachweis gem. § 11 MBauVorIV notwendig.

Da Speicherarks im Freien häufig in unmittelbarer Nähe zu Photovoltaik-Freiflächenanlagen sowie in der Nähe von Umspannwerken errichtet werden, sind neben der vorliegenden Fachempfehlung im Bedarfsfall ergänzend die Fachempfehlung „2023-04 Umgang mit Photovoltaik-Anlagen“ sowie „2024-03 Brandschutz in Umspannwerken und vergleichbaren abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten“ zu beachten und umzusetzen. Die Errichtung von Batteriespeicher unter Hochspannungsleitungen ist aufgrund des möglichen Abreißen der Leitungen durch Brandeinwirkung in der Regel nicht möglich (vgl. Fachempfehlung "2019-02 Bauen unter Hochspannungsfreileitungen").

Falls Energiespeicher in Garagen (außerhalb von Fahrzeugen) errichtet und betrieben werden sollen, sind diese in der Regel feuerbeständig vom übrigen Garagenraum abzutrennen (vgl. § 20 Abs. 1 Satz 3 M-GarVO). Das offene Verlegen von Hoch- und Mittelspannungsleitungen (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 (vgl. § 20 Abs. 2 Satz 2 M-GarVO).

Solange die Anlage im Normalbetrieb (bestimmungsgemäßen Betrieb) innerhalb der Auslegungsparameter betrieben wird, ist nicht mit vorzeitigen alterungsbedingten Schäden und der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (z.B. durch 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 Verpuffung oder 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 das Dach ins Freie zu führen. Dabei muss die raumabschließende Funktion der Umfassungswände mit Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit auch beim Druckanstieg gewährleistet bleiben. Weitere Hinweise zum Explosionsschutz siehe Kapitel 2.3.

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 zu geben, ist eine Kennzeichnung nach VDE-AR-E 2510-2, Anhang C erforderlich (siehe Anhang C – Kennzeichnung im vorliegenden Dokument). 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.

Erfolgt die Löschwasserversorgung nicht über das öffentliche Trinkwasser-/Hydrantennetz, sondern über einen Löschwasserbehälter nach DIN 14230 oder andere Einrichtungen (z.B. Löschwasserbrunnen nach DIN 14220 o.ä.), sind die normkonformen Entnahmestellen sowie die zugehörigen Flächen für die Feuerwehr (nach Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr) im Rahmen des Genehmigungsprozesses mit der für den Brandschutz zuständigen Dienststelle einvernehmlich abzustimmen. Bei kleinen Speichieranlagen mit geringer flächiger Ausdehnung sowie ggü. mittleren und großen Anlagen geringerer Speicherkapazität / Leistung kann im Außenbereich im Bedarfsfall auf eine gesonderte Löschwasservorhaltung verzichtet werden. Dies kann beispielsweise im Bereich von PV-Freiflächenanlagen für die Errichtung kleiner Speichieranlagen zutreffen. Für mittlere und große Speichieranlagen ist zur Ermöglichung wirksamer Maßnahmen zur Verhinderung einer Brandausbreitung eine Mindestlöschwasserrate von 800 l/min (48 m³/h) über einen Zeitraum von zwei Stunden (in Summe 96 m³ Löschwasser) nachzuweisen (vgl. Matrix „Lithium-Ionen-Großspeicher (BESS) – Freiflächenaufstellung“).

Seitens des anlagentechnischen Brandschutzes sind zusätzliche, über die bauordnungsrechtlichen Anforderungen hinausgehende 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 5.3 und zu Brandbekämpfungseinrichtungen Kapitel 5.5.

Derzeit gibt es keine bauordnungsrechtlichen Vorgaben zu dem Erfordernis einer Löschwasserrückhaltung. Bei kleinen und mittleren Speichieranlagen erscheint eine Löschwasserrückhaltung – aufgrund Erfahrungen aus dem Einsatzdienst sowie Vergleiche mit anderen Brandfällen – entbehrlich.

Bei großen Speicheranlagen sowie bei besonderen Standorten (z. B. in Bereichen von Wasserschutzgebieten) sind die erforderlichen Maßnahmen mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen. Hierzu ist seitens des Anlagenerrichters und des Betreibers eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen, die neben den Aufstellbedingungen auch eine evtl. vorhandene Anlagentechnik (z.B. geeignete / wirksame selbsttätige Löschanlage) sowie ggf. Erkenntnisse aus durchgeführten Realbrandversuchen (z.B. sog. „Large Scale Fire Test“) berücksichtigt.

Bei der Planung von erforderlichen Löschwasserrückhaltmaßnahmen ist zu berücksichtigen, dass seitens der Feuerwehren keine objektspezifischen Einsatzmaßnahmen zur Löschwasserrückhaltung zugesagt werden können und somit auch nicht Planungsgrundlage sein können.

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.

Wenn Blitzschlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann, sind wirksame Maßnahmen für den Blitzschutz erforderlich (vgl. § 46 MBO). Sollte das Gebäude / die Großspeicheranlage über baurechtlich erforderliche sicherheitstechnische Einrichtungen und Anlagen (z.B. Löschanlagen, Brandmelde- und/oder Alarmierungsanlagen, etc.) verfügen, müssen diese sicherheitstechnischen Einrichtungen und Anlagen vor Schäden durch Blitzschlag (innerer und äußerer Blitzschutz) geschützt werden (vgl. A 2.1.15.2 MVV-TB). Dies kann zur Sicherstellung der Personenrettung und zur Ermöglichung sicherer und wirksamer Löscharbeiten erforderlich werden (vgl. § 14 MBO). Für Speicherparks im Freien ist in der Regel Blitzschutzklasse III ausreichend.

Weitere Hinweise zum Blitzschutz finden sich in der Normenreihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305) – Blitzschutz sowie in der GDV-Publikation zur Schadenverhütung „Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz“ (VdS 2010).

Der Anwendungsbereich des Musters einer Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (M-EltBauV) wurde im Frühjahr 2022 um Energiespeichersysteme erweitert. Die M-EltBauV gilt nicht für freistehende Energiespeicheranlagen außerhalb von Gebäuden, nicht für Speicherparks und nicht für „Heimspeicher“ < 20 kWh Leistung.

Bei der Errichtung von Energiespeicheranlagen innerhalb von Gebäuden (im Geltungsbereich des Leitfadens mit einer Kapazität > 50 kWh) sind Maßnahmen zur Verhinderung der Brandausbreitung erforderlich. Der vorliegende Leitfaden beschreibt hierzu geeignete Maßnahmen (z.B. feuerbeständige Trennwände in Massivbauweise / feuerbeständiger Raumabschluss in Massivbauweise; Öffnungen zur Druckentlastung; gesicherte Zugänglichkeit für die Einsatzkräfte der Feuerwehr).

Durch die Anordnung mehrerer voneinander brandschutztechnisch getrennten Aufstellräumen (feuerbeständiger Raumabschluss in Massivbauweise) mit einer Leistung von jeweils $< 100 \text{ kWh}$ sind hinsichtlich der in der M-EltBauV genannten Löschanlagen Erleichterungen möglich.

Die Schaffung von Öffnungen zur Rauchableitung aus den jeweiligen brandschutztechnisch abgetrennten Aufstellräumen ist bei einer Speicherkapazität / Leistung $> 50 \text{ kWh}$ erforderlich, um wirksame und für die Einsatzkräfte der Feuerwehr sichere Löscharbeiten im Sinne des § 14 MBO zu ermöglichen. Dasselbe gilt für notwendige Maßnahmen zur Druckentlastung, wenngleich diese aus fachlicher Sicht auch bei Speichern geringerer Leistung ($< 50 \text{ kWh}$) vorgesehen werden sollten.

5. ANLAGENTECHNISCHER BRANDSCHUTZ – BRANDMELDE- UND LÖSCHTECHNIK

5.1 METHODEN ZUR AUSWAHL DER BRANDDETEKTION UND DER BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGE

Ergibt die Risikobetrachtung nach Kapitel 3.4 die Notwendigkeit einer Brandbekämpfungsanlage kann die Auswahl einer geeigneten BBA mittels nachfolgender Entscheidungshilfe erfolgen.

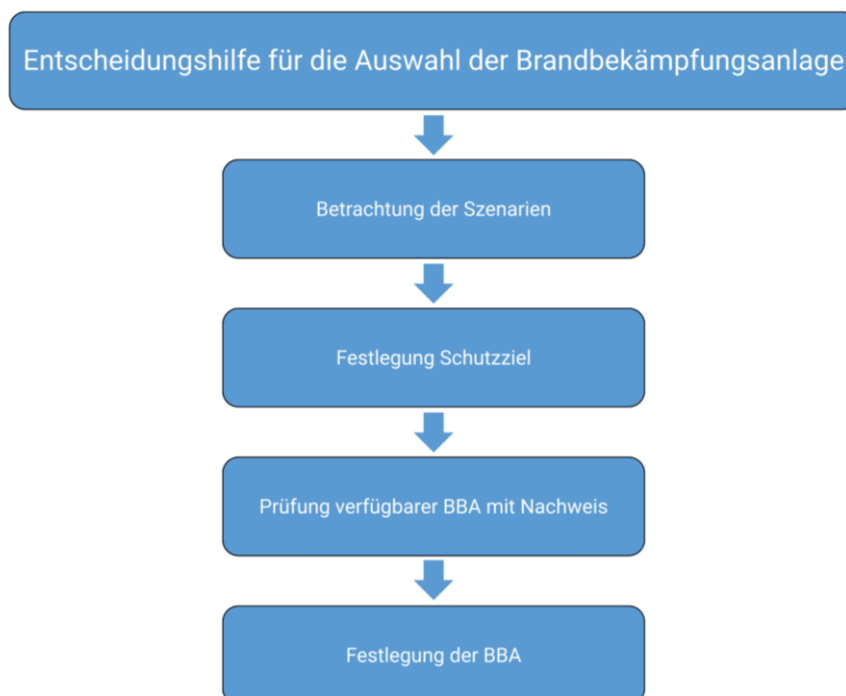


Abbildung 19: Auswahl einer geeigneten BBA

5.2 SZENARIEN UND SCHUTZZIELE

Bei der Planung von Brandbekämpfungsanlagen 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-Batteriespeichersystems (Brand bzw. Thermisches Durchgehen auf „Zellebene“).

Spezifisches Schutzziel: Beim thermischen Durchgehen einer Zelle die **Propagation** auf benachbarte Zellen bzw. weiterer Module verhindern. Ein großflächiger Brand des Systems wird dadurch vermieden; bestenfalls muss die Feuerwehr nicht zur aktiven Brandbekämpfung eingreifen. Die Wirksamkeit des Brandschutzsystems, wie z. B. einer eingesetzten Brandbekämpfungsanlage, ist für den eingesetzten Batterietyp nachzuweisen.

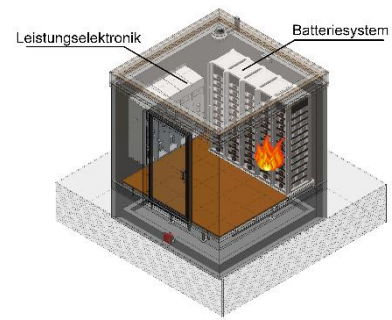


Abbildung 20:
Darstellung Szenario

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 EN IEC 62619, VDE-AR-E 2510-50 oder UL 1973). Die stationären Batteriespeicher müssen die Anforderungen nach EN 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 EN IEC 62619, Kap. 7.3.3, VDE-AR-E 2510-50 Abs. 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6 oder UL 1973 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.

Spezifisches 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.

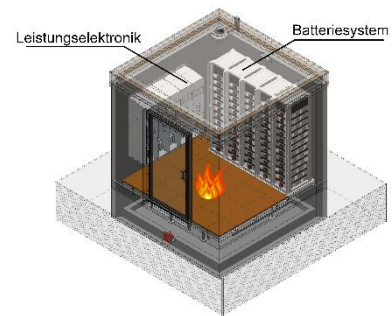


Abbildung 21:
Darstellung Szenario 2

Anmerkung: Zur Erfüllung des Schutzziels ist der optionale Einsatz eines Löschsystems oder anderer Einrichtungen (z. B. Einhausungen) möglich.

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

Spezifisches 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.

Anmerkung: Zur Erfüllung des Schutzziels ist der optionale Einsatz eines Löschsystems oder anderer Einrichtungen (z. B. Einhausungen) möglich.

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 Brandbekämpfungsanlagen.

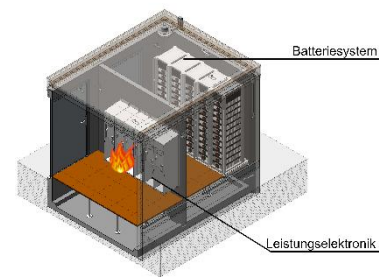


Abbildung 22:
Darstellung Szenario 3

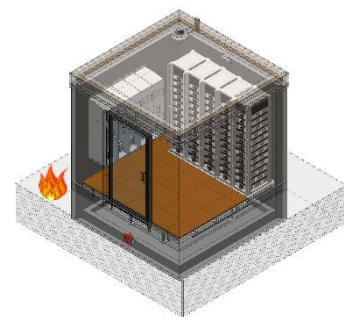


Abbildung 23:
Darstellung Szenario 4

5.3 BRANDERKENNUNG – ANSTEUERUNG VON BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGEN – 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. Die verwendete Technik zur Detektion von Bränden sollte darauf abgestimmt sein. 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.

Resultiert der Brand aus einem internen Batteriefehler, entstehen aufgrund der Erwärmung und verwendeten Materialien Pyrolysegase. Diese Gase können in ihrer Zusammensetzung und Brisanz sehr unterschiedlich sein. Um die sichere Detektion eines entstehenden Brandes zu gewährleisten, muss die Branddetektion auf die zu erwartenden Gegebenheiten abgestimmt sein.

Zeitgleich werden von einer havarierten Batterie aber weitere charakteristische Substanzen wie hochentzündliche Elektrolytgase, Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid 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. Tabelle 3 ist eine Empfehlung. Sie kann jederzeit durch weitere geeignete Systeme erweitert werden.

Die Notwendigkeit der Installation einer Brandmelde- und automatischen Brandbekämpfungsanlage 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. Evakuierung oder Warnung vor Zutritt des Gefahrenbereichs.

2. AUTOMATISCHE NOTABSCHALTUNG DES GROßENERGIESPEICHERS, UM BRÄNDE IN DER ENTSTEHUNG ZU VERHINDERN

Mit einer frühzeitigen automatischen Abschaltung der Batteriespeicheranlage durch das BMS (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 des Energiespeichers ist sinnvoll.

Hinweis: Die Notabschaltung sollte die Funktionalität des BMS nicht beeinträchtigen. Mögliche Abschaltungen sollten in der Brandfallmatrix betrachtet werden.

Die Abschaltung der Kühlung hängt vom gewählten Kühlkonzept und den eingesetzten Brandbekämpfungsanlagen ab.

3. ANSTEUERUNG EINER AUTOMATISCHEN BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGE

Zusätzlich kann bei Bedarf einer erhöhten Anforderung (z. B. Personenschutz, Verfügbarkeit, Umweltschutz) oder gemäß behördlicher Anordnung oder durch Forderung des Sachversicherers eine automatische Brandbekämpfungsanlage angesteuert werden.

Die Ansteuerung automatischer Brandbekämpfungsanlagen muss gemäß DIN VDE 0833-2 in Zweimeldungsabhängigkeit (Typ B) durch Branderkennungselemente erfolgen, die nach EN 54 zugelassen sind. In begründeten Fällen können auch nicht nach EN 54 zugelassene Systeme (BMS, Gasmelder) zur Ansteuerung von Brandbekämpfungsanlagen verwendet werden. Entsprechende Eignungsnachweise sind zu erbringen. (Siehe auch Tabelle 3)

Hinweis: Videobasierte Systeme sind nur als zusätzliche bildgestützte Verifikation verwendbar und damit nicht zur Ansteuerung von automatischen Brandbekämpfungsanlagen empfohlen.

4. ALARMWEITERLEITUNG AN EINE STÄNDIG BESETZTE STELLE

Weiterhin kann bei Bedarf die Brandmeldung auf eine ständig besetzte Stelle weitergeleitet werden.

Hinweis: Bei der Alarmweiterleitung sollten immer auch Personen mit Zugangs- und Schaltberechtigung alarmiert 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 Brandbekämpfungsanlagen
- 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 ASD (Ansaugrauchmelder) empfohlen.

TABELLE 3: ÜBERBLICK ÜBER BRANDKENNGRÖßEN MIT ZUORDNUNG ZUR BRANDART

Brandart	Brandkenngröße								Gas
	Rauch		Wärme				Flammen		
	Optische Rauchmelder EN 54-7	ASD Ansaugrauchmelder EN 54-20	Linienförmiger RM EN 54-12	Wärmemelder EN 54-5	Linienförmige Wärmemelder EN 54-22	Mehrfachsensormelder EN 54-29,-31	UV EN 54-10	IR EN 54-10	Gasmelder **
Flammenbrand Batteriehavarie Kabel Kühlflüssigkeiten	+	+	+	0	0	+	0	0	+
Glimm-/Schwelbrand Kunststoffe Kabel/Leitungen Batteriehavarie	0	+	0	-	-	+	-	-	+
Beginn Batteriehavarie Freisetzung Elektrolyte	-	++	-	-	-	++	-	-	++

Legende: + = gut geeignet 0 = 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)

** Keine normative Anforderung vorhanden

5 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.

5.4 HANDFEUERLÖSCHER

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

Für Großspeicher können aufgrund der geringen Gangbreiten unter Umständen die Mindestabstände entsprechend DIN 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.

5.5 BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGEN

Vorbemerkung:

Da Batteriegroßspeichersysteme im Regelbetrieb autark betrieben werden, befinden sich keine Personen in der Nähe dieser Anlagen, nur während der Wartung sollten sich unterwiesene Personen der Anlage nähern dürfen. Im Fall eines Brandereignisses ist eine Annäherung aus Sicherheitsgründen nur eingeschränkt möglich, und es ist mit einem rasanten Brandverlauf zu rechnen. Aus diesem Grund sind halbstationäre und manuell zu betätigende Brandbekämpfungseinrichtungen nur eingeschränkt einsetzbar bzw. wirksam.

An Standorten, an denen ein Brand des Batteriegroßspeichersystems zu einer Gefährdung von Personen oder der Umgebung führen kann, sowie aus Gründen des Sachwertschutzes kann es erforderlich werden, Brandmelde- und/oder Brandbekämpfungsanlagen zu installieren. Eine Brandmelde- und Brandbekämpfungsanlage soll einen Entstehungsbrand erkennen und löschen oder kontrollieren und damit die Ausbreitung eines Brandes verhindern. Dabei ist zwischen Bränden in der Umgebung des Batteriespeichers (z. B. Leistungselektronik) und Bränden der Batterie selbst zu unterscheiden. (Siehe auch 5.1)

Brennende Zellen lassen sich nicht löschen, eine Brandausbreitung (auf weitere Zellen und/oder Module) lässt sich jedoch durch geeignete Brandbekämpfungsanlagen 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 Brandbekämpfungsanlage, 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.

5.5.1 AUTOMATISCHE BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGEN

Automatische Brandbekämpfungsanlagen erkennen einen Brand und bekämpfen diesen selbsttätig. Die entsprechenden Regelwerke und Normen für Planung und Einbau von automatischen Brandbekämpfungsanlagen sind zu berücksichtigen.

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

5.5.1.1 LÖSCHMITTEL FÜR AUTOMATISCHE BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGEN

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

Durch eine Inertgas-Brandbekämpfungsanlage kann zum Beispiel bei einer sehr frühen Detektion eines Brandereignisses in der Nähe eines Moduls bzw. Zellfehlers das Schadereignis begrenzen und verhindern, dass sich das Feuer bzw. der Fehler auf ein weiteres Modul ausbreitet.

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

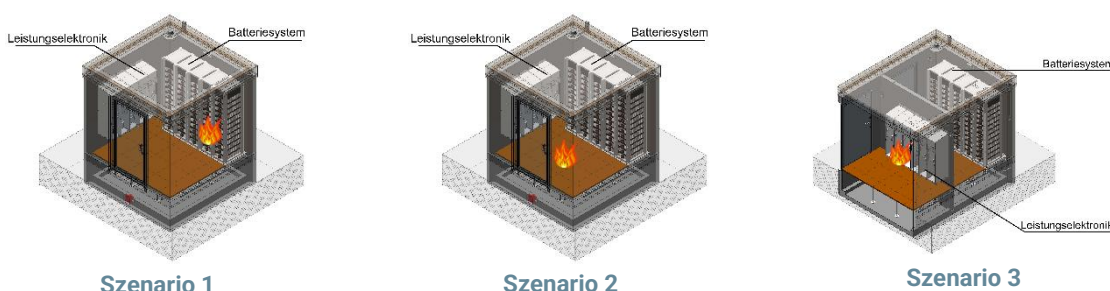


Abbildung 24: Grafische Darstellung der Szenarien 1 bis 3 entsprechend Kap. 5.1; Beschreibungen der Szenarien und Schutzkonzepte siehe Kap. 5.1.

Tabelle 4: Übersicht von Löschmitteln für automatische Brandbekämpfungsanlagen

Die Tabelle 4 gibt eine Übersicht über Brandbekämpfungsanlagen, die in den beschriebenen Schutzbereichen eingesetzt werden können. Die Einschätzung in der Tabelle 4 basiert auf den Erfahrungen der beteiligten Experten und den Eigenschaften der Löschmittel in der Tabelle im Anhang E. Die Nachweise der Eignung sind unter Berücksichtigung der Schutzziele, der Einbaubedingungen, der Batterietypen etc. zu erbringen. Siehe Kapitel 5.5.3

SCHUTZBEREICHE FÜR DIE SZENARIEN 1, 2 UND 3

Löschmittel				Schutzbereiche/Brandlasten								
Typ	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												
- Sprinkler	0	0		-	0			0	0		0	0
- Sprühwasser	0	0		-	0			0	0		0	+
Wassernebel	+	+		+	+			+	+		+	+
Wasser mit Löschmittelzusätzen (Netzmittel)	0	0		0	0			0	0		0	+
Schaummittel-zumischung a)												
- Schwer-/	0	0		-	0			0	0		0	+
- Mittel-/	-	0		-	0			0	0		0	+
- Leichtschaum	-	0		-	0			0	0		0	0
CO ₂ b)	+	+		+	+			+	+		+	+
Inertgase b)	+	+		+	+			+	+		+	+
Sauerstoff-reduzierungsanlage	+	+		+	+			+	+		+	+
FK-5-1-12 c)	-	0		-	0			0	+		0	+
Pulver	-	-		-	-			-	-		-	-
Aerosol d)	+	+		+	+			+	+		+	+

Legende: + = gut geeignet 0 = bedingt geeignet - = nicht geeignet

*** DIE EIGNUNG IST IM EINZELFALL NACHZUWEISEN. SIEHE KAPITEL 5.5.3.**

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 Brandbekämpfungsanlagen wird in der DIN VDE 0132 nicht detailliert geregelt und ist im Rahmen der Fachplanung seitens des Errichters der Brandbekämpfungsanlage 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) 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 Brandbekämpfungsanlage 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 zum 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.

d) Entsprechend 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 Brandbekämpfungsanlage für den Einzelfall notwendig.

5.5.2 HALBSTATIONÄRE BRANDBEKÄMPFUNGSANLAGEN

Erfahrungsgemäß sind halbstationäre Brandbekämpfungsanlagen in Lithium-Ionen-Speichersystemen nur im Einsatzbereich von Werkfeuerwehren wirksam, da nur diese entsprechend kurze Eingreifzeiten gewährleisten können. Halbstationäre Brandbekämpfungsanlagen verfügen über fest in einem zu

schützenden Bereich installierte Rohre und offene Löschdüsen. Im Gegensatz zu stationären Brandbekämpfungsanlagen verfügen halbstationäre Brandbekämpfungsanlagen 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 Brandbekämpfungsanlagen 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 Löschesystem gefahrlos betreten werden kann und
- die bauliche Anlage der statischen Belastung durch das Löschwasser standhält oder das Wasser gerichtet abgeführt und aufgefangen wird.

Halbstationäre Brandbekämpfungsanlagen 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.

5.5.3 BRANDVERSUCHE

Der Nachweis der Wirksamkeit ist durch praxisgerechte Brandversuche mit entsprechenden Wiederholungsversuchen zu erbringen. Der Nachweis der Wirksamkeit muss sich am Schutzziel bzw. dem entsprechenden Szenario orientieren. Darüber hinaus ist das Rackdesign, die Konstruktionsmaterialien, die Batteriespezifikationen und -chemie sowie andere Konstruktionsmerkmale zu berücksichtigen. Die Wirksamkeitsnachweise sind von einer unabhängigen Prüfstelle durchzuführen.

Beispiele für mögliche allgemeine Schutzziele sind:

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

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 Brandbekämpfungsanlage(n) berücksichtigen,

- die für die Brandbekämpfungsanlage(n) ungünstigen Einsatzbedingungen berücksichtigen z. B. u. a. Explosionsschutzmaßnahmen (Siehe Kapitel 2.3.),
- die Anforderungen des Personen- und Sachwertschutzes erfüllen und
- eine Sicherheit zur normalen Auslegung der Brandbekämpfungsanlage(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.

Primäre Ziele der durch die Feuerwehr vorgetragenen Löschmaßnahmen sind die Verhinderung einer weiteren Brandausbreitung auf die Umgebung bzw. auf nicht vom Brand betroffene Batteriespeicher durch die Errichtung von wirksamen Riegelstellungen sowie die Minimierung schädlicher Einflüsse auf die Umwelt.

Das gezielte Ablöschen und Kühlen eines in Brand geratenen Batteriespeichers ist dabei dem kontrollierten Abbrand vorzuziehen, wobei letztere Maßnahme – in Abhängigkeit der Aufstellbedingung sowie der Umgebung – als mögliche Option nach sorgfältigem Abwägen aller Rahmenbedingungen eine praxistaugliche Variante darstellen kann.

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.

Die Vorhaltung von auf dem Markt erhältlichen „speziellen“ Sonderlöschmitteln ist bei den öffentlichen Feuerwehren meist nicht erforderlich. Die Schaffung einer gesonderten Brandklasse für Brände von Lithium-Ionen-Batterien ist aus hiesiger Sicht folglich nicht erforderlich. 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 anderem aufgrund der in den sogenannten Venting-Gasen vorhandenen Kohlenstoffmonoxid- und Wasserstoffbestandteilen 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. Orientierende Ex-Messungen sind durchzuführen. Hierbei ist zu beachten ist, dass beim reinen Ausgasen der Batterien ohne thermische Begleiterscheinungen in Abhängigkeit der Zellchemie auch mit Schwergasverhalten der freigesetzten Stoffe gerechnet werden muss. 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 Gefährgruppe GG II C erforderlich ist.

Falls evtl. Demontearbeiten im Zuge der Gefahrenabwehr an Anlagenbestandteilen vonnöten sind, sind diese ausschließlich durch eine entsprechend unterwiesene und qualifizierte Elektrofachkraft durchzuführen, soweit keine Gefährdung durch potenziell reagierende Zellen vorliegt.

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.
- Im Bedarfsfall ist die zuständige Umweltbehörde (Fachbereich Gewässerschutz) hinzuzuziehen.
- 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, auf Basis der durchgeführten Gefährdungsbeurteilung, 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.

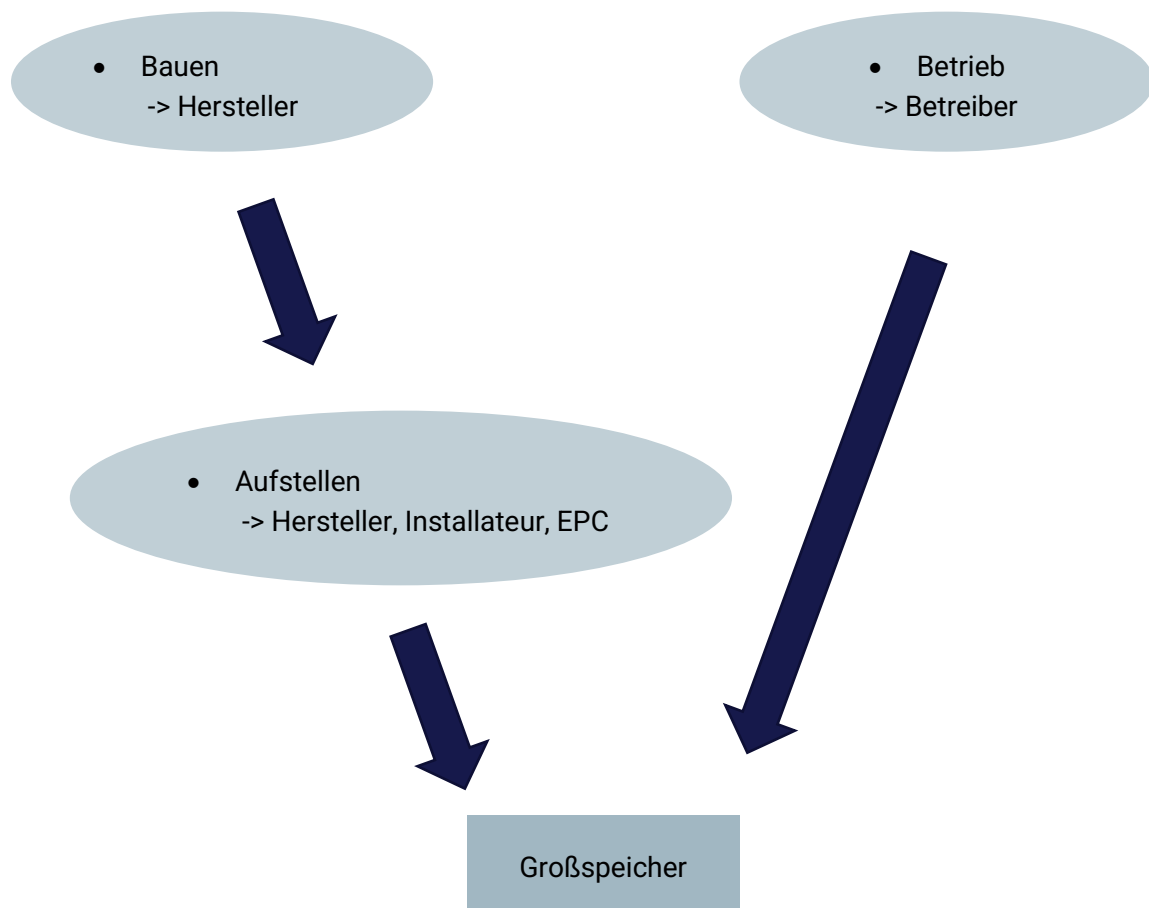


Abbildung 25: Zuständigkeiten

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 akzeptable Restrisiken für den Betreiber in der Bedienungsanleitung beschrieben sind. Der Betreiber hat die Schnittstelle zwischen Aufstellort und Großspeicher zu bewerten.

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:

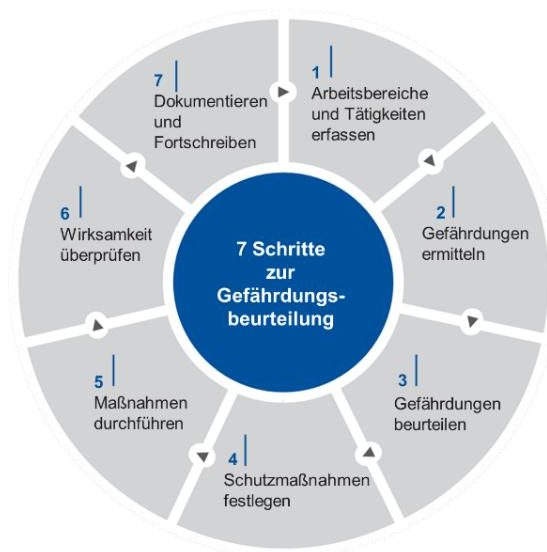


Abbildung 26: 7 Schritte zur Gefährdungsbeurteilung

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

- Montage, Aufbau
- Inbetriebnahme
- 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:
<p>(1) Festlegen von Arbeitsbereichen und Tätigkeiten</p>	<p>Arbeitsbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akku-Bereich, • Steuerungsbereich • Außenbereich • <p>Tätigkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wechsel von Akku Packs, (→ AuS – Arbeiten unter Spannung DGUV Regel 103-111/112) • Überprüfung des Ladezustands • Visuelle Kontrollen • Prüfung Sicherheitstechnik (BMA, Brandbekämpfungsanlage...) • Wartung Klimagerät • Notfallmaßnahmen (Brand und Ex-Schutz) <ul style="list-style-type: none"> ○ Alarmierungsplan- und Evakuierungsplan ○ Flucht- und Rettungsplan ○ Feuerwehrplan • Brandschutzordnung • ... <p>Diese Punkte sind für die jeweilige Betriebsart des Großspeichers zu betrachten!</p>
<p>(2) Ermitteln der Gefährdungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Gefährdungen sind entsprechend der nachfolgend aufgeführten „Übersicht der 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.
<p>(3) Beurteilen der Gefährdungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Gefährdungen sind nach der Häufigkeit des Auftretens und einer möglichen Verletzungsschwere zu beurteilen.
<p>(4) Festlegen konkreter Arbeitsschutzmaßnahmen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konkrete Arbeitsschutzmaßnahmen sind nach dem „STOP-Prinzip“ (Substitution, technische, organisatorische, persönliche Schutzmaßnahmen) festzulegen. <i>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.</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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.

	<ul style="list-style-type: none"> • Schalthandlungen sind festzulegen. Dafür sollte ein Schaltberechtigter qualifiziert und benannt werden.
(5) Durchführung der Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Durch Rücksprache sowie Beobachtung der Mitarbeiter bei der Arbeit ist die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen zu ermitteln.</p> <p>Wenn notwendig und sinnvoll sind die Maßnahmen zur Gewährung des Sicherheitsstandards anzupassen.</p>
(7) Fortschreiben der Maßnahmen	<p>Die festgelegten Maßnahmen sind regelmäßig (→ Empfehlung jährlich!) zu prüfen, um technische Änderungen und neue Erkenntnisse, die den Arbeits- und Gesundheitsschutz betreffen, zu ergänzen.</p> <p>Es empfiehlt sich, dies bei Beinaheunfällen, Arbeitsunfällen, kritischen Situationen, Umbauten an der Anlage etc. durchzuführen.</p>

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

Zur Unterstützung kann der zuständige Unfallversicherungsträger des Unternehmens hinzugezogen werden.

Soweit ein Brandschutzbeauftragter im Unternehmen vorhanden ist, sollte er bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung ebenso wie die Sicherheitsfachkraft eingebunden werden.

Weitergehende Hinweise siehe Anhang B – Gefährdungsfaktoren.

8. ABKÜRZUNGEN UND BEGRIFFSERLÄUTERUNGEN

TABELLE 6: ABKÜRZUNGEN

BESS	Battery Energy Storage System
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMA	Brandmeldeanlage
BMS	Battery Management System
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
e.G.	explosionsfähiges Gemisch
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EMS	Energy Management System
EnWG	Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz)
g.e.A.	gefährliche explosionsfähige Atmosphäre
IR	Infrarot-Melder
KPI	Key-Performance-Indicator
LBO	Landesbauordnung
LFL	Lower Flammable Limit
LFP	Lithium-Eisenphosphat (LiFePO ₄)
MBO	Muster-Bauordnung
NMC	Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid
oRM	optischer Rauchmelder
OEG	Obere Explosionsgrenze
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
RAS	Rauchansaugsystem
TAB	Technische Anschlussbedingungen
TR	Thermal Runaway
UEG	Untere Explosionsgrenze

UFL

Upper Flammable Limit

UV

Ultraviolett-Flammenmelder

Die nachfolgenden Begriffe und Definitionen orientieren sich, soweit möglich, an EN- und IEC-Standards. Auf den entsprechenden Standard wird in bzw. vor der Definition verwiesen.

DEFINITIONEN ENTSPRECHEND EN 14972 SERIE

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 Feuer unterdrücken

Drastische Reduzierung der Wärmefreisetzungsrate und das Verhindern eines erneuten Ausbreitens des Feuers während des Anlagenbetriebs.

DEFINITIONEN NACH EN IEC 62619 AKKUMULATOREN UND BATTERIEN MIT ALKALISCHEN ODER ANDEREN NICHT SÄUREHALTIGEN ELEKTROLYTEN – SICHERHEITSANFORDERUNGEN FÜR LITHIUM-AKKUMULATOREN UND -BATTERIEN FÜR DIE VERWENDUNG IN INDUSTRIELLEN ANWENDUNGEN

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 EN 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 alarmanlösende 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 Ursachen
- Elektrische Einwirkung durch Blitzschlag
- Elektromagnetische Felder, Absorption und Emission
- Gefährdung bei Bedien- und Wartungsvorgängen
 - Bedien- und Wartungspersonal
 - Beschädigungen
- Chemische und biologische Einflüsse (z. B. durch 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:

<p>1. Mechanische Gefährdungen</p> <p>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</p> <p>2. Elektrische Gefährdungen</p> <p>2.1 Elektrischer Schlag 2.2 Lichtbögen 2.3 Elektrostatische Aufladungen 2.4</p> <p>3. Gefahrstoffe</p> <p>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</p> <p>4. Biologische Arbeitsstoffe</p> <p>4.1 Infektionsgefährdung durch pathogene Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Viren, Pilze) 4.2 sensibilisierende und toxische Wirkungen von Mikroorganismen 4.3</p> <p>5. Brand und Explosionsgefährdungen</p> <p>5.1 brennbare Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase 5.2 explosionsfähige Atmosphäre 5.3 Explosivstoffe 5.4</p> <p>6. Thermische Gefährdungen</p> <p>6.1 heiße Medien/Oberflächen 6.2 kalte Medien/Oberflächen 6.3</p>	<p>8. Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen</p> <p>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</p> <p>9. Arbeitsschwere</p> <p>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</p> <p>10. Psychische Faktoren</p> <p>10.1 ungenügend gestaltete Arbeitsaufgabe (z. B. überwiegende Routineaufgaben, Über- und Unterqualifikation) 10.2 ungenügend gestaltete Arbeitsorganisation (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</p>
--	---

<p>7. Gefährdung durch spezielle physikalische Einwirkungen</p> <p>7.1 Lärm</p> <p>7.2 Ultraschall, Infraschall</p> <p>7.3 Ganzkörpervibrationen</p> <p>7.4 Hand-Arm-Vibrationen</p> <p>7.5 nicht ionisierende Strahlung (z. B. infrarote Strahlung (IR), ultraviolette Strahlung (UV), Laserstrahlung)</p> <p>7.6 ionisierende Strahlung (z. B. Röntgenstrahlung, Gammastrahlung, Teilchenstrahlung (Alpha-, Beta- und Neutronenstrahlung))</p> <p>7.7 elektromagnetische Felder</p> <p>7.8 Unter- oder Überdruck</p> <p>7.9</p>	<p>11. Sonstige Gefährdungen</p> <p>11.1 durch Menschen (z. B. Überfall, Amoklauf, unbefugter Zutritt)</p> <p>11.2 durch Tiere (z. B. gebissen, gestochen werden)</p> <p>11.3 durch Pflanzen und pflanzliche Produkte (z. B. sensibilisierende und toxische Wirkungen)</p> <p>11.4</p>
---	---

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
- DGUV Regel 205-041:
Brandschutz beim Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien
- Qualitätsgrundsätze für Gefährdungsbeurteilungen
-

ANHANG C – KENNZEICHNUNG

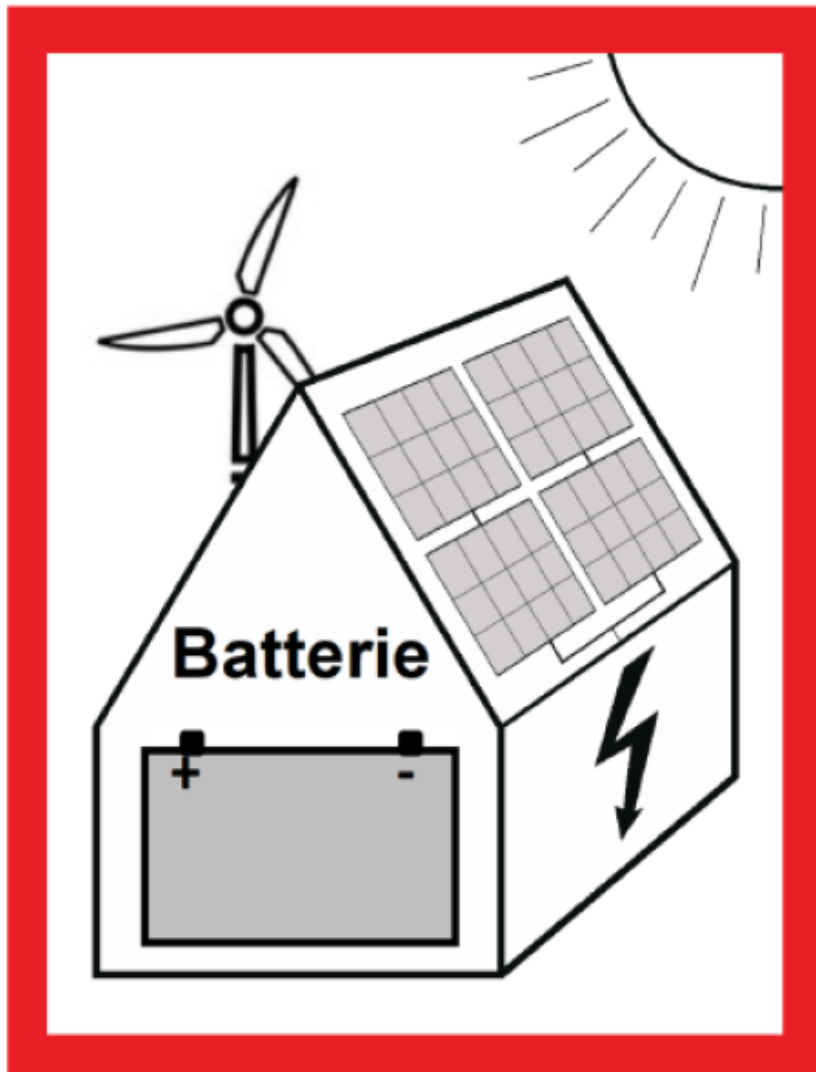


Bild C.1 – Hinweisschild Speichersystem mit Eigenerzeugungsanlage



Bild C.2 – Hinweisschild Speichersystem ohne Eigenerzeugungsanlage

Kennzeichnung von Lithium-Ionen-Großspeichern gemäß VDE-AR-E 2510-2

Abbildung 27: Bild C.2 – Hinweisschild Speichersystem ohne Eigenerzeugungsanlage (VDE-AR-E 2510-2)

ANHANG D – BATTERIEDIAGNOSE-SOFTWARE UND BATTERIE-ANALYTIK BEI LITHIUM-IONEN-GROßSPEICHERSYSTEMEN

Dieser Anhang dient der Darstellung und Einordnung von Batteriediagnose-Software und Batterie-Analytik-Software beim sicheren Betrieb von Lithium-Ionen-Großspeichersystemen.

Batteriediagnose-Software ersetzt grundsätzlich keine Maßnahmen des vorbeugenden oder abwehrenden Brandschutzes, sondern ergänzt diese, indem sie die frühzeitige Erkennung von Anomalien unterstützen kann. Die Basis für einen sicheren Betrieb bildet immer die Einhaltung aller relevanten Vorschriften und Anforderungen, die in den Kapiteln des Sicherheitsleitfadens dargelegt sind. Die Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterie Großspeichern ist als sehr hoch einzustufen, sobald diese Anforderungen und Standards erfüllt sind.

1. Einleitung: Batteriediagnose-Software und -Analytik

Das Ziel von Batteriediagnose-Softwareplattformen ist es, Betreiber und weiteren Interessengruppen, z. B. Versicherern, bei der frühen Erkennung von Anomalien, Optimierung der Leistung, der Maximierung der Lebensdauer und des Gewährleistungsmanagements von Batteriespeichersystemen (BESS) zu unterstützen. Die Batteriediagnose-Software nutzt dazu Daten aus den Batterie- und Energie-Managementsystemen, um auf deren Basis technische Leistungsindikatoren mit Cloud-basierter Rechenleistung zu kalkulieren und damit ergänzende und ggf. prädiktive Einblicke in den Zustand von Batterie-Großspeichern zu liefern, sichtbar zu machen sowie frühzeitig Trends abzuleiten.

2. Anwendungsfälle von Batteriediagnose-Software

Im Folgenden sind mögliche Anwendungsfälle von Batteriediagnose-Software aufgeführt:

- **Anomalie-Erkennung:** Neben der Anomalie- und Fehlererkennung der BMS und EMS bietet Batterie-Analytik eine zusätzliche Ebene zur Identifizierung von Anomalien.
- **Leistungsoptimierung und Lebensdauerverlängerung:** Die Software kann es ermöglichen, die Verfügbarkeit zu verbessern und die Gesundheit und Lebensdauer zu maximieren. Dies beinhaltet Einblicke in schwache Module, Ladungsungleichgewicht und übermäßige Belastungen. Prädiktive Analysen können Hinweise zur Restlebensdauer geben und die Ableitung von Optimierungsempfehlungen erlauben.
- **Qualitätssicherung und Inbetriebnahme:** Die Software kann helfen, Defekte und ungleichmäßige Komponentenqualität frühzeitig zu erkennen, sichtbar zu machen und den Inbetriebnahmeprozess zu optimieren.
- **Gewährleistungsmanagement:** Betreiber können wichtige Gewährleistungs-KPIs (wie Kapazität, Zyklen) überwachen, Gewährleistungsverletzungen erkennen und Ansprüche datenbasiert untermauern.

- Datenbasierte Betriebsführung: Die Umwandlung von BMS- und EMS-Daten in Leistungsindikatoren wie z. B. Ladezustand oder Gesundheitszustand bilden die Basis für Frühindikatoren – und ermöglichen so proaktive Entscheidungen.

3. Implikationen

Die Integration von Batterieanalytik in Energiespeichersysteme bzw. in die etablierten Leitstellen der Betreiber eröffnet Möglichkeiten zur Optimierung von Betrieb und Wirtschaftlichkeit sowie zum Erkennen von Sicherheitsrisiken. Dabei gilt es folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Datenqualität: Die Wirksamkeit der Analysen steigt mit der Verfügbarkeit und Standardisierung der BMS- und EMS-Daten. Die Datenqualität ist bei aktuellen Speicher-Systemen weitgehend ausgereift, jedoch sollten Betreiber frühzeitig (d.h. bereits in den ersten Phasen der Beschaffung) Sorge tragen, dass Daten in entsprechender Güte auch zugänglich gemacht werden.
- Ergänzende Natur: Trotz fortschrittlicher Analysen bleiben die physikalischen und chemischen Eigenschaften erhalten, gleichzeitig wird ihre Wirkung durch zusätzliche Transparenz und Reaktionsfähigkeit gestärkt.
- Mehrwert für Betreiber und viele andere Stakeholder: Die Software bietet Werkzeuge zur Steigerung der Effizienz, zur Optimierung des Gewährleistungsmanagements und zur wirtschaftlichen Bewertung von Lithium-Ionen-Großspeichern.
- Unabhängigkeit der Lösung: Vom Hersteller unabhängige Drittanbieter können eine Ergänzung des allgemeinen Sicherheitskonzepts darstellen.
- Batteriediagnose-Software und -Analytik bieten Werkzeuge zur Verbesserung der Effizienz, Wirtschaftlichkeit und des Gewährleistungsmanagements von Lithium-Ionen-Großspeichersystemen.

Es liegt im Ermessen der Anlagenbetreiber, Versicherer und weiterer relevanter Interessengruppen, Analysesoftware einzusetzen und zu integrieren oder ihren Einsatz zu fordern. Die Software dient dabei als eine zusätzliche Analyse- und Optimierungsebene und ist nicht als Ersatz für die etablierten und obligatorischen Schutzmaßnahmen zu verstehen.

ANHANG E – TABELLE: ÜBERSICHT LÖSCHMITTEL EIGENSCHAFTEN

Löschmittel	Primärer Effekt	Sekundärer Effekt	Aggregatzustand	Elektrisch Leitfähig	Rückstandsfreiheit	Dreidimensionaler Schutz / verdeckte Brandherde	Personenschutz Maßnahmen erforderlich	Umweltaspektm	Planung- / Einbaulinien VdS	Anforderungen an den Raumabschluss(6)	Einfluss von Ventilation mit Zu- und Ablufttechnik (7)	Abschirmung von Wärmestrahlung
Wasser	Kühlung	-	flüssig	ja	nein	nein	nein	natürliches Vor- kommen (8)	ja	gering	gering	gering
Wassernebel	Kühlung	Sauer- stoff- verdrän- gung	flüssig	nein (1)	nein	teilweise	nein	natürliches Vor- kommen (8)	ja	mittel	mittel	mittel
Wasser mit Löschmittel- zusätzen (Netzmittel)	Kühlung	-	flüssig	ja	nein	nein	nein	Wasser- gefähr- dungs- klasse beachten (8)	ja	gering	gering	gering
Schaummittelzumischung												
Schwer- schaum	Kühlung	Sauer- stoff- verdrän- gung	flüssig	ja	nein	nein	nein	Wasser- gefähr- dungs- klasse beachten (8)	ja	gering	gering	gering
Mittel- schaum	Kühlung	Sauer- stoff- verdrän- gung	flüssig	ja	nein	Bei Raum- flutung teil- weise	ja	Wasser- gefähr- dungs- klasse beachten (8)	ja	mittel	mittel	hoch
Leicht- schaum	Sauer- stoff- verdrän- gung	Kühlung	flüssig	ja	nein	Bei Raum- flutung teil- weise	ja	Wasser- gefähr- dungs- klasse beachten (8)	ja	mittel	mittel	hoch

Löschmittel	Primärer Effekt	Sekundärer Effekt	Aggregat-zustand	Elektrisch leitfähig	Rückstandsfreiheit	Dreidimensionaler Schutz / verdeckte Brandherde	Personenschutz Maßnahmen erforderlich	Umweltaspekt	Planung- / Einbaulinien VdS	Anforderungen an den Raumabschluss(6)	Einfluss von Ventilation mit Zu- und Ablufttechnik (7)	Abschirmung von Wärmestrahlung
CO2	Sauerstoffverdrängung	Kühlung	gasförmig	nein	ja	ja	ja	natürliches Vorkommen	ja	mittel	hoch	mittel
Inertgas IG 01 Argon IG 100 Stickstoff IG 55 IG 541	Sauerstoffverdrängung	-	gasförmig	nein	ja	ja	ja (3)	natürliches Vorkommen	ja	hoch	hoch	gering
HFC-227ea	Kühlung	Unterbrechung der Verbrennungsreaktion	gasförmig	nein	ja (2)	ja	ja (3)	Treibhausgas Warnhinweis: Gemäß EU-F-Gase Verordnung Verbot für Neuanlagen ab dem 1.1.2025	ja	hoch	hoch	gering
FK-5-1-12	Kühlung	Unterbrechung der Verbrennungsreaktion	gasförmig	nein	ja (2)	ja	ja (3)	PFAS (5)	ja	hoch	hoch	gering
Pulver	Unterbrechung der Verbrennungsreaktion	-	fest	nein	nein	Bei Raumflutung teilweise	ja	Entsorgungshinweise beachten	nein	mittel	mittel	nein
Aerosol	Unterbrechung der Verbrennungsreaktion	-	fest	nein(1)	nein	ja	ja (4)	Entsorgungshinweise beachten	nein	mittel	hoch	gering

(1) Die Rückstände des Löschmittels auf Oberflächen können elektrisch leitfähig werden.

(2) Zerfallsprodukte bei anhaltend hohen Temperaturen sind zu beachten (siehe Herstellerhinweise).

(3) Abhängig von der Gefährdungsklasse gemäß DGUV Information 205 026.

- (4) Hinweise gemäß DGUV beachten.
- (5) Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen.
- (6) Diese Anforderungen ergeben sich aus der notwendigen Haltezeit und sind den Nachweisen zu entnehmen.
- (7) Umluftventilation ist unkritisch.
- (8) Löschwasserrückhaltung ist zu beachten.

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	Lithium-Ionen-Großspeicher innerhalb eines Gebäudes	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	Freiflächenaufstellung eines Lithium-Ionen-Großspeichers in Container-Bauweise	Kyon Energy Solutions GmbH
9	Überblick über IT-Sicherheitsanforderungen	secAdair GmbH
10 - 13	Schema zur Bewertung der Risikohöhe	Eigene Darstellung
14-18	Abstandsempfehlungen	Branddirektion München, Abteilung Einsatzvorbeugung
17	Überdachführung	Branddirektion München, Abteilung Einsatzvorbeugung
17	Lithium-Ionen-Großspeicher (BESS) - Freiflächenstellung	Branddirektion München, Abteilung Einsatzvorbeugung
19	Auswahl einer geeigneten BBA	VdS Schadenverhütung GmbH
10-23	Darstellung Szenario 1 – Darstellung Szenario 4	Betonbau GmbH & Co KG
24	Grafische Darstellung der Szenarien 1 bis 3 entsprechend Kap. 5.1	Betonbau GmbH & Co KG
25	Zuständigkeiten	DGUV
26	7 Schritte zur Gefährdungsbeurteilung	DGUV
27	Hinweisschilder gem. VDE-AR E 2510-2, Anhang C	VDE

DANKSAGUNG

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

2. Auflage

- Betonbau GmbH & Co KG
- Branddirektion München, Abteilung Einsatzvorbeugung
- BVES Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V.
- 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
- VDE Renewables GmbH

3. Auflage (Überarbeitung)

- Arbeitsgemeinschaft der Leiterinnen und Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland (AGBF Bund), Fachausschuss Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz (FA VB/G)
- ACCURE Battery Intelligence GmbH
- BG Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)
- Branddirektion München, Abteilung Einsatzvorbeugung
- Bosch Sicherheitssysteme GmbH
- BVES Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V.
- bvfa – Bundesverband Technischer Brandschutz e.V.
- Commeo GmbH
- DENIOS SE
- DMT GmbH & Co. KG
- DNV Energy Systems Germany GmbH
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
- Fluence Energy GmbH
- FOGTEC Brandschutz GmbH
- GDV - Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
- Gothaer Allgemeine Versicherung AG
- Honeywell

- Huawei Technologies Deutschland GmbH
- IBB Schmöller Brandschutz
- IBS-Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH
- Kyon Energy Solutions GmbH
- Minimax Viking Research & Development GmbH
- Provinzial Versicherung AG
- REMBE GmbH Safety + Control
- RWE Supply & Trading GmbH
- secAdair GmbH
- Siemens AG
- STIF France
- Tesla Germany GmbH
- TESVOLT AG
- Thomas Timke - Battery Projects
- TWAICE Technologies GmbH
- VBG – Ihre gesetzliche Unfallversicherung
- VdS Schadenverhütung GmbH
- volytica diagnostics GmbH
- WAGNER Fire Safety Consulting GmbH
- Wetrax GmbH