



Merkblatt Nr. 38

Anwendungsbezogene Anforderungen für den Betrieb von stationären Blei- und Lithium-Ionen-Batterien

Ausgabe Mai 2023

ZVEI FV-Batterien

1. Zielsetzung

Stationäre Batterien übernehmen im täglichen Leben unzählige Funktionen im Bereich der Stromversorgung, die in allen Fällen der Sicherheit von Menschen, Fertigungsprozessen oder Datenspeichern dienen. Im Rahmen der fortschreitenden Elektrifizierung kommen dabei nicht nur Blei-Batterien, sondern zunehmend auch Speicher in Lithium-Ionen Technologie zum Einsatz. Das hier formulierte Dokument soll dazu dienen die anwendungsbezogenen Anforderungen für den stationären Betrieb von Blei- und Lithium-Ionen-Batterien für Anwender zu beschreiben.

2. Geltungsbereich

Dieses Dokument gilt für:

- ortsfeste Batterieanlagen
- den Betrieb von Blei- und Lithium-Ionen-Batterien in gemeinsamen oder getrennten Batterieräumen
- Anwender, die beide Technologien betreiben und warten
- Planer von Batterieräumen

3. Anwendungsbezogene Anforderungen

Bei der Betrachtung anwendungsbezogener Anforderungen für den Betrieb von stationären Blei- und Lithium-Ionen Batterieanlagen gibt es systembedingt große Unterschiede. Während eine Bleibatterieanlage in der Regel durch Verschaltung einzelner Batteriezellen oder -blöcke vor Ort zu einer Gesamtanlage kombiniert wird, geschieht dies bei Lithium-Ionen-Batterien, infolge eines erforderlichen Batteriemanagementsystems, bereits beim Hersteller.

Sicherheitsanforderungen wie

- Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile
- Schutz gegen indirektes Berühren aktiver Teile
- Schutz durch automatische Abschaltung
- Schutz durch Betriebsmittel der Schutzklasse II
- Schutz durch elektrische Trennung
- Schutz sowohl gegen direktes als auch indirektes Berühren (Schutzkleinspannung)

müssen bei einer vor Ort Installation eingehalten und ggfs. durch eine CE-Kennzeichnung dokumentiert werden. Im Falle von Lithium-Ionen-Speichersystemen wird dies durch eine Risikobeurteilung, entsprechende Funktionsprüfungen bzw. die Einhaltung der Niederspannungs- und EMV-Richtlinie seitens des Herstellers gewährleistet.

3.1 Anforderungen an den Aufstellungsort

Stationäre Batterieanlagen sind in erster Linie elektrische Betriebsmittel, die bei einem Stromausfall die Versorgung kritischer Infrastrukturelemente sicherstellen. In Abhängigkeit der jeweils eingesetzten Speichertechnologie können sich aufgrund der individuellen Entladeeigenschaften, der Systemspannung, oder auch dem chemischen Aufbau für den Betrieb unterschiedliche Anforderungen an den Aufstellungsort ergeben. Diese beziehen sich auf:

a.) Abschaltung und Trennung der Batterieanlage

Da Lithium-Ionen-Batterien im Vergleich zu Blei-Batterien einen geringeren Innenwiderstand haben, ist ihr Kurzschlussstrom bei gleicher Batteriespannung und Kapazität deutlich höher. Dies muss insbesondere bei der Planung und Projektierung der zugehörigen Abschalteinrichtungen, sowie bei der Vermeidung von Kurzschlüssen und beim Schutz gegen die Auswirkungen des elektrischen Stromes berücksichtigt werden.

b.) Abschaltung und Trennung der Batterieanlage

- Pb-Batterien:
 - i. Belüftung des Batterieraums
 - ii. Abstand zu Zündquellen in unmittelbarer Nähe
 - iii. Austritt von Elektrolyt

- Li-Ionen-Batterien:
 - i. Lademodus
 - ii. Überladung oder Überentladung unter Fehlerbedingungen
 - iii. Austritt von chemischen Substanzen

Während Speichersysteme mit wässrigem Elektrolyten unter Erhaltungs- bzw. Starkladung aufgrund von Wasserelektrolyse zündfähiges Knallgas emittieren und eine Belüftung des Batterieraums, sowie einen Sicherheitsabstand zu möglichen Zündquellen erfordern, ist dies beim Einsatz von Li-Ionen-Batterien nicht notwendig.

Letztere Systeme erfordern allerdings die penible Einhaltung der vom Hersteller spezifizierten Strom-, Spannungs- und Temperaturgrenzen, um eine irreversible Schädigung von Zellen oder der Batterieanlage zu vermeiden. Der Einsatz von Batteriemagementsystemen (BMS) mit zugehöriger Kommunikation zum Batterieladegerät sind zwingend erforderlich und daher heute Stand der Technik. Damit die Sicherheit des Speichersystems auch im Fehlerfall nicht leidet, muss das BMS zudem so beschaffen sein, dass z.B. die Ladespannung bei Gefahr reduziert oder die Batterieanlage bei Über- oder Unterspannung komplett freigeschaltet wird. Gleiches gilt für den Verlust der Kommunikation zwischen BMS und Ladetechnik. Gemäß EN IEC 62485-5 sind die zugehörigen Abschaltvorrichtungen redundant auszulegen oder müssen einer geeigneten SIL (Safety Integrity Level) Ebene entsprechen.

Betreiber von Batterieanlagen kommen in der Regel nicht mit den in den Batteriezellen verwendeten chemischen Substanzen in Kontakt. Eine Ausnahme ergibt sich jedoch bei Beschädigungen der jeweiligen Zellgefäße.

Verdünnte Schwefelsäure aus Blei-Batterien kann bei Kontakt Verätzungen hervorrufen. Elektrolyte in Lithium-Ionen-Batterien neigen zu Hautreizungen. Betroffene Kontaktstellen der Haut oder Augen sind in beiden Fällen umgehend und ausreichend mit Wasser zu spülen und anschließend medizinisch zu behandeln. Zusätzlich können Li-Ionen-Batterien bei Fehlfunktion oder Beschädigung zur Freisetzung gefährlicher Gase bis hin zu Feuer führen; unter diesen Umständen ist eine Evakuierung des Personals aus dem Batterieraum zwingend erforderlich.

c.) Unterbringung und Räumlichkeiten

Sowohl Blei- als auch Lithium-Ionen-Batterien müssen in geschützten Räumlichkeiten untergebracht werden, die in Abhängigkeit der Größe der Anlage ggfs. auch abschließbar auszuführen sind.

Nachfolgende Faktoren sind bei der Auswahl der Räumlichkeiten zu beachten:

- a. Schutz gegen äußere Gefährdungen, z. B. Feuer, Wasser, Stoß, Schwingung, Ungeziefer;
- b. Schutz gegen Gefährdungen, die von der Batterie ausgehen, z.B. hohe Spannung, Explosionsgefahr;
- c. Gefährdungen durch Elektrolyt, Korrosion und Erdschlusswirkungen;
- d. Schutz gegen Zugang durch unbefugtes Personal;
- e. Schutz gegen extreme Umwelteinflüsse, z. B. Temperatur, UV-Strahlung, Feuchte, Luftverschmutzung.

Neben generellen Anforderungen wie der Tragfähigkeit des Bodens, dem normgerechten Aufbau der Batterieanlage oder der technischen Ausführung von Antipaniktüren bei abschließbaren Räumlichkeiten, gibt es zudem auch technologiebedingte Anforderungen zu berücksichtigen.

Diese sind:

- a. Pb-Batterien:
 - i. Entlüftung des Batterieraums in die Atmosphäre außerhalb des Gebäudes
 - ii. Einhaltung von Sicherheitsabständen zu potentiellen Zündquellen
 - iii. Einhaltung des normativen Ableitwiderstands des Fußbodens im Nahbereich der Batterie
 - iv. Elektrolytundurchlässiger Fußboden oder Installation von Elektrolytauffangwannen unterhalb geschlossener Blei-Batterien
 - v. Bei Einbau in Gehäusen muss dieses eine angemessene chemische Widerstandsfähigkeit gegen die korrosive Wirkung des Elektrolyten aufweisen und zudem verhindern, dass ausgelaufener Elektrolyt zu Kurzschlüssen führt.
- b. Li-Ionen-Batterien:
 - i. Schutz vor Brandausbreitung

d.) Arbeiten an oder in der Nähe von Batterien

Für eine Notfalleвакуierung muss jederzeit ein unversperrter Fluchtweg mit einer Mindestbreite von 600 mm (Blei) und 750 mm (Li-Ionen) freigehalten werden.

Ferner dürfen Arbeiten an Batterien (Blei- und Li-Ionen) oder innerhalb des Sicherheitsabstands mit potentiellen Zündquellen (Schleifen, Löten, Schweißen, etc.) nur von geschultem Personal durchgeführt

werden, welches auf die damit verbunden Gefahren hingewiesen wurde. Neben der Überwachung des Funkenflugs ist, insbesondere bei Blei-Batterien mit flüssigem Elektrolyt, vor Beginn der Arbeiten die Batterie vom Ladegerät zu trennen und das potentiell zündfähige Gasgemisch im Kopfbereich der Zellen und Block-Batterien mittels Druckluftstrom, Stickstoff oder einem Edelgas zu entfernen.

Bei Unterbringung von Blei- und Li-Ionen-Batterien im selben Raum sind Vorkehrungen in Übereinstimmung mit den einschlägigen Sicherheitsnormen für alle Systeme zu treffen. Besondere Risiken, die aus dem parallelen Betrieb der Speichersysteme entstehen, sind zu berücksichtigen, z. B. die Korrosion von Komponenten an Lithium-Ionen-Batterien durch emittierte Säureaerosole oder dem Auslaufen von Elektrolyt bei Blei-Batterien.

3.2 Kennzeichnung von Batterieanlagen

Aufgrund des sehr breiten Anwendungsspektrums stationärer Batterieanlagen können sowohl Nennspannung und Energieinhalt als auch die verwendete Elektrochemie individuell sehr unterschiedlich sein. Infolge der hieraus entstehenden Gefahren für den Anwender ist ein Batterieraum mindestens mit den folgenden Warnschildern oder -hinweisen entsprechend der Normenreihe ISO 3864 zu kennzeichnen.

- „Gefährliche Spannung“, bei einer Batteriespannung > 60 V DC;
- Verbotsschild für „Feuer, offene Flammen, Rauchen verboten“;
- Warnschild „Batterie, Batterieraum“, um auf korrosiven Elektrolyten, explosive Gase, gefährliche Spannungen und Ströme hinzuweisen.

Auch muss aus Gründen der Sicherheit und Instandhaltung jede einzelne Zelle, Blockbatterie oder Batteriebaugruppeneinheit leicht und zweifelsfrei durch Anwendung von Zahlen oder/und Buchstaben für Zellen und Batterien identifizierbar sein. Im Fall von Li-Ionen-Batterien kann diese Kennzeichnung alternativ auch auf der obersten Ebene des Speichersystem angebracht werden, wodurch die Kennzeichnung auf der Zelle der Batterie und dem Modul dann nicht mehr erforderlich ist.

Für einen ordnungsgemäßen Aufbau einer Batterieanlage müssen die nachfolgenden Anweisungen mit der Batterie geliefert und in ihrer Nähe angezeigt werden.

- a) Name des Herstellers oder Lieferanten;
- b) Typbezeichnung des Herstellers oder Lieferanten;
- c) Nennspannung der Batterie;
- d) Nennwert oder Bemessungswert der Kapazität der Batterie, einschließlich maßgeblicher Bemessungswerte;
- e) Name des Errichters;
- f) Datum der Inbetriebnahme;
- g) Empfehlungen zu Sicherheit und Anweisungen zu Errichtung, Betrieb und Instandhaltung;
- h) Angaben zur Entsorgung und Wiederverwertung.

Anmerkung: Bei Verwendung von Li-Ionen-Batterien sind lediglich die Angaben e) bis h) erforderlich!

3.3 Betrieb und Wartung

a.) Überlagerter Wechselanteil des Ladestroms

Der Wechselanteil im Ladestrom der Batterie wird durch das Ladegerät bzw. die Last erzeugt, sodass beide elektrischen Glieder bei der Bestimmung des Wechselanteils berücksichtigt werden müssen. Wechselanteile im Ladestrom der Batterien erzeugen Wärme innerhalb der Zellen und müssen daher für eine maximale Lebensdauer so gering wie möglich gehalten werden.

Für Bleibatterien gilt, dass die Gleichstromkomponente des Erhaltungsladestroms jederzeit einen positiven Wert aufweisen und im typischen Bereich von 0,1mA bis 1mA je Ah Bemessungskapazität liegen muss. Als Obergrenze für den Effektivwert des überlagerten Wechselstroms werden gemäß IEC 62485-2 im Erhaltungsladebetrieb 5A/100Ah und im Starkladebetrieb 10A/100Ah empfohlen.

Im Gegensatz hierzu dürfen bei Lithium-Ionen-Batterien die vom Hersteller angegebenen Grenzwerte für Strom und Spannung auch unter Berücksichtigung eines überlagerten Wechselstromanteils nicht überschritten werden.

b.) Ladeverfahren

Ladeverfahren dienen dazu Batterien in einer durch die Anwendung spezifizierten Zeit wiederaufzuladen. Neben einer sogenannten W-Kennlinie (Laden mit Konstantwiderstand), die nur noch in älteren Bleibatteriesystemen Anwendung findet, werden heute vornehmlich moderne Ladeverfahren mit einer Kombination aus Konstantstrom und Konstantspannung für die Wiederaufladung von Blei- und Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt (IU-Kennlinien).

Zur Parametrisierung des Ladegeräts empfiehlt es sich, aufgrund der unterschiedlichen Ausführungen von Blei-Batterien (geschlossen, verschlossen, Elektrolytdichten, etc.) und unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung der Komponenten von Li-Ionen-Batterien, die jeweiligen Herstellerangaben zu beachten.

c.) Entladung

Im Gegensatz zu Blei-Batterien, die ohne ein Batteriemanagementsystem zuverlässig betrieben werden können, ist eine solche Einrichtung für den sicheren Betrieb von Lithium-Ionen-Batterien zwingend erforderlich. Der maximale Entladestrom, als auch die minimale Entladespannung sind zur Vermeidung von Tiefentladung in diesen Speichersystemen generell elektronisch begrenzt. Gleiches gilt auch für das vom Hersteller spezifizierte Temperaturfenster.

d.) Inspektion und Überwachung

Für den Erhalt der Betriebsbereitschaft und aus sicherheitstechnischen Gründen ist eine regelmäßige Inspektion der Batterie und ihrer Betriebsumgebung erforderlich.

Für Blei-Batterien muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Herstellers die Inspektion folgende Kontrollmaßnahmen umfassen:

- Einstellungen der Batteriespannung an den Batterieendpolen;
- Batterietemperatur;
- Erhaltungsladestrom;
- einzelne Zellen- und Blockbatteriespannungen;
- spezifische Dichte und Elektrolytpegel, sofern zutreffend;
- Sauberkeit und Nichtvorhandensein von Elektrolytleckagen;
- Festigkeit oder Drehmoment von Zellen- und Kabelverbindungen, sofern erforderlich;
- Luftstrom der Belüftung.

Für den sicheren Betrieb von Lithium-Ionen-Batterien ist ein sogenanntes Batteriemanagementsystem (BMS), welches alle betriebsrelevanten Parameter überwacht und steuert unabdingbar. Aus diesem Grund beschränken sich die Inspektionsarbeiten bei diesen Speichersystemen in der Regel auf physische Veränderungen. Diese können sein:

- Isolationsfehler
- Elektrolytaustritt (Leckagen)
- Deformationen und aufquellende Gehäuse bei fortgeschrittenem Alter

Zuvor genannte Auffälligkeiten führen generell zur Außerbetriebnahme dieser Speichersysteme!

3.4 Transport und Lagerung

Die Verpackung und der Transport von Blei- und Lithium-Ionen-Batterien werden durch verschiedene nationale und internationale Vorschriften geregelt, die im Einzelfall zu prüfen sind.

Achtung: Für neue, alte, beschädigte und defekte Batterien gelten jeweils spezifische Beförderungsbedingungen.

Weitere Hinweise können dem Merkblatt 5 Transport von Batterien entnommen werden (<https://www.zvei.org/themen/merkblaetter-batteriewissen-kompakt>).

4. Zusammenfassung

Ein Vergleich der Sicherheitsanforderungen von stationären Blei- und Lithium-Ionen-Batterien gemäß IEC^o62485-2 und IEC^o62485-5 zeigt, dass es hinsichtlich der Gefahren, die durch den elektrischen Strom hervorgerufen werden, viele Gemeinsamkeiten gibt. Unterschiede für den Anwender resultieren im Wesentlichen aus den jeweiligen elektrochemischen Systemen und dem Aufbau beider Systeme

- Bleibatterie:
 - Verschaltung von Einzelkomponenten vor Ort zu einem Gesamtsystem
 - Kein Batteriemanagementsystems (BMS) notwendig
- Lithium-Ionen-Batterie:
 - Montage des Speichersystems und Integration des BMS beim Hersteller
 - Bei größeren Einheiten hinsichtlich Kapazität und Spannung ggfs. auch Zusammenfügen mehrerer Speichermodule vor Ort
 - BMS zwingend erforderlich



Herausgeber:
ZVEI e.V.
Verband der Elektro- und Digitalindustrie
Fachverband Batterien
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt

Fon: +49 69 6302-420
www.zvei.org

© ZVEI 2023
Trotz größtmöglicher Sorgfalt kann keine Haftung für
Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernommen werden