



Anwenderleitfaden zur Planung von Batteriegroßspeichern

VDE SPEC 90030 V1.0 (de)

Vorwort

Veröffentlichungsdatum dieser VDE SPEC: 27.04.2026.

Zur vorliegenden VDE SPEC wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Die vorliegende VDE SPEC ging aus dem Projekt „Anforderungen zur Leistungsbewertung gewerblicher und industrieller (G&I) Batteriespeichersysteme (AnLeiBat)“ im Rahmen der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Initiative „WIPANO (Förderkennzeichen 03TN0030A-D)“ hervor.

Diese VDE SPEC wurde nach dem VDE SPEC-Verfahren erarbeitet. Die Erarbeitung von VDE SPEC 90030 erfolgt in einer Projektgruppe und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise.

Diese VDE SPEC ist **nicht** Bestandteil des VDE-Vorschriftenwerks oder des Deutschen Normenwerks. Diese VDE SPEC ist insbesondere auch **keine** Technische Regel im Sinne von § 49 EnWG.

Verfasser dieser VDE SPEC sind:

- Dr. Peter Eckerle, StoREgio GmbH
- Arne Grünewald, VDE Renewables GmbH
- Hubert Uscinowicz, Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme (ISE)
- Uwe Fuchs, BASF Stationary Energy Storage GmbH
- Alexandra Fabricius, DKE

Rückmeldungen können Sie bitte an folgende E-Mail-Adresse senden: spec@vde.com

An dieser Stelle herzlichen Dank an die Teilnehmer der drei Workshops des AnLeiBat-Projektes für ihre wertvollen Beiträge und Anregungen.

Trotz großer Anstrengungen zur Sicherstellung der Korrektheit, Verlässlichkeit und Präzision technischer und nicht-technischer Beschreibungen kann die VDE SPEC-Projektgruppe weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit des Dokuments übernehmen. Die Anwendung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass die VDE SPEC-Projektgruppe für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann. Die Anwendung der vorliegenden VDE SPEC entbindet den Nutzer nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln und geschieht damit auf eigene Gefahr.

Im Zuge der Herstellung und/oder Einführung von Produkten in den Europäischen Binnenmarkt muss der Hersteller eine Risikoanalyse durchführen, um zunächst festzustellen, welche Risiken das Produkt möglicherweise mit sich bringt. Nach Durchführung der Risikoanalyse bewertet er diese Risiken und ergreift gegebenenfalls geeignete Maßnahmen, um die Risiken wirksam zu eliminieren oder zu minimieren (Risikobewertung). Die vorliegende VDE SPEC entbindet den Nutzer nicht von dieser Verantwortung.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. VDE ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Inhalt

Einleitung	1
1 Anwendungsbereich	1
2 Normative Verweisungen	1
3 Begriffe	1
4 Abkürzungen	4
5 Klassifizierung von und Anforderungen an G&I-Speicheranwendungen	5
5.1 Raumtemperaturbatterien	6
5.2 Hochtemperaturbatterien	6
5.3 Redox-Flow Batteriesystem	7
5.4 Performance-Parameter stationärer Energiespeichersysteme	7
6 Systembeschreibung	9
7 Regulierung von Batteriespeichern	10
7.1 Die EU-Batterieverordnung 2023/1542 (BattV)	10
7.1.1 Ausgewählte Anforderungen der BattV im Überblick	10
7.1.2 CE-Kennzeichnung und Konformitätsbewertung	11
7.1.3 Digitaler Batteriepass	11
7.1.4 Management von Abfallströmen	11
7.1.5 Nutzen für Projektleitende	12
7.2 Nationale Regulierung	12
8 Projektphasen und Lebenszyklus eines Batteriespeichersystems	12
8.1 Übersicht	12
8.2 Machbarkeit	13
8.3 Konzeption	15
8.4 Anbietersauswahl	17
8.5 Realisierung	18
9 Wirtschaftliche Betrachtung	22
9.1 Einleitung	22
9.2 Nachhaltigkeit	22
9.3 Technischer Treiber	23
9.4 Beispiel zur wirtschaftlichen Analyse von Anwendungskombinationen	25
Anhang A Übersicht über Normen, Standards und Richtlinien	27
Literaturhinweise	33

Bilder

Bild 1 – Vergleich der Leistungs- und Energiedichten verschiedener Energiespeichertechnologien	5
Bild 2 – Darstellung von Batteriezellen im Verbund eines Batteriepacks	6
Bild 3 – Darstellung von Batteriezellen im Verbund eines Batteriepacks mit Wärmedämmung	6
Bild 4 – Darstellung eines Redox-Flow-Batteriesystems mit seinen Hauptkomponenten	7
Bild 5 – Systembeschreibung des Batterie-Energiespeichersystems	9
Bild 6 – Von der Batterieverordnung abgedeckte Batteriespeicher	10
Bild 7 – Projektphasen	13
Bild 8 – Ziele und Beweggründe für den Einsatz eines Batteriespeichers	22
Bild 9 – Simulation von einer Photovoltaik-Erzeugung und einem G&I-Verbraucher	25
Bild 10 – Simulationsergebnis der Anwendungen Eigenverbrauchsoptimierung und der Lastspitzenkappung als auch in Kombination	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle A.1: Übersicht über Normen, Standards und Leitfäden	27
Tabelle A.2: Übersicht zu laufenden Normungsaktivitäten zum Batteriepass	30
Tabelle A.3: Übersicht zu Richtlinien, Verordnungen und Gesetzen	31

Einleitung

Die deutsche Wirtschaft ist von einer günstigen und stabilen Stromversorgung abhängig. Mit wachsendem Anteil erneuerbarer Energiequellen an der Stromversorgung steigen die Herausforderungen, die damit einhergehenden Fluktuationen in der Energieerzeugung mit den Energiebedarfsprofilen der Verbraucher in Einklang zu bringen. Neben den technischen Anforderungen an die Stabilisierung der Energieversorgung sind hieraus auch Auswirkungen auf die Energie- und Leistungspreise in Form stärkerer und dynamischerer Schwankungen zu erwarten. Energiespeicher werden ein zentrales Element dieses Umbaus sein, da sie sowohl einen technischen als auch wirtschaftlichen Ausgleich dieser Fluktuationen ermöglichen.

Nach einer ersten Welle im bereits recht weit entwickelten Heimspeicherbereich wird auch im Bereich Gewerbe & Industrie (G&I) ein massiver Zubau an Batteriespeichern vorhergesagt. Typische Leistungs- und Kapazitätsbereiche dieser Batteriegroßspeicher liegen um Größenordnungen über denen von Heimspeichern – entsprechend größer sind aber auch die Investitionskosten.

Für eine wirtschaftlich effiziente und effektive Nutzung dieser Systeme ist eine gute Planung entscheidend. Hierin werden zum einen die beabsichtigten Primäranwendungen für eigene betriebliche Zwecke und ggf. mögliche Sekundäranwendungen zur Bereitstellung von Netz- und Systemdienstleistungen zur Sicherung einer stabilen Energieversorgung festgelegt und zum anderen die Auslegung des Speichers darauf abgestimmt.

Nach einer grundsätzlich positiven Entscheidung für eine Speicherinvestition erweisen sich die Erstellung von Spezifikationsunterlagen und Realisierung des Vorhabens als weitere komplexe Herausforderungen, die derzeit in vielen Einzelfällen individuell bearbeitet werden. Dies bedingt sowohl auf Nachfrager- als auch Anbieterseite einen hohen Aufwand mit entsprechenden Kosten.

Diese VDE SPEC stellt einen Anwenderleitfaden zur Planung von Großspeichersystemen dar. Darin enthalten sind wichtige Aspekte, die Projektleitenden bei der Planung und Durchführung von Speicherinvestitionsprojekten unterstützen und so helfen, eine effiziente Abwicklung von Speicherinvestitionsprojekten sicherzustellen.

1 Anwendungsbereich

Diese VDE SPEC beschreibt die typischen Fragestellungen und Anforderungen bei der Planung und Projektierung von Batteriegroßspeichern über den Projektlebenszyklus hinweg mit Fokus auf die anwendungsbezogene Auslegung und Dimensionierung für einen wirtschaftlichen Betrieb. Sie gibt den Projektleitenden einen Überblick über wichtige Aspekte, die bei der Planung und Durchführung von Speicherprojekten zu beachten sind.

Außerdem liefert die VDE SPEC einen Überblick zum derzeitigen Stand verschiedener Großspeicheranwendungen und deren Kombinationsmöglichkeiten sowie über die anzuwendenden Normen und Standards.

Im Anwendungsbereich der VDE SPEC liegen stationäre Energiespeichersysteme mit internem oder externem Speicher und BMS (= Teilgruppen der nach der Batterieverordnung 2023/1542 definierten Kategorie „Industriebatterie“). Hierbei stehen stationäre Energiespeichersysteme für Gewerbe-/Industrie und Großspeicher mit Leistungswerten ab 50 kW im Fokus. Speicher für Privatanwender („Heimspeicher“) werden nicht betrachtet.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

Eine Übersichtsliste mit Normen und Standards ist in Anhang A zu finden.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Plattform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org>

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

Batteriespeichersystem

BESS, en: Battery Energy Storage System

gesamtes System einschließlich der Batterie, der Leistungssteller sowie aller sonstigen für den Betrieb notwendigen Komponenten wie Energiemanagement

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist ein Überbegriff für alle Speichersysteme – egal ob DC-, AC-, PV-Generatorgekoppelte Systemtopologie.

[QUELLE: E DIN VDE V 0510-200, modifiziert]

3.2

Modul

Gruppe von Zellen, die in Reihen- und/oder Parallelschaltung mit oder ohne Schutzeinrichtung und Überwachungsschaltung verbunden sind

[QUELLE: E DIN VDE V 0510-200, modifiziert]

3.3

Batteriesystem

Batterie

BAT

System, das eine oder mehrere Zellen, Module oder Batteriepacks enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System verfügt über eine Batteriemanagementeinheit, die im Fall von Überladung, Überstrom und Überhitzung die Verbindung unterbricht.

[QUELLE: E DIN VDE V 0510-200, modifiziert]

3.4

Batteriemanagementsystem

BMS

elektronisches System, das mit einer Batterie verbunden ist und die für die Gewährleistung der sicheren Betriebsführung der Batterie relevanten Parameter misst (z. B. Strom, Spannung, Temperatur bei Lithium-Ionen Batterien)

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein BMS ist üblicherweise auf Modulebene verbaut. Die Art der zu überwachenden Parameter und ob diese für jede Einzelzelle im Modul oder nur auf Modulebene gemessen werden, bestimmt sich nach der Batterietechnologie.

Anmerkung 2 zum Begriff: Verlassen die Parameter den zulässigen Betriebsbereich, übernimmt das BMS die Abschaltung der betroffenen Zellen/Module. Je nach Schwere des aufgetretenen Fehlerfalls verhindert das BMS dauerhaft eine Wiederinbetriebnahme. Neben sicherheitskritischen Parametern kann ein BMS ergänzende Daten erheben, die für eine Optimierung oder Prognose der Lebensdauer der Batterie relevant sein können.

[QUELLE: E DIN VDE V 0510-200, modifiziert]

3.5

Entladetiefe

DOD, en: Depth of Discharge

Prozentsatz der nutzbaren Energie der Batterie im Verhältnis zur nominalen Energie

Anmerkung 1 zum Begriff: Der DOD kann durch die Batterie, das System bzw. den Wechselrichter eingeschränkt werden. Der DOD des Gesamtsystems wird durch die Komponente mit der geringsten DOD-Einstellung definiert.

[QUELLE: E DIN VDE V 0510-200, modifiziert]

3.6

Kapazität

<von Zellen und Batterien> Menge der elektrischen Ladung, die eine Zelle oder Batterie unter festgelegten Entladebedingungen abgeben kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die SI-Einheit für die elektrische Ladung oder die Elektrizitätsmenge ist Coulomb (1 C = 1 As), in der Praxis wird die Kapazität aber üblicherweise in Amperestunden (Ah) oder Kilowattstunden ausgedrückt.

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-03-14, modifiziert]

3.7

Ladezustand

SOC, en: State of Charge

vom Speichersystem bzw. BMS ermittelter und gegebenenfalls visualisierter Ladezustand der Batterie (Display, Webportal etc. des Speichersystems) in Prozent

Anmerkung 1 zum Begriff: Idealerweise kann der SOC über ein Kommunikationsprotokoll ausgelesen und aufgezeichnet werden.

[QUELLE: E DIN VDE V 0510-200, modifiziert]

3.8

C-Rate

Größe des Lade- und Entladestroms unabhängig von der Kapazität der Zellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bezeichnung C-Rate steht für die jeweiligen Ströme, die als Bruchteil bzw. Vielfaches der seitens des Herstellers angegebenen Nennkapazität aufgeführt werden. Der Kehrwert der C-Rate gibt demnach die Anzahl an Stunden zum Laden bzw. Entladen an. Je höher die C-Rate, desto höher ist der Strom und desto schneller ist die Batterie vollständig geladen.

[QUELLE: Kompendium: Li-Ionen-Batterien, VDE, modifiziert]

3.9

Leistungsfähigkeit

en: Power capability

Fähigkeit, die enthaltene Energie pro Zeiteinheit abzugeben bzw. aufzunehmen; wird in C-Raten angegeben: (1C = 1A / Ah = h⁻¹)

3.10

Leistungsrampe

zeitliche Änderungsrate der abgegebenen oder aufgenommenen elektrischen Leistung eines Batteriespeichers, die die Geschwindigkeit beschreibt, mit der eine vorgegebene Leistungsänderung umgesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine flache Rampe führt zu einer langsamen Anpassung der Leistung, während eine steile Rampe eine schnelle Leistungsänderung ermöglicht. Wichtig ist dies besonders für die Momentanreserve, in der im Millisekundenbereich hohe Leistungen abgerufen werden.

3.11

Reaktionsgeschwindigkeit

<eines Batterie-Energiespeichersystems> Fähigkeit, vorgegebene Leistungswechsel durchzuführen, die innerhalb des gewünschten Regelfensters erfolgen sollen

Anmerkung 1 zum Begriff: Während der Phase eines Leistungswechsels müssen Stabilität, Schnelligkeit und Genauigkeit innerhalb dieses Fensters gewährleistet sein.

4 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
AC	Wechselstrom (en: Alternating Current)
BattV	Batterieverordnung (EU) 2023/1542
BMS	Batteriemanagementsystem
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CE	Europäische Konformität (fr: Conformité Européenne)
DC	Gleichstrom (en: Direct Current)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DOD	Entladetiefe (en: depth of discharge)
EnWG	Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz)
G&I	Gewerbe und Industrie
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission (englisch <i>International Electrotechnical Commission</i>)
ISO	Internationale Organisation für Normung
LCOE	Stromentstehungskosten (en: Levelized Cost of Energy)
LCOS	en: Levelized Cost of Electricity Storage Technologies, de: gewichtete Speicherkosten
NPV	Kapitalwert (en: Net Present Value)
PV	Photovoltaik
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V.

5 Klassifizierung von und Anforderungen an G&I-Speicheranwendungen

Gewerbe- und Industriespeicher haben eine entscheidende Rolle in der aktuellen Energiewirtschaft, da sie eine effiziente Energienutzung ermöglichen und gleichzeitig einen Beitrag zur Stabilisierung der Stromnetze leisten.

Mit einem Energiespeicherprojekt eröffnen sich damit vielseitige Möglichkeiten, um Energiekosten zu senken und die Stromversorgung von Anlagen oder Betrieben zu optimieren. Zudem kann ein technisches Problem oder eine technische Notwendigkeit bestehen, in einen Batteriespeicher zu investieren, um in Zukunft höhere Investitionskosten zu vermeiden. Die Kombination von G&I-Speichern und erneuerbaren Energien entfalten zudem hohe Einsparpotenziale, die im Abschnitt 9 näher erläutert werden.

Energiespeicher können nach der physischen Form der gespeicherten Energien kategorisiert werden. Die Aufteilung erfolgt in folgende Energieformen:

- Elektrochemische Speicher,
- Elektrische Speicher,
- Chemische Speicher,
- Mechanische Speicher,
- Thermische Speicher [1].

Der Leitfaden konzentriert sich auf die elektrochemischen Speicher, die in Bild 1 dargestellt sind. Es wird deutlich, welche Energieformen durch welche Speicher abgedeckt werden und welche Dimensionen die Speicher hierbei erreichen.

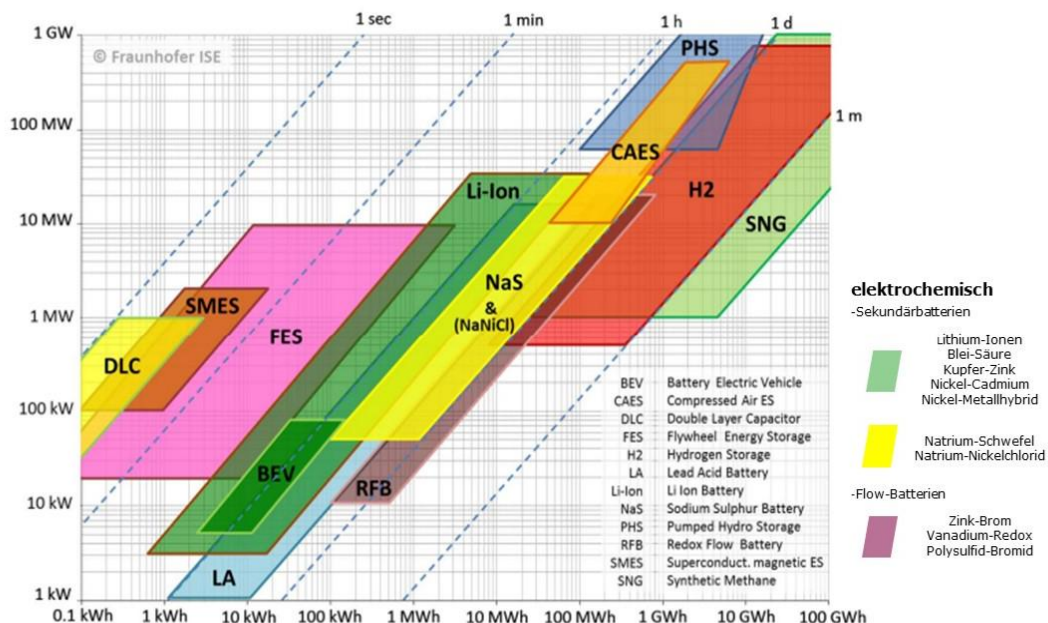


Bild 1 – Vergleich der Leistungs- und Energiedichten verschiedener Energiespeichertechnologien

Es ist möglich, dass Batteriesysteme, die nicht in der Systembeschreibung aufgeführt sind, in bestimmten Anwendungsszenarien dennoch zum Einsatz kommen können (für eine Übersicht zu verschiedenen Batterietechnologien vgl. dazu beispielsweise [9]). Der Leitfaden schließt keine anderen Technologien aus, sondern legt den Schwerpunkt auf die weit verbreiteten Technologien der G&I-Speicher.

Die Systembeschreibung (siehe Bild 5) bildet drei Gruppen von elektrochemischen Speichern ab. Diese weisen unterschiedliche Eigenschaften auf, die im Folgenden erläutert werden.

5.1 Raumtemperaturbatterien

Raumtemperaturbatterien werden in einem engen Betriebstemperaturfenster von ca. 20-40°C betrieben. Daher ist es die Aufgabe des Batteriemanagementsystems (BMS), die Temperatur innerhalb dieses Betriebsfensters aufrechtzuerhalten und gegebenenfalls abhängig von den Umgebungstemperaturen und der Belastung der Batteriezellen zu regulieren, indem die Batteriezellen gekühlt oder aufgeheizt werden [3]. Das BMS ist bei lithiumionenbasierten Systemen aus Sicherheitsgründen erforderlich; bei anderen Systemen, z.B. Blei, ist dies nicht immer notwendig.

Das BMS übernimmt sowohl einige Schutzfunktionen als auch Zellüberwachung und Zellspannungsbalancierung der in Reihe geschalteten Zellen (siehe Bild 2). Je nach verwendeter Batterietechnologie unterscheiden sich die Batteriemanagementsysteme in Bezug auf ihre Funktionen und Parameter, da unterschiedliche Zellchemien und Konfigurationen verwendet werden können [1].

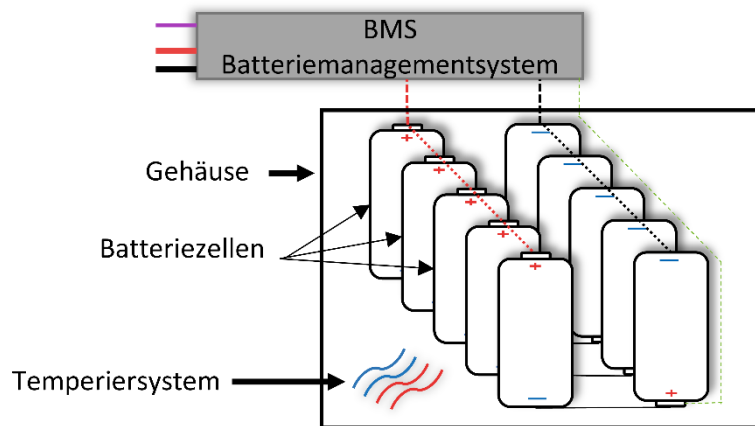


Bild 2 – Darstellung von Batteriezellen im Verbund eines Batteriepacks

5.2 Hochtemperaturbatterien

Hochtemperaturbatterien sind Batterien, die für den Betrieb hohe Temperaturen im Bereich von 300°C bis 350°C erfordern (z. B. Natrium-Schwefel-Batterien). Während der Inbetriebsetzung werden die Batterien zunächst mithilfe einer integrierten Heizung auf die Betriebstemperatur aufgeheizt. Während des normalen Betriebs der Hochtemperaturbatterien wird beim exothermen Entladevorgang in der Regel ausreichend Wärme im Inneren der Batteriemodule freigesetzt, um die Temperatur im Betriebsfenster halten zu können. Dies setzt voraus, dass die Batteriemodule thermisch sehr gut isoliert sind und dass deren Wärmemanagement durch ein BMS überwacht und gesteuert wird (Bild 3). Bei Bedarf wird die Batterie geheizt oder gekühlt, um diese im nötigen Betriebsfenster zu betreiben [1][2].

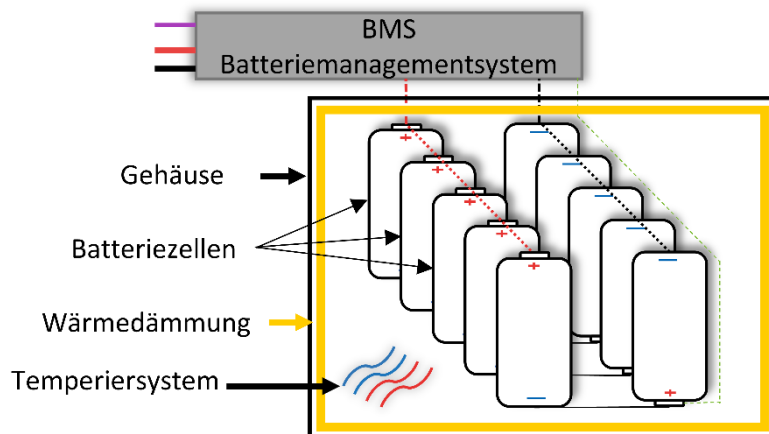


Bild 3 – Darstellung von Batteriezellen im Verbund eines Batteriepacks mit Wärmedämmung

Es muss geprüft werden, ob dieser Batterietyp für eine spezifische ausgewählte Anwendung geeignet ist, da die Hochtemperaturbatterie idealerweise zur Aufrechterhaltung der Betriebstemperatur täglich wiederkehrende Zyklen mit langen Lade- und Entladedauern benötigt. Die Batterie eignet sich daher insbesondere für Anwendungen in Kombination mit Solar-PV Anlagen, die über die gesamte Lebensdauer eine tägliche Zyklisierung erfordern.

5.3 Redox-Flow Batteriesystem

Redox-Flow Batterien fallen gem. Batterieverordnung 2023/1542 als Batterien mit externem Speicher unter die Kategorie der Industriebatterien und sind somit ebenfalls im Anwendungsbereich dieser VDE SPEC. Diese vereinfachte Darstellung eines Redox-Flow-Batteriesystems (Bild 4) veranschaulicht dessen Aufbau und Funktionsprinzip.

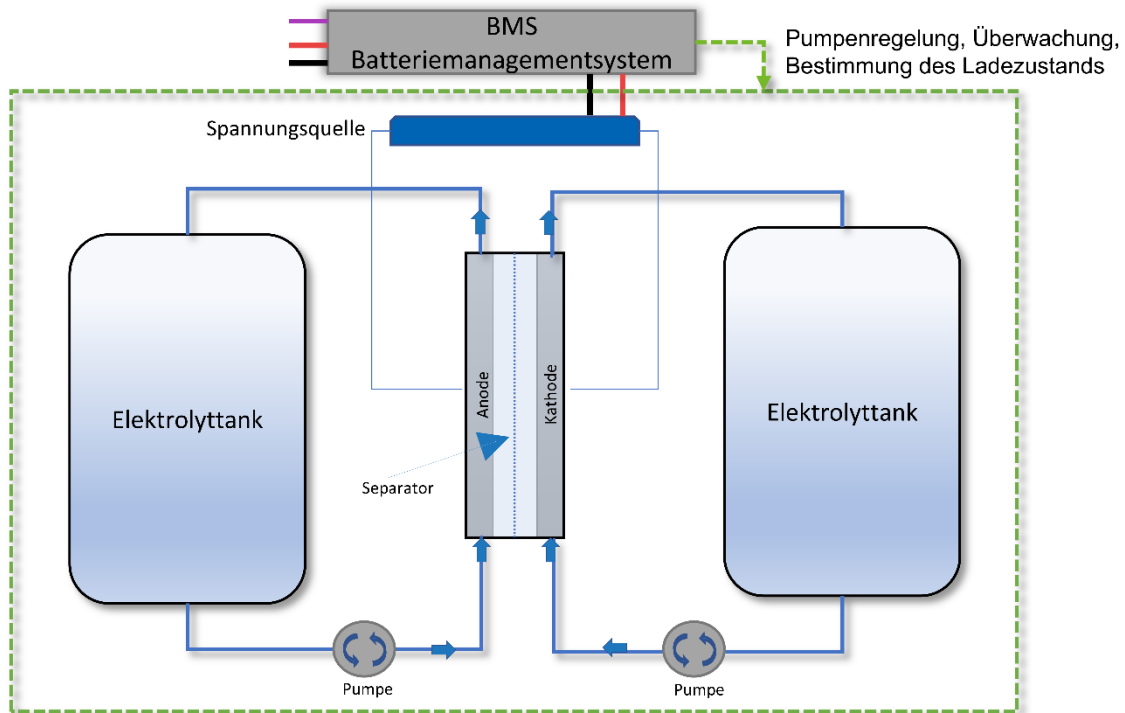


Bild 4 – Darstellung eines Redox-Flow-Batteriesystems mit seinen Hauptkomponenten

Die Elektrolyte werden in zwei getrennten Kreisläufen betrieben. Das Elektrolyt, das in den Elektrolyttanks gespeichert ist, wird mithilfe von Pumpen durch die Halbzelle gepumpt. Der Separator ist zwischen den Halbzellen platziert, dient als Ionentauscher und verhindert, dass eine Vermischung der Elektrolyte stattfindet. Zwischen Anode und Kathode wird Spannung abgegriffen, die wiederum zum Batteriemanagement geführt wird. Auch hier übernimmt das Batteriemanagementsystem elementare Aufgaben, wie die Erhaltung des geeigneten Temperaturniveaus und die Messung von Spannung und Strom.

Zudem werden alle relevanten Mechanismen zum Erhalt der Redox-Flow-Funktionen vom Batteriemanagementsystem gesteuert. Dies können die jeweiligen Pumpen sein, welche die Halbzellen mit dem Elektrolyt versorgen.

Im Gegensatz zu den zuvor genannten Batteriesystemen werden bei den Redox-Flow-Batterien Anode und Kathode physisch vom eigentlichen Speicher getrennt. Es ergibt sich dadurch ein Vorteil, da es möglich ist, den Speicher unabhängig von der Leistung und der Energiemenge zu dimensionieren. Die Leistung wird hierbei durch die Größe von Anode und Kathode bestimmt. Die Energiemenge wird durch die Größe der Elektrolyttanks/Elektrolytmenge festgelegt.

5.4 Performance-Parameter stationärer Energiespeichersysteme

Betrachtet man die aufgezeigten Speicher in der Systembeschreibung, unterscheiden sich diese in der chemischen Zusammensetzung und Funktionsweise. Es sollte verstanden werden, dass stationäre Energiespeichersysteme jeweils Vor- und Nachteile für spezifische Anwendungen aufweisen.

Diese Aspekte sollten in der Auswahl und Entscheidung der Energiespeichersysteme berücksichtigt werden. Folgend werden einige potenzielle Anwendungen aufgezählt (siehe auch [12]):

- Eigenverbrauchsoptimierung,
- Lastspitzenkappung (Peak Shaving),
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV),
- Energiekostenmanagement,
- Spannungsqualität,
- Netzersatzstromversorgung,
- Arbitrage,
- Notstromversorgung,
- Primärregelleistung.

Anwender können anhand charakteristischer Parameter über die Eignung von Energiespeichersystemen für potenzielle Anwendungen entscheiden. Von Stakeholdern genannte Performance-Parameter mit besonderer Bedeutung für die Bewertung sind:

- Leistung (Spitzenleistung und Dauerleistung),
- Kapazität (Installierte Kapazität und nutzbare Kapazität),
- Lebensdauer (Zyklusfestigkeit),
- Leistungsrampe,
- Einschwingzeit.

Diese Parameter werden teilweise auch durch die Batterieverordnung 2023/1542 geregelt. Unter den Anforderungen an die elektrochemische Leistung und Haltbarkeit von Industriebatterien mit einer Kapazität von mehr als 2 kWh sind unter anderem folgende Parameter beschrieben:

- Bemessungskapazität und Kapazitätsverlust,
- Leistung und Leistungsverlust,
- Voraussichtliche Lebensdauer der Batterie unter den Referenzbedingungen, für die sie im Hinblick auf Ladezyklen und Kalenderjahre konzipiert ist,
- Angaben zu angewandten Lade- und Entladegeschwindigkeiten (C-Raten).

Die Batterieverordnung sieht demnach die Angabe der Parameter vor, sowie Informationen wie diese Werte ermittelt wurden. Zukünftig sollen Mindestwerte dieser Parameter eingehalten werden. Anwendern sollen diese Informationen zur Verfügung gestellt werden, sodass ein besserer Vergleich der Batterien für die potenziellen Anwendungen ermöglicht werden soll.

Die Relevanz dieser Parameter zeigt sich unter anderem auch an den typischen Fragestellungen bei der Eingrenzung der verfügbaren Batterie-Energiespeichersysteme:

- Wie viel Kapazität besitzt der Speicher und welche Leistung kann/muss dieser zur Verfügung stellen?
- Welche dieser Speichertechnologien bedient die geforderten ökologischen und/oder ökonomischen Anforderungen?
- Wie steht es um die Zuverlässigkeit und die Sicherheit des Batteriespeichers?
- Wie soll der Speicher ausgelegt sein, um möglichst eine lange Lebensdauer unter bestimmten Bedingungen zu erreichen?
- Welche Sicherheitsvoraussetzungen muss der Speicher vorweisen, um diesen in das nötige System einzubinden oder zu erweitern?
- Welche Anbindungsmöglichkeiten bestehen beim Batteriespeichersystem und können diese beliebig erweitert werden?
- Kann das System für zukünftige Projekte oder Vorhaben beliebig erweitert werden oder ist der Speicher in dieser Hinsicht begrenzt?

Abhängig von der jeweiligen Ausgangssituation des Projektleitenden können sich unterschiedliche Anforderungen an einen G&I-Speicher ergeben. Die im Projekt vorgegeben Anwendungen müssen mit dem Batteriesystem abgestimmt werden. Zudem ergibt sich die Möglichkeit, zwei oder mehrere Anwendungen zu kombinieren, um die Wirtschaftlichkeit des Batteriespeichersystems deutlich zu erhöhen. Abschnitt 9 geht genauer auf die Auswirkung von Anwendungskombinationen ein.

6 Systembeschreibung

Die Systembeschreibung zeigt schematisch den Aufbau und die Komponenten eines Batterie-Energiespeichersystems, das für die Speicherung und Bereitstellung von elektrochemischer Energie ausgelegt ist (Bild 5). Eingeteilt wird das System in das Batteriesystem, die Leistungselektronik, das Energiemanagementsystem und die Peripherieanlagen.

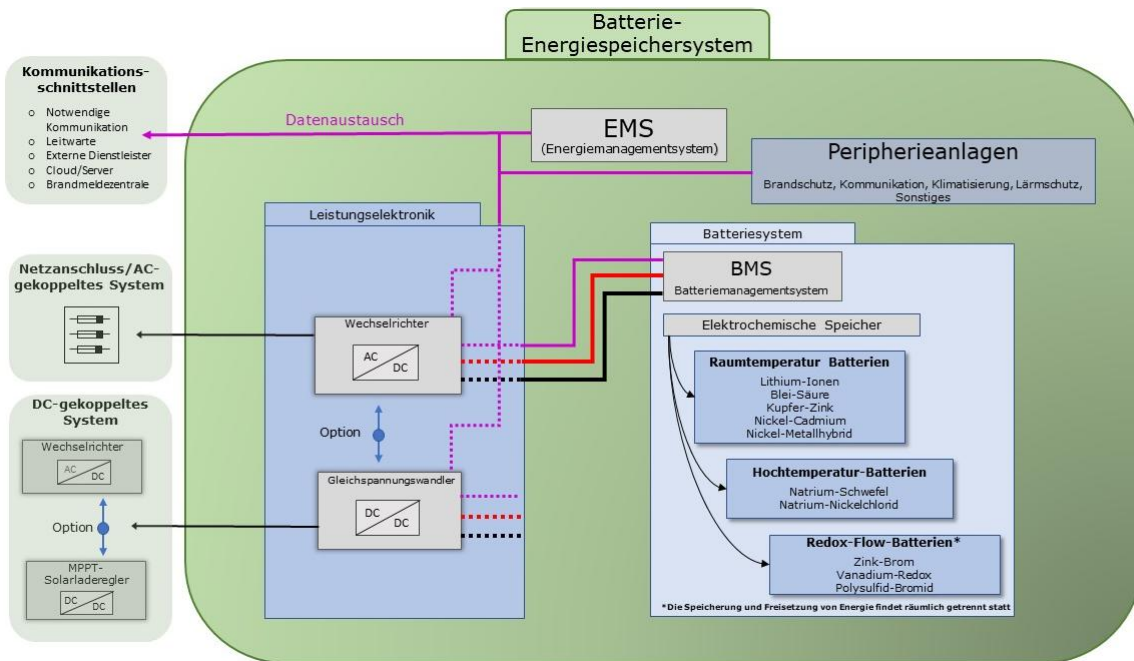


Bild 5 – Systembeschreibung des Batterie-Energiespeichersystems

Das Batteriesystem beinhaltet das Batteriemanagementsystem, das für die Überwachung der Batteriezellen zuständig ist. Die jeweilige Batteriechemie und Technologien wurden im vorherigen Abschnitt genauer beschrieben.

Die Hauptkomponente der Leistungselektronik ist der Wechselrichter. Dieser wandelt die Gleichspannung der Batterie in Wechselspannung um. Alternativ können Gleichspannungswandler für andere Topologien eingesetzt werden, um bestimmte Spannungswerte für weitere Komponenten bereitzustellen.

Eine zentrale Rolle übernimmt das Energiemanagementsystem (EMS), als Gehirn des Batterie-Energiespeichersystems. Die Hauptfunktionen des EMS umfassen die Überwachung aller wichtigen Systemparameter. Zudem übernimmt es die Steuerung der Leistungselektronik, um den Energiefluss nach gewählter Anwendungsstrategie zu regulieren. Das EMS übernimmt somit die Aufgabe, das Batterie-Energiespeichersystem dynamisch und intelligent zu steuern, um gewünschte Anwendungen zu realisieren.

Die Peripherieanlagen sind die notwendigen Unterstützungsdienste wie Brandschutz, Kommunikationseinrichtung, Klimatisierung und Lärmschutz. Diese Komponenten dienen der Betriebssicherheit des Gesamtsystems.

Außerhalb des Batterie-Energiespeichersystems befinden sich die Kommunikationsschnittstellen, die die notwendigen Verbindungen nach außen wie z. B. in die Leitwarte oder die Brandmeldezentrale darstellen.

Ausgehend von der Leistungselektronik nach außen wird zwischen AC-gekoppelten und DC-gekoppelten Systemen unterschieden. Je nach gewünschter Option bestehen hier einige Systemauslegungsvarianten, welche vom Anwender gewählt werden können.

7 Regulierung von Batteriespeichern

7.1 Die EU-Batterieverordnung 2023/1542 (BattV)

Batterien sind ein wichtiges Schlüsselement für eine erfolgreiche, effiziente Energiewende und Klimaneutralität. Es wird davon ausgegangen, dass die Nachfrage nach Batterien in den kommenden Jahren sektorübergreifend rapide ansteigen wird. Insbesondere für die Elektromobilität sowie im industriellen Umfeld im Bereich der großindustriellen Speicher wird erwartet, dass der Markt für Batterien weltweit zunehmend an strategischer Bedeutung gewinnt.

Vor dem Hintergrund der globalen strategischen Bedeutung von Batterien wurde im Kontext des European Green Deals [4] die Batterieverordnung (EU) 2023/1542 [5] erstellt. Diese ist im September 2023 in Kraft getreten und regelt Aspekte des Lebenszyklus von in der EU in Verkehr gebrachten Batterien in Bezug auf Nachhaltigkeit, CO₂-Fußabdruck, Leistung und Haltbarkeit, Sicherheit, Sammlung, Recycling und die weitere Nutzung („Second Life“).

Die Batterieverordnung adressiert dabei Batterien mit internem oder externem Speicher, unabhängig von der Zellchemie, und eine Vielzahl an Batteriekategorien. Dazu gehören neben Elektrofahrzeugbatterien, Batterien für leichte Verkehrsmittel, Gerätebatterien und Starterbatterien auch Industriebatterien (siehe Bild 6).

Unter die Kategorie der Industriebatterien fallen Traktionsbatterien, sowie stationäre Batteriespeichersysteme mit internem Speicher und sonstige Batterien, unter die auch Batterien mit externem Speicher gezählt werden, unabhängig von den Anwendungsfeldern im Heim- und G&I-Speicherbereich.

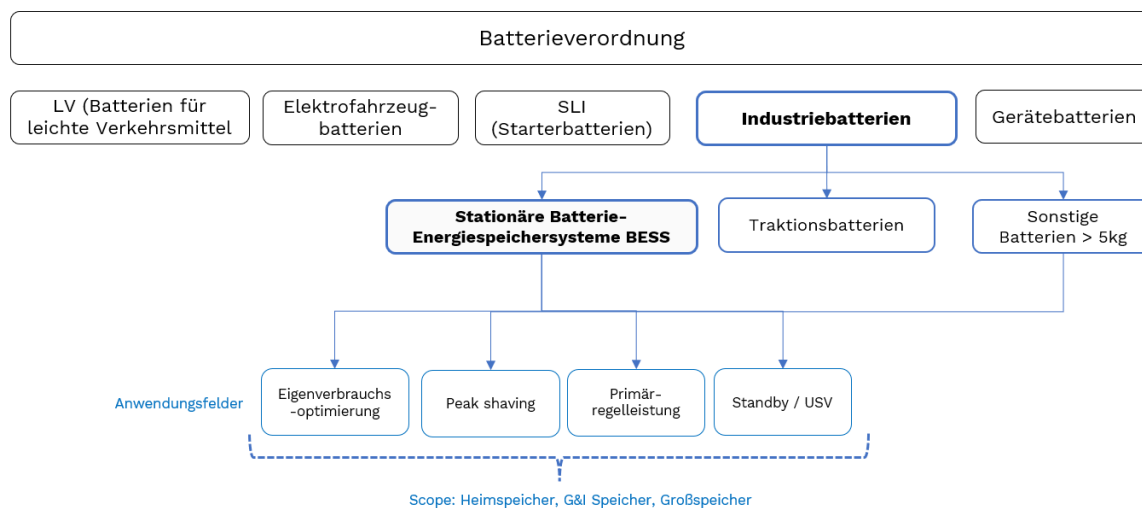


Bild 6 – Von der Batterieverordnung abgedeckte Batteriespeicher

7.1.1 Ausgewählte Anforderungen der BattV im Überblick

- 1) Sorgfaltspflichten
- 2) CE-Kennzeichnung und Konformitätsbewertung (Artikel 6 – 14 ff.)
 - Nachhaltigkeit und Sicherheit
 - Kennzeichnungs- und Informationspflichten
 - Weitere Anforderungen an Wirtschaftsakteure
- 3) Management von Abfallströmen
 - Erweiterte Herstellerverantwortung
 - Sammelraten
 - Recyclingeffizienzen
- 4) Digitaler Batteriepass

7.1.2 CE-Kennzeichnung und Konformitätsbewertung

Wirtschaftsakteure, die Batteriespeicher produzieren, gewährleisten beim Inverkehrbringen und bei der Inbetriebnahme, dass die geltenden Anforderungen erfüllt und die Batterien angemessen gekennzeichnet sind. Vor dem Inverkehrbringen oder der Inbetriebnahme führen sie bzw. eine geeignete Konformitätsbewertungsstelle ein Konformitätsbewertungsverfahren durch und bringen bei erfolgreicher Konformitätsbewertung die CE-Kennzeichnung auf. Die Dokumentation ist vom Erzeuger der Batterie zehn Jahre für nationale Behörden bereitzuhalten.

Für Projektleitende bietet die CE-Kennzeichnung Vorteile u.a. bei der Bewertung von Batterieherstellern und -lieferanten, da so batteriespezifische Parameter verglichen werden können und davon ausgegangen werden kann, dass die in Verkehr gebrachten Batterien Anforderungen u.a. an ihre Sicherheit und Haltbarkeit erfüllen.

Die Anforderungen an Industriebatterien hinsichtlich der CE-Konformitätserklärung sind thematisch in der Batterieverordnung gegliedert und zeitlich sowie inhaltlich gestaffelt:

- Artikel 6: Beschränkung für Stoffe
- Artikel 7: CO₂-Fußabdruck – Erklärung (1), Leistungsklasse (2), Höchstgrenze (3)
 - o ab Februar 2026 für Industriebatterien mit internem Speicher
 - o ab August 2030 für Industriebatterien mit externem Speicher (Redox-Flow-Batterien)
- Artikel 8: Rezyklatgehalt
 - o Mindest-Rezyklatgehalte im Aktivmaterial ab August 2028
- Artikel 10: Anforderungen an Leistung und Haltbarkeit
- Artikel 12: Sicherheit von stationären Batterie-Energiespeichersystemen
- Artikel 13: Kennzeichnung von Batterien
- Artikel 14: Informationen über den Alterungszustand und die voraussichtliche Lebensdauer

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser VDE SPEC sind noch nicht alle Anforderungen vollständig definiert. Über delegierte Rechtsakte werden diese weiter ausformuliert und präzisiert. Bereits ab August 2024 gelten die ersten Anforderungen hinsichtlich Leistung und Haltbarkeit (Artikel 10), Sicherheit (Artikel 12) und Angaben zum Alterungszustand und der Lebensdauer (Artikel 14).

7.1.3 Digitaler Batteriepass

Für Industriebatterien mit einer Kapazität von mehr als 2 kWh ist ab 2027 ein digitaler Batteriepass („battery passport“) erforderlich. Die Richtigkeit und Aktualität der darin enthaltenen Daten obliegt dem für das Batteriesystem verantwortlichen Wirtschaftsakteur. Die Pflichten können im Laufe des Lebenszyklus der Batterie auf weitere Wirtschaftsakteure übertragen werden. Das BMWK geförderte Projekt „Battery Pass“ [6] hat zur Umsetzung des digitalen Batteriepasses Dokumente zur Hilfestellung für Wirtschaftsakteure erstellt.

Der digitale Batteriepass ermöglicht Projektleitenden die Nachverfolgung einer Vielzahl technischer Parameter zur Bewertung des Batteriespeichersystems hinsichtlich u.a. der Leistungsfähigkeit, Lebensdauer, Sicherheit und des Restwertes. Auch weitere Angaben zur Zellchemie, der Herkunft des Aktivmaterials sowie relevante Dokumente und Informationen zum Batteriespeichersystem sind darin abgelegt.

7.1.4 Management von Abfallströmen

Batteriehersteller tragen für die Bewirtschaftung ihrer Batterien eine erweiterte Herstellerverantwortung. Sie tragen somit die Kosten für Sammlung, Behandlung und Recycling aller gesammelten Batterien sowie für die Bereitstellung von Informationen zu den Batterien für Endnutzer.

Mit den neuen Vorschriften über die erweiterte Herstellerverantwortung im Rahmen der BattV soll die getrennte Sammlung von Altbatterien ausgebaut und die gesammelten Batterien durch Verfahren mit einer hohen Effizienz recycelt werden. Eine Übernahme der erweiterten Herstellerverantwortung durch Dritte ist möglich.

Für Projektleitende bedeutet das, dass Altbatterien kostenfrei zurückgenommen werden müssen. Sie können anhand eines Herstellerregisters innerhalb jedes Landes der EU nachvollziehen, ob Hersteller von Batterien dort gelistet sind und wer die erweiterte Herstellerverantwortung trägt.

7.1.5 Nutzen für Projektleitende

Zusammenfassend liefert die Batterieverordnung einen rechtlichen Rahmen, der Projektleitende und Investoren in der Auswahl und Bewertung von Batteriespeicherprojekten unterstützt hinsichtlich unter anderem folgender Aspekte

- Wirtschaftlichkeit (z.B. anhand ermittelter Leistung- und Alterungszustände)
- Nachhaltigkeit (z.B. anhand des CO₂-Fußabdrucks, Lieferkettenverfolgung, Second-Life-Nutzung)
- Verwendete Technologie (z.B. anhand von Materialverfügbarkeit, Rezyklatgehalt, Sicherheit)

7.2 Nationale Regulierung

Die nationale Regulierung zu Batteriespeichersystemen und Energiespeichersystemen im Allgemeinen ist sehr komplex. Grundsätzlich werden Energiespeichersysteme im deutschen Recht bei der Einspeicherung von Energie als Letztverbraucher und bei der Ausspeicherung von Energie als Erzeugungsanlagen behandelt.

Im Rahmen des "Osterpakets 2022" wurde eine an die EU-Regelung angelehnte Definition eines Energiespeichersystems als Energiespeicheranlage im §3, Nr. 15d EnWG [13] beschlossen. Demnach ist eine Energiespeicheranlage eine "Anlage in einem Elektrizitätsnetz, mit der die endgültige Nutzung elektrischer Energie auf einen späteren Zeitpunkt als den ihrer Erzeugung verschoben wird oder mit der die Umwandlung elektrischer Energie in eine speicherbare Energieform, die Speicherung solcher Energie und ihre anschließende Rückumwandlung in elektrische Energie oder Nutzung als ein anderer Energieträger erfolgt."

Diese Definition ändert aber nichts Grundlegendes an der unterschiedlichen Klassifizierung von Energiespeichern bei Ein- und Ausspeicherung und den damit einhergehenden Fragestellungen. Mit der Veröffentlichung der „Stromspeicher-Strategie“ des BMWK [14] im Dezember 2023 wurden einige der wesentlichen Regulierungsherausforderungen aufgegriffen. Die Stromspeicher-Strategie benennt u.a. die folgenden für die Planung von Speicherprojekten relevanten Handlungsfelder:

- Stromspeicher im Kontext des EEG
- Netzentgelte
- Baukostenzuschüsse und Netzanschlusskostenbeiträge
- Beschleunigung von Netzanschlüssen
- Stärkung von Standortgemeinden
- Abbau von genehmigungsrechtlichen Hemmnissen
- Sicherung der Systemstabilität
- Verbesserungen bei der Regelleistung
- Evaluierung von „Netzboostern“
- Erörterung von Hemmnissen bei Pumpspeicherkraftwerken
- Stromspeicher als Flexibilitätsoption
- Stromspeicher-Potenziale im Energiesystem ermitteln

Es ist daher damit zu rechnen, dass sich in den genannten Handlungsfeldern in näherer Zukunft neue regulatorische Rahmenbedingungen ergeben.

8 Projektphasen und Lebenszyklus eines Batteriespeichersystems

8.1 Übersicht

Für die Zwecke dieser VDE SPEC wird als Lebenszyklus eines Batteriespeichersystems der gesamte Zeitraum zwischen den anfänglichen Planungen bis zu einem möglichen Rückbau des Systems

betrachtet. Die dabei durchlaufenen typischen Phasen und dabei zu berücksichtigenden Arbeiten sind in Bild 7 dargestellt.

Diese VDE SPEC macht keine inhaltlichen Vorgaben zur Ausführung von erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen im Hinblick auf Umwelt- oder Arbeitsschutz. Diese sind individuell in Abhängigkeit von den jeweiligen Projektkonstellationen zu entwickeln. Für generelle Informationen zur Sicherheit von Batteriespeichersystemen stehen bereits einige Informationsmaterialien zur Verfügung [10,11].

Anforderungen an stationäre Batteriespeichersysteme hinsichtlich der Sicherheit werden in der BattV in Art. 12 adressiert. Darauf aufbauend werden derzeit temporäre Testpläne und harmonisierte Normen entwickelt.

In der weiteren Betrachtung bildet das Batteriegesamtsystem eine funktionale Einheit, deren Konfiguration sich im Laufe der Betriebszeit ändern kann. Die Lebensdauer der einzelnen Komponenten des Batteriegesamtsystems wird durch deren technische Haltbarkeit begrenzt, im Fall des Batteriesystems durch die kalendarische und die Zyklenlebensdauer der Speichermodule/-zellen. Bei entsprechend langer Betriebsdauer des Batteriegesamtsystems können daher bereits in der Betriebsphase Entsorgungsprozesse anfallen.

Der Projektcharakter eines Batteriespeichersystems reicht typischerweise vom Beginn einer Machbarkeitsstudie bis zur Inbetriebnahme des Batteriegesamtsystems. Da die nachfolgenden Lebenszyklusphasen aber bereits in früheren Phasen berücksichtigt werden müssen, werden auch diese in die Betrachtung einbezogen, wenn auch mit geringerem Tiefgang.

Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung eines Speicherprojekts (im Kosten- und Zeitrahmen) ist die rechtzeitige Einbindung einer Vielzahl unterschiedlicher Stakeholder im Projektverlauf. In der Beschreibung der Projektphasen wird nur in besonders wichtigen Fällen extra darauf hingewiesen.

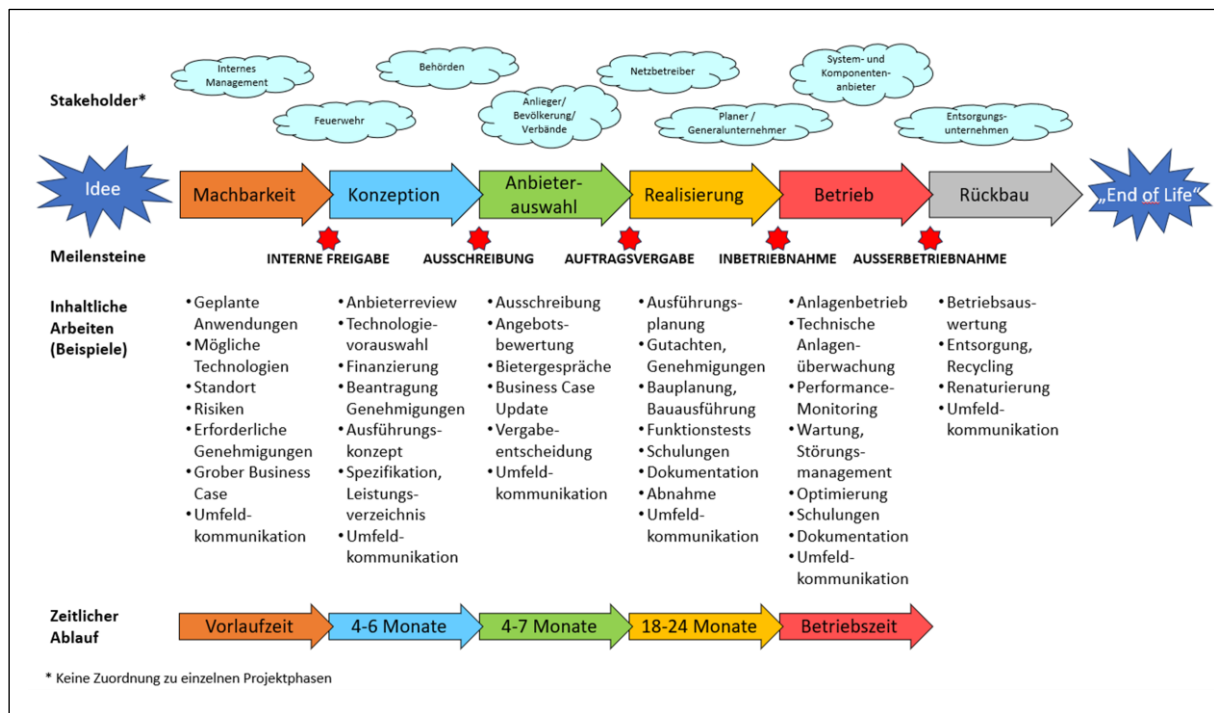


Bild 7 – Projektphasen

8.2 Machbarkeit

Ziel der Machbarkeitsphase ist es, für das Projekt einen inhaltlichen Rahmen und zu beachtende Randbedingungen zu definieren, auf deren Grundlage eine interne Entscheidung zur Aufnahme konkreter Planungsarbeiten erfolgen kann.

- Welche Bedenken könnten externe Stakeholder gegenüber dem Projekt haben? Welchen Nutzen kann das Projekt externen Stakeholdern vermitteln?

- Mit welchen behördlichen Auflagen ist für das Projekt zu rechnen? Welche Unterstützung ist evtl. zu erwarten?
- Ergibt sich vor diesem Hintergrund aus dem geplanten Speichereinsatz die Erwartung an einen positiven Business Case?

Es empfiehlt sich, im Vorfeld der Machbarkeitsprüfung festzulegen, wie die Erwartung an einen „positiven“ Business Case definiert werden (vgl. Abschnitt 9). Hierzu können grob drei verschiedene Ansätze gewählt werden. Am direktesten zu beurteilen und zu kontrollieren ist die Anforderung, dass sich das Speichersystem aus den zurechenbaren operativen Einnahmen über die zu erwartende Lebenszeit refinanziert. Der zweite Ansatz betrachtet das Speichersystem als Versicherung gegen Schadenfälle und/oder Produktionsausfälle bei Ausfall der Stromversorgung. Den Kosten des Speichersystems stehen dann keine Einnahmen gegenüber. Trotzdem ist der Case wirtschaftlich noch gut zu beurteilen. Der dritte Ansatz stellt einen direkten wirtschaftlichen Nutzen etwas in den Hintergrund. Hier werden entweder rein ideelle Ziele verfolgt oder eine indirekte positive Auswirkung auf die Geschäftsaktivitäten durch ein nachhaltigeres Image oder nachhaltigere Prozesse/Produkte erwartet.

Den Ausgangspunkt für das Projekt bildet die Festlegung der durch das Speichersystem zu erfüllenden Anwendungen (vgl. Abschnitt 6). In der Regel gibt es eine Primäranwendung, die die Grundlage für den Business Case legt. Bei G&I-Speicherprojekten können dies z. B. Lastspitzenkappung oder die Sicherung von Backup-Energie sein. Ergänzend können Sekundäranwendungen hinzukommen. Diese werden in den Phasen bedient, in denen das Speichersystem nicht oder nur teilweise in der Primäranwendung arbeitet. Sekundäranwendungen sind meist opportunistisch zu sehen und dienen der Optimierung des Business Case.

Mit dem Leistungsprofil der Primäranwendung kann eine erste Abschätzung der benötigten Leistung, Kapazität und weiteren Performance-Parametern (vgl. Abschnitt 9) des Speichersystems erfolgen. Ein historisches Leistungsprofil bietet dabei zwar eine gute Orientierung, ersetzt aber nicht eine interne Beurteilung der zukünftig zu erwartenden betrieblichen Abläufe und deren Auswirkungen auf das Leistungsprofil.

Im Fall der Lastspitzenkappung wird die Leistung durch die zu erzielende Lastminderung am Netzanschlusspunkt bestimmt, die Kapazität durch die während der breitesten zu erwartenden Lastspitze aufzunehmende Energie. Analog bestimmt sich im Fall der Backup-Energie die Leistung aus der betrieblich erforderlichen Mindestleistung und die Kapazität aus dem Zeitraum, über den diese Leistung zur Verfügung stehen soll. In dem Zusammenhang sollten auch mögliche alternative Maßnahmen zur Lastflexibilisierung durch Veränderungen der betrieblichen Abläufe geprüft werden, die eine kleinere Dimensionierung des Speichersystems erlauben könnten.

Bei gut planbaren betrieblichen Abläufen lässt sich Lastspitzenkappung mit vielen Anwendungen kombinieren, da in den „Ruhezeiten“ des Speichers sowohl Leistung als auch Kapazität alternativ genutzt werden können. Hingegen ist die Anwendung Backup-Energie zunächst inkompatibel mit weiteren Anwendungen, da (in Ländern mit stabiler Energieversorgung) nicht vorhergesagt werden kann, wann und für welchen Zeitraum das Speichersystem zum Einsatz kommen wird. Allerdings kann durch eine Erweiterung der Kapazität des Speichersystems z. B. eine Kombination von Backup-Energie mit Lastspitzenkappung und PV-Eigenversorgung oder Arbitragehandel ermöglicht werden. Die installierte Leistung des Speichersystems wird dabei flexibel für die jeweilige Anwendung genutzt. Im Fall einer Versorgungsunterbrechung im vorgelagerten Netz steht die Leistung für Backup-Zwecke mit der dafür reservierten Kapazität zur Verfügung.

Aus dem Leistungsprofil der Primäranwendung und den Eckdaten des Speichersystems kann ein korrespondierendes Leistungsprofil des Speichersystems berechnet werden. Zur Optimierung des Business Case kann anschließend geprüft werden, welche Sekundäranwendungen mit der Primäranwendung kombiniert werden können. Hierbei wird analog zur Primäranwendung für jede Sekundäranwendung ein Leistungsprofil für das Speichersystem errechnet und diese mit dem Leistungsprofil der Primäranwendung überlagert. Im Idealfall führt die Kombination der Leistungsprofile nicht zu einer Veränderung in der Dimensionierung von Leistung und Kapazität des Speichersystems. Ggf. können Veränderungen aber gerechtfertigt sein, wenn sich der Business Case dadurch in Summe noch verbessert.

Mit den Eckdaten des Speichersystems (insb. Leistung, Kapazität, C-Rate, Reaktionsgeschwindigkeit, mögliche Leistungsrampe) kann eine Vorauswahl der in Frage kommenden Speichertechnologien und

eine Abschätzung der Lebenserwartung dieser Technologien unter Anwendungsbedingungen erfolgen. Die Technologieauswahl des Speichersystems kann ergänzend durch den geplanten Aufstellort in Kombination mit Sicherheitsüberlegungen eingeschränkt werden.

Die Lebensdauer des Speichersystems ist ein kritischer Punkt, da im Hinblick auf Garantiever sprechen häufig zwischen Zykluslebensdauer und kalendarischer Lebensdauer unterschieden werden muss. Bei einer garantierten kalendarischen Lebensdauer können Anwendungen beliebig miteinander kombiniert werden, solange die Betriebsparameter des Speichersystems eingehalten werden. Bei einer garantierten Zykluslebensdauer muss geprüft werden, in welchem Umfang die Addition von Sekundäranwendungen zu einer höheren Zyklenzahl führt, dadurch ggf. häufigere Ersatzinvestitionen über den Zeitraum der geplanten Anwendung nötig werden und ob diese durch die Ertragspotenziale der Sekundäranwendungen gerechtfertigt werden können.

Ein geeigneter Aufstellort muss über die erforderliche Fläche verfügen, eine Anbindung an einen möglichst nahegelegenen Netzanschlusspunkt erlauben, sowie logistisch und in Bezug auf seine Bodenbeschaffenheit die durchzuführenden Arbeiten bei der Installation und im späteren Betrieb erlauben. Bei beschränkter Grundfläche kann prinzipiell auch eine vertikale Anordnung der Komponenten des Batteriegesamtsystems in einem dazu ggf. erforderlichen Gebäude geplant werden.

Zusätzlich muss geprüft werden, ob der Aufstellort in einem Überschwemmungsgebiet liegt oder seismische Aktivitäten zu erwarten sind, sowie welches Risiko im Störfall für Menschen und Umwelt bestehen. In die Risikobewertung fließen Annahmen zur Wahrscheinlichkeit eines Störfalls und zu den aus einem Störfall zu erwartenden Schäden ein. Im Zusammenhang mit Batteriespeichern sind in der Regel die Gefährdungspotenziale durch Brand und Explosion sowie die damit verbundene oder durch sonstige Defekte auftretende Freisetzung von Stoffen in die Luft und/oder den Boden zu

Spätestens mit der getroffenen Vorauswahl zur Speichertechnologie und den Überlegungen zu möglichen Aufstellungsorten sollte der Kontakt zu den Genehmigungsbehörden, den betroffenen Anrainern sowie der lokalen Feuerwehr und dem zuständigen Verteilnetzbetreiber gesucht werden. Eine frühzeitige Kontaktaufnahme ist grundsätzlich empfehlenswert, um alle Seiten einzubinden und ggf. schon grundsätzliche Vorgaben (z.B. zum Netzanschluss) in Erfahrung zu bringen. Allerdings können erst mit der ersten Technologieabschätzung konkretere Diskussionen geführt werden.

Um spätere Verzögerungen zu vermeiden und eine möglichst solide Grundlage für eine interne Entscheidungsfindung zu erhalten, sollte bereits in der Machbarkeitsphase der Kontakt zu der für die Baugenehmigung zuständigen Behörde und zum zuständigen Netzbetreiber gesucht werden. Die aus diesen Richtungen zu erwartenden Auflagen und anzufertigenden Gutachten müssen in den weiteren Planungen und ggf. den zu erwartenden Projektkosten berücksichtigt werden.

Alle Ergebnisse der beschriebenen Arbeiten münden in einen groben Business Case, der Grundlage für die interne Entscheidungsfindung über eine Fortsetzung des Projekts ist.

Die Arbeiten in der Machbarkeitsphase erfordern umfangreiche betriebliche Kenntnisse und Kontakte in das lokale Umfeld. Je nach Erfahrung mit gleichartigen Projekten in der Vergangenheit, kann es sich aber anbieten, eine methodische Unterstützung in dieser Projektphase und die Durchführung von Lastgangsimulationen im Rahmen einer Machbarkeitsstudie an ein Planungsbüro zu beauftragen.

8.3 Konzeption

In der Konzeptionsphase werden die Weichen für den späteren erfolgreichen Betrieb des Speichersystems gestellt. Dies beinhaltet zum einen eine möglichst genaue Spezifikation des zu errichtenden Speichersystems. Darüber hinaus müssen aber auch schon die Anforderungen aus dem anschließenden Betrieb und ggf. einem späteren Rückbau berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich, hier ausreichend Zeit zu investieren.

Am Ende der Konzeptionsphase sollten alle formalen Voraussetzungen für eine Umsetzung geschaffen bzw. die Prozesse hierzu eingeleitet worden sein (z. B. Genehmigungen). Außerdem sollte ein klares Verständnis bestehen, welche Aufgaben in den späteren Phasen des Vorhabens durch eigene Kräfte übernommen werden sollen und welche Leistungen von Dritten benötigt werden. Letzteres mündet in ein Leistungsverzeichnis zur Auswahl hierzu geeigneter Anbieter.

- Welche Informationen werden noch für externe und interne Stakeholder benötigt, um deren Zustimmung zur Umsetzung des Vorhabens zu erhalten?

- Wie muss das Speichersystem konfiguriert werden, um einerseits die behördlichen Auflagen und gleichzeitig die betrieblichen Ziele zu erfüllen?
- Welche Schnittstellen bestehen aus dem Projekt zu anderen Vorhaben und den betrieblichen Abläufen?

Sehr hilfreich ist in der Konzeptionsphase ein frühzeitiger Austausch mit potenziellen Anbietern, wobei dies im Hinblick auf eine spätere Ausschreibung wettbewerbsneutral erfolgen muss.

Für die Konfiguration des Speichersystems bestehen fast immer unterschiedliche Möglichkeiten. Aus Kostengründen wird jeder Anbieter dabei auf bewährte Standardkomponenten zurückgreifen. Eine Diskussion mit verschiedenen potenziellen Anbietern über die geplanten Anwendungen des Speichersystems und die Vor- und Nachteile der hierzu von den Anbietern vorgeschlagenen Systemkonzepte schafft einerseits mehr technische Klarheit und liefert andererseits wesentliche Informationen für die einzuleitenden Genehmigungsprozesse. Das Interesse von Anbietern an derartigen Vorgesprächen hängt stark vom absehbaren Projektvolumen ab.

Die wesentlichen Bausteine eines Speichersystems wurden bereits in der Systembeschreibung (vgl. Bild 5) aufgeführt. Diese sind:

- DC-Batteriesystem mit BMS (ggf. inkl. DC-DC-Wandlern)
- AC-Leistungselektronik
- Energiemanagementsystem (soweit nicht schon vorhanden)
- Peripherieanlagen

Abhängig von den Gegebenheiten am Aufstellungsort wird zusätzlich eine Schaltanlage zur Netzanbindung des Speichersystems und eine Leitwarte zur Überwachung und Steuerung benötigt.

Das DC-Batteriesystem wird in der Regel aus einer Anzahl gleichartiger Bausteine (Module, Container) aufgebaut. Diese können entweder auf DC-Seite gekoppelt und an die AC-Leistungselektronik angebunden werden oder es werden kleinere Subeinheiten aus DC- und AC-Systemkomponenten gebildet, die auf AC-Seite verbunden werden.

Sollte absehbar sein, dass sich über den Anwendungszeitraum des Speichersystems im DC-Batteriesystem Veränderungen ergeben werden (Ersatzinvestitionen oder Erweiterungen, ggf. verbunden mit einem Technologiewechsel) bietet sich eine AC-Kopplung von Subeinheiten an. Gleiches gilt, wenn das Speichersystem über weite Strecken in niedrigem Teillastbereich arbeitet. In beiden Fällen muss das Energiemanagementsystem dann einen optimierten Einsatz der verschiedenen Subeinheiten unterstützen.

Die gewonnenen Informationen führen zu einem vorläufigen Ausführungskonzept, das funktional den Aufbau und das Zusammenwirken der Systemkomponenten festlegt, aber noch Spielraum für die genaue technische Ausführung lässt.

Das Ausführungskonzept bildet wiederum die Grundlage zur Beantragung erforderlicher behördlicher Genehmigungen, zur Umfeldkommunikation mit Anrainern sowie einer möglichen Überarbeitung des Business Case und Sicherstellung der Finanzierung.

Gleichzeitig ist das Ausführungskonzept der Ausgangspunkt zur Erstellung einer Ausschreibung für die Realisierungsphase. In die Gestaltung der Ausschreibung spielen aber noch weitere Fragestellungen hinein.

- Sollen neben der Errichtung des Speichersystems (inkl. Peripherieanlagen) auch Aufgaben aus dessen Betrieb mit ausgeschrieben werden? Wenn ja, welche Teilaufgaben sollen intern und welche extern übernommen werden und wie müssen die Schnittstellen gestaltet werden?
- Soll ggf. auf unterschiedliche Anbieter für verschiedene Systemkomponenten und/oder Betriebsaufgaben zurückgegriffen werden können oder wird ein „Full Service Provider“ gesucht? Wer übernimmt im ersten Fall die Koordination der Teilarbeiten?
- Gehören die die weiteren Arbeiten am Aufstellungsort (Erdarbeiten, Planung und Verlegung von Leitungen zur elektrischen und kommunikativen Anbindung) mit zur Ausschreibung?
- Was soll vertraglich vereinbart werden – die Errichtung einer technischen Anlage, die Funktionalität dieser Anlage oder die Performance dieser Anlage? Wie wird dies bei einer späteren Abnahme geprüft?

- Welche begleitenden Aufgaben sollen Anbieter erfüllen (Unterstützung bei Genehmigungsprozessen und Gutachten, Durchführung von Schulungen, Unterstützung bei der Umfeldkommunikation etc.)

Für die daraus resultierende Gestaltung der Ausschreibung gibt es keinen Standard. Die Antworten auf die gestellten Fragen richten sich einerseits nach der Erfahrung des beauftragenden Unternehmens mit analogen Projekten und andererseits nach dem verfügbaren Projektbudget.

Als „sichere“ Basislösung bietet sich die Beauftragung eines Generalunternehmers im Rahmen einer funktionalen Ausschreibung an. Damit wird ein unter den vorgegebenen Anwendungen funktionsfähiges Speichersystem vertraglich vereinbart. Um diese Funktionsfähigkeit über den beabsichtigten Nutzungszeitraum zu sichern, müssen zumindest Teile von Anlagenüberwachung, Wartung und Instandhaltung ebenfalls als Dienstleistungen beauftragt werden, wobei diese ggf. durch einen anderen Anbieter erbracht werden können.

Auch für die Gestaltung der Ausschreibung sind Gespräche mit potenziellen Anbietern hilfreich, da sie einen Eindruck vermitteln, welche Marktbreite für welchen Umfang an Leistungen besteht. Wie in der Machbarkeitsphase kann sich die Unterstützung durch ein Planungsbüro in der Konzeptphase anbieten.

8.4 Anbieterauswahl

Das Verfahren zur Auswahl von Anbietern unterliegt zahlreichen gesetzlicher Vorgaben, die einen fairen Wettbewerb sicherstellen sollen. Im Rahmen dieser VDE SPEC wird auf die rechtlichen Aspekte der Anbieterauswahl nicht näher eingegangen.

Die Auswahl eines oder mehrerer geeigneter Anbieter wird im Folgenden anhand eines Ausschreibungsprozesses beschrieben. Auch wenn die Anbieterauswahl nicht über eine öffentliche Ausschreibung erfolgen sollte, ist das inhaltliche Vorgehen dennoch sehr ähnlich, um für den Auftraggeber eine möglichst optimale Anbieterauswahl zu erreichen.

Die wesentlichen inhaltlichen Punkte der Ausschreibung (Was soll beauftragt werden? Werden Teile einzeln oder nur gesamt vergeben?) sollten bereits in der Konzeptionsphase entschieden worden sein, müssen aber spätestens am Anfang des Ausschreibungsprozesses feststehen. Bei einer sorgfältigen Vorbereitung der Ausschreibung reduzieren sich die Fragen in der Anbieterauswahl auf die folgenden Punkte:

- Welcher Anbieter/welche Anbieter soll/en unter Abwägung aller Zuschlagskriterien beauftragt werden?
- Gehen mit dem bevorzugten Angebot noch Änderungen am Ausführungskonzept einher?
- Ergeben sich aus dem bevorzugten Angebot bisher nicht betrachtete Risiken für den weiteren Projektverlauf?
- Wie ändert sich der Business Case auf Grundlage des bevorzugten Angebots und kann auf dieser Basis ein Auftrag erteilt werden?

Es ist im Interesse beider Parteien, möglichst alle Fragen im Zusammenhang mit der zu beauftragenden Leistung im Vorfeld einer Vergabe zu klären. Möglichen Anbietern sollte eine Projektbeschreibung sowie ein Leistungsverzeichnis zur Verfügung gestellt werden, in dem die erwarteten Leistungen als Grundlage der Angebotserstellung aufgeführt werden. Je nach Tiefe der Vorbereitung kann auch eine direkte Spezifikation des zu installierenden Speichersystems erstellt und mitgeteilt werden. Die Projektbeschreibung sollte so aussagekräftig sein, dass der Anbieter die Eignung seines Systems für den Anwendungsfall prüfen und ggf. Vorschläge zur Optimierung des Anwendungsfalls machen kann. Bei einem Ausschreibungsprozess zwingend ist auch eine Information, nach welchen Kriterien eine Vergabeentscheidung erfolgen wird. Auch ohne Ausschreibungsprozess sollte dies mitgeteilt werden, um Anbietern eine Beurteilung der eigenen Chancen zu ermöglichen.

Der weitere Prozess einer Anbieterauswahl folgt einem klaren Schema.

- Veröffentlichung der Ausschreibungsunterlagen bzw. direkte Ansprache potenzieller Anbieter
- Beantwortung von Bieterfragen im Vorfeld einer Angebotserstellung
- Sichtung und Bewertung der eingegangenen Angebote anhand definierter Kriterien

- Führen von Bietergesprächen, ggf. verbunden mit Aufforderung zur Angebotsüberarbeitung und nochmaliges Durchlaufen der vorstehenden Punkte
- Treffen einer Vergabeentscheidung (intern) und Auftragserteilung
- Ggf. Information an unterlegene Bieter

Grundlage der Vergabeentscheidung ist die Bewertung der erhaltenen Angebote anhand der festgelegter Bewertungskriterien. Je nachdem, ob Leistungen gesamthaft oder in Teilen an verschiedene Bieter beauftragt werden sollen, müssen die Bewertungskriterien entsprechend zugeschnitten werden. Sollten Leistungsbestandteile getrennt an verschiedene Anbieter vergeben werden sollen, sollte überlegt werden, eine Gesamtkoordinationsfunktion als eigenes Los auszuschreiben.

Auf der ersten Stufe sollten k.o.-Kriterien definiert werden, die bei Nichterfüllung zu einem Ausschluss des Anbieters führen. In einem Ausschreibungsverfahren mit Teilnahmewettbewerb sind dies typischerweise die sog. Eignungskriterien. Diese umfassen formelle Aspekte sowie Fragen der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und zur technischen Eignung. Im Hinblick auf die technische Eignung sollte unbedingt die Einhaltung des Stands der Technik und Konformität mit gesetzlichen Vorgaben und Normen gefordert werden. Hier sollten insbesondere die Vorgaben der europäischen Batterieverordnung beachtet werden (vgl. Abschnitt 7).

Soweit nicht schon als k.o.-Kriterium behandelt, sollte bei der näheren Auswähl berücksichtig werden, inwieweit der Anbieter auch nach der Fertigstellung seiner Arbeiten in der Lage sein wird, ggf. mitbeauftragte Leistungen zur Wartung und Instandhaltung durchzuführen oder eine kontinuierliche Optimierung des Speichersystems vorzunehmen. Es bietet sich an, diesbezügliche Konzepte mit dem Angebot einzufordern und ggf. im Rahmen der Beauftragung vertraglich festzuschreiben.

Zur Beurteilung der technischen Eignung der angebotenen Systeme bieten sich die Performance-Parameter an, die aufgrund der beabsichtigten Anwendungskombinationen besonders relevant sind (vgl. Abschnitt 5).

Soweit die Anbieter dazu bereit sind, empfiehlt es sich, dass in der Konzeptionsphase ausgearbeitete erwartete Belastungsprofil des Speichers den Anbietern zur Verfügung zu stellen und eine Zusage zu verlangen, dass das installierte System unter diesen Bedingungen eine bestimmte Performance und eine mindestens erwartete Lebensdauer erreichen wird. Das Absolvieren des erwarteten Belastungsprofils sollte in jedem Fall in einem späteren Inbetriebnahmetest verabredet werden.

In der Regel wird es nötig sein, auf Grundlage der eingegangenen Angebote mit den Anbietern individuelle Termine zu vereinbaren, um die Angebote zu diskutieren und mit den eigenen Erwartungen abzugleichen. Daraus kann die Notwendigkeit entstehen, den Anbietern nochmals Gelegenheit zur Überarbeitung der Angebote zu geben.

Die finalen Angebote bilden die Grundlage der Vergabeentscheidung. Vor einer Vergabe sollten allerdings die Implikationen der ausgewählten Konzepts auf das Vorhaben nochmals geprüft werden. Mögliche inhaltliche Anpassungen des Projektkonzepts wurden bereits während der Angebotsdiskussionen deutlich. Abschließend sollte nochmals eine Risikobetrachtung für den Projekterfolg erstellt werden, wenn mit der geplanten Beauftragung Kompromisse gegenüber der ursprünglichen Planung einhergehen. Mit den Kosten des finalen Angebots und den möglichen Änderungen am Projektkonzept sollte auch der Business Case nochmal nachgerechnet werden.

Wenn alle Stakeholder zugestimmt haben, kann die Vergabe erfolgen.

Da bis zur endgültigen Vergabe die Möglichkeit besteht, dass es zu keinem Auftrag kommt, müssen in den Ausschreibungsunterlagen Vorkehrungen für diesen Fall getroffen werden, so dass keine Schadensersatzansprüche für geleistete Arbeit oder erwartete Aufträge aus einer Nicht-Vergabe resultieren können.

8.5 Realisierung

Mit der Auftragsvergabe enden die vorbereitenden Arbeiten zum Vorhaben. Alle zu diesem Zeitpunkt noch ungeklärten Fragen werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Verzögerungen und Kostensteigerungen im Projektverlauf bemerkbar machen.

Mit Beginn der Realisierungsphase wechseln die Anforderungen auf Seiten des Auftraggebers. Anstelle konzeptioneller Planungsarbeiten tritt operatives Projektmanagement, häufig verbunden mit der Notwendigkeit einer Präsenz am Standort der Bauarbeiten. Auch wenn die Bauüberwachung extern vergeben worden sein sollte, empfiehlt sich eine enge Begleitung der Arbeiten. Die geänderten Anforderungen sollten seitens des Auftraggebers bei der Frage der Projektteamzusammensetzung berücksichtigt werden.

In der Ausschreibung sollte bereits vom Anbieter eine Darstellung des geplanten Projektablaufs verlangt worden sein. Am Anfang der Realisierungsphase sollte diese in eine deutlich detaillierte Ausführungsplanung überführt werden, anhand derer jederzeit eine Kontrolle des Projektfortschritts erfolgen kann und mögliche Verzögerungen mindestens im Wochenbereich deutlich werden. Besonders hervorgehoben und kontrolliert werden sollten die Schnittstellen bzw. gegenseitigen Abhängigkeiten unterschiedlicher Arbeitsstränge. Die Vergabe an einen Generalunternehmer oder Projektkoordinator kann den Auftraggeber hierbei deutlich entlasten.

Alle erforderlichen Gutachten und Genehmigungen sollten im Idealfall vor der Auftragsvergabe vorliegen. Sollten diese inhaltlich durch die Wahl des Auftragnehmers beeinflusst werden (z. B. Brand- schutzgutachten durch Auswahl einer Technologiealternative), müssen diese möglichst schnell in Auftrag gegeben bzw. beantragt werden. Die Mitwirkung des Auftragnehmers hierbei sollte Bestandteil des Leistungsverzeichnisses sein.

Parallel zu den fremd-beauftragten Arbeiten müssen die begleitenden internen Arbeiten mitgeplant und verfolgt werden. Dies betrifft insbesondere die erforderlichen Arbeiten zur Anbindung des Speichersystems an die vorhandene Infrastruktur einer Leitwarte oder eines Energiemanagementsystems.

Mit zunehmendem Realisierungsfortschritt treten Funktionstests der bereits errichteten Teilkomponenten (sowohl der extern beauftragten als auch intern ausgeführten) sowie die Vorbereitung der Betriebsphase durch Schulungsmaßnahmen einer Betriebsmannschaft in den Vordergrund. Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, sollte das erwartete Belastungsprofil und das dazu erwartete Verhalten des Speichersystems als Testprozedur (je nach Projektfortschritt in Teilen oder gesamthaft) herangezogen werden, um die Funktionstests möglichst nah an der im Betrieb erwarteten Realität anzunähern.

Die im Rahmen der Funktionstests zu prüfenden Performanceparameter und deren Zielwerte müssen im Leistungsverzeichnis bzw. der Spezifikation aufgeführt und in dem mit dem Auftragnehmer geschlossenen Vertrag festgeschrieben worden sein. Ebenfalls müssen darin die Konsequenzen beschrieben werden, die eine Nicht-Erreichung der Zielwerte nach sich zieht (z. B. Nachbesserung, Zahlungsminderung, Neuvergabe).

Neben den kontinuierlichen Funktionstests neu installierter Anlagenkomponenten müssen Vorbereitungen für die Abnahmeprüfungen getroffen und erforderliche Dokumentationen erstellt werden. Abhängig vom Ergebnis der Abnahmeprüfung und der hierzu vertraglich festgehaltenen Regeln, kann sich eine mehr oder weniger lange Zeit an Nacharbeiten anschließen, bis die Abnahmeprüfungen erfolgreich abgeschlossen werden.

Mit Abschluss der Abnahmeprüfung kann das Speichersystem offiziell in Betrieb genommen und entsprechend registriert werden.

Parallel zu den Realisierungsfortschritten sollte eine kontinuierliche Kommunikation zu den verschiedenen Stakeholdern des Projekts (internes Management, Finanzierer, Behörden, Anrainer, Netzbetreiber) erfolgen. Die Anforderungen an die Kommunikation müssen individuell in jedem Projekt beurteilt werden. Die Kommunikationsmaßnahmen zielen, wie in anderen Projekten auch, darauf, negative Überraschungen bei den einzelnen Stakeholdern zu vermeiden und unerwartete Entwicklungen so frühzeitig wie möglich anzusprechen, um gemeinsam konstruktive Lösungen zu finden.

8.6 Betrieb und Rückbau

Mit der Inbetriebnahme des Speichersystems endet der Projektcharakter und es schließt sich eine Phase der kontinuierlichen Betriebsführung an.

Neben der Optimierung des laufenden Betriebs in den verfolgten Anwendungen sollte eine kontinuierliche Prüfung der Rahmenbedingungen erfolgen, aufgrund derer ggf. eine Anpassung des

Anwendungsportfolios oder des technischen Konzeptes erforderlich werden könnte. Grob ergeben sich daraus folgende Themenstellungen für die Betriebsphase.

- Wer erhält im Betrieb welche Daten zu welchem Zweck?
- Wie kann der Anlagenbetrieb bei konstanter Technologie und unverändertem Anwendungsportfolio optimiert werden?
- Welche Maßnahmen am Speichersystem sind aufgrund von Abnutzungsvorgängen bestehender Anlagenteile oder neuen Technologieopportunitäten notwendig bzw. sinnvoll?
- Welche Maßnahmen am Speichersystem sind aufgrund von Veränderungen im Anwendungsportfolio notwendig bzw. sinnvoll?

Bereits in der Konzeption und spätestens in der Vorbereitung der Ausschreibung wurde entschieden, wer die Verantwortung für die operative Steuerung und Überwachung des Speichersystems übernimmt, welche Daten dafür benötigt werden und wie der Zugriff darauf erfolgen soll.

Die Steuerung des Speichersystems erfolgt über ein Energiemanagementsystem, das typischerweise in einer Leitstelle die verschiedenen Anlagen am Standort integriert steuert. Da sich die Steuerungsdaten des Speichersystems aus den betrieblichen Prozessen ergeben, muss sorgfältig geprüft werden, ob und in welcher Tiefe externe Parteien Zugang zu diesen Daten erhalten sollen. Sollte auch der Betrieb des Speichersystems als Dienstleistung beauftragt worden sein, sollte die Absicherung der Datenkommunikation mit dem zu gewährleistenden Standard einen Teil des Leistungsverzeichnisses gebildet haben.

Für die technische Überwachung des Speichersystems ist ein Zugang zu den Daten des Batteriemanagementsystems erforderlich. Hier sollte Vorsorge getroffen werden, dass dies nicht als Einfallstor für einen Angriff auf die Batteriesteuerung genutzt werden kann, durch den die Sicherheit des Speicherbetriebs gefährdet werden könnte. Bei der Überwachung des Batteriemanagementsystems sollte mit dem Anbieter des Speichersystems geklärt werden, welche Betriebsdaten in welchem Detailgrad aufgezeichnet und gespeichert werden müssen, um im Fall eines Schadens die Ursachen dafür nachvollziehen zu können.

Im operativen Regelbetrieb liegt dessen Fokus auf der wirtschaftlichen Optimierung über die Lebensdauer des Speichersystems. Dies kann durch Maßnahmen zur Verlängerung der Nutzungsdauer erfolgen oder durch die Maximierung der Erträge aus dem Speicherbetrieb. Beides ist nicht immer unabhängig voneinander realisierbar.

Maßnahmen zur Verlängerung der Nutzungsdauer setzen zunächst voraus, dass Erkenntnisse dazu bestehen, welche Alterungsprozesse in dem Speichersystem dominieren und welche Parameter der Betriebsführung mit diesen Alterungsprozessen korrelieren. Sollte dies in der Konzeption und Realisierung des Speichersystems noch nicht hinreichend bekannt gewesen sein, muss ggf. Mess- und Kommunikationstechnik zur Überwachung der relevanten Betriebsparameter nachgerüstet werden. Die Erhebung dynamischer Daten zu Leistungs- und Haltbarkeitsdaten sowie zum Gesundheits- bzw. Alterungszustand der Batterie wird mit der Batterieverordnung 2023/1542 gefordert (Artikel 10 und 14 der BattV). Spätestens nach Einführung des digitalen Batteriepasses 2027 (Artikel 77 und 78 der BattV) werden diese vom dafür verantwortlichen Wirtschaftsakteur zugriffsberechtigten Personengruppen digital zur Verfügung zu stellen sein. Ergänzend müssen Anpassungen im Energiemanagementsystem und ggf. in den betrieblichen Abläufen geprüft werden, um die Einhaltung eines optimierten Betriebskorridors für diese Parameter zu erreichen.

Insbesondere bei Lithium-Ionen-Batterien hängen Alterungsvorgänge (bei sonst gleichen Umgebungsbedingungen) insbesondere von der Verweildauer des Speichersystems bei extremen Ladezuständen sowie der abgerufenen C-Rate in Abhängigkeit vom Ladezustand ab. Die Nutzung eines höheren Anteils der installierten Kapazität (Erhöhung des DOD (depth of discharge)) und Maximierung der C-Rate kann sowohl bei der Lastspitzenkappung als auch beim Energiehandel einen wirtschaftlichen Vorteil beim einzelnen Nutzungszyklus bieten, gleichzeitig aber die Lebensdauer und damit die Anzahl nutzbarer Zyklen minimieren.

In dem Zusammenhang sollten die Garantiebedingungen des Speicherherstellers besonders beachtet werden. Im Heimspeicherbereich wird als Garantie häufig eine Vollzyklenzahl angegeben, wobei diese Zyklenzahl meist mit der Anwendung PV-Eigenversorgung verbunden wird. Im Gegensatzt zum Heimspeicherbereich ist das Anwendungsportfolio im G&I-Bereich deutlich breiter, so dass die Kopplung

einer garantierten Zyklenlebensdauer in Verbindung mit einer spezifischen Einzelanwendung in der Praxis häufig nicht zielführend ist.

Hier kommt wieder das schon häufiger erwähnte erwartete Lastprofil aus der beabsichtigten Anwendungskombination ins Spiel. Ziel sollte es sein, vom Speicherhersteller eine Garantiezusage über die Anzahl von Nutzungszyklen auf Grundlage dieses Lastprofils und zusätzlich eine Angabe zur kalendarischen Lebensdauer des Speichersystems zu erhalten. Solange die Anzahl der Nutzungszyklen innerhalb der kalendarischen Lebensdauer nicht ausgereizt wird, ist eine wirtschaftliche Optimierung auf Kosten der Nutzungszyklen vertretbar. Darüber hinaus muss abgewogen werden.

Eine unkritische Optimierungsstrategie besteht darin, sich z. B. im Energiehandel auf besonders lukrative Handelsvorgänge zu beschränken. Die Optimierung erfolgt hierbei weniger am Speichersystem als vielmehr an den zum Einsatz kommenden Prognose- und Handelsalgorithmen.

Regelmäßige Wartungsprozesse dienen dazu, äußerliche Schäden an den verschiedenen Komponenten frühzeitig zu erkennen und geeignete Instandhaltungsmaßnahmen vorzunehmen. Beginnende Schädigungen von Batteriezellen lassen sich von außen nicht erkennen. Hierzu müssen die Betriebsdaten des Batteriemagementsystems des Speichersystems verfolgt und ausgewertet werden. Im Idealfall wurde bereits im Zuge der Technologieauswahl und Beauftragung mit dem Anbieter des Speichersystems vereinbart, welche Daten in welchem Detailgrad hierzu aufgezeichnet werden müssen und wer sich um die Auswertung dieser Daten kümmert. Eine Möglichkeit zur Prüfung auf beginnende Schädigungsprozesse besteht auch in der Durchführung regelmäßiger Testprozeduren und möglichst standardisierten Bedingungen. Die Durchführung von vollständigen Lade-Entladezyklen gibt Auskunft über mögliche Kapazitätsveränderungen. Regelmäßige Tests mit dem Standardprofil der beabsichtigten Anwendungen und ein Vergleich mit dem Reaktionsverhalten des Speichersystems bei der Inbetriebnahmeprüfung sind ebenfalls gut geeignet, Veränderungen am Speichersystem festzustellen.

Über die Lebensdauer eines Batteriespeichersystems können Veränderungen der Rahmenbedingungen eintreten, an die der Betrieb angepasst werden muss. Dies gilt insbesondere, wenn der Betrieb des Batteriespeichersystems nicht mit dem Lebensende der ersten Anlagengeneration beendet, sondern mit Ersatzinvestitionen fortgesetzt werden soll.

Veränderungen können sich besonders im ursprünglich beabsichtigten Anwendungsportfolio des Batteriespeichersystems ergeben, sowohl durch geänderte betriebliche Abläufe, die z.B. zu geringeren oder größeren Lastspitzen führen, als auch durch Verschiebungen an Energiemärkten, die als Sekundäranwendungen im Business Case eine Rolle spielten. Ggf. kann auch die Alterung des Batteriespeichersystems oder erforderliche Ersatzinvestitionen Einfluss auf den Regelbetrieb des Batteriespeichersystems nehmen.

Bei der Konzeption des Batteriespeichersystems sollte von vornherein bedacht werden, wie Anpassungen von Kapazität und Leistung oder Erweiterungen des Energiemanagementsystems um neue Anwendungen möglichst kosteneffizient vorgenommen werden können. Das gleiche gilt für den Austausch bestehender Systemkomponenten. Dabei ist davon auszugehen, dass die ursprünglich eingesetzte Zelltechnologie zum Zeitpunkt einer Ersatz- oder Ergänzungsinvestition nicht mehr erhältlich, sondern durch neue Generationen ersetzt worden ist, die eine andere Charakteristik aufweisen können. Möglich ist auch, dass andere/neuartige Speichertechnologien Vorteile versprechen.

Vermeehrt tritt die Frage der Wiederverwendbarkeit von Batteriemodulen nach Ende ihrer Einsatzzeit an Bedeutung. Grundsätzlich unterliegen Batteriespeicher einer Rücknahme- und Entsorgungspflichtung durch den Inverkehrbringer, der damit wiederum Dritte beauftragen kann. Die Wiederverwendung gebrauchter Batteriemodule, sog. „Second Life“ Anwendungen, steht noch am Anfang ihrer Entwicklung. Mit zunehmendem Volumen gebrauchter Batteriemodule und regulatorischen Vorgaben z. B. im Rahmen der europäischen Batterieverordnung (vgl. Abschnitt 7) steht aber zu erwarten, dass sich ein Markt für gebrauchte Batteriemodule entwickeln wird, so dass diese am Ende Ihrer Lebensdauer noch einen positiven Restwert besitzen können. Entscheidend für die Beurteilung des Wertes eines gebrauchten Batteriemoduls wird eine valide Einschätzung des technischen Zustands der Module am Ende ihres Einsatzes sein, die sich wiederum auf die aufgezeichneten Daten des Batteriemagementsystems gründen wird.

Aktuell noch schwierig, aber mittelfristig zunehmend wichtig wird es sein, bereits in der Anbieterauswahl zu berücksichtigen, wie gut das Systemdesign des Anbieters einen Austausch bzw. eine Wiederverwendbarkeit von Batterieeinheiten erlaubt und ob diese auf Ebene eines Moduls oder erst bei höher aggregierten Einheiten möglich ist.

9 Wirtschaftliche Betrachtung

9.1 Einleitung

Um ein Batteriespeicherprojekt realisieren zu können sind finanzielle Mittel für die Investition nötig. Dabei wird erwartet, dass der Batteriespeicher den erwarteten Nutzen gerechtfertigt. Um eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung des potenziellen Projektes vollziehen zu können, sind Kenntnisse über die Eingangsparameter notwendig, die einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben können. So müssen Aufwendungen, Einsparungen und Einnahmen im Nutzungszeitraum gegenübergestellt werden, um eine Vergleichbarkeit und eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung ausführen zu können. Es empfiehlt sich jedoch auch, weitere Beweggründe eines Batteriespeichers in Erwägung zu ziehen und nicht nur auf eine reine wirtschaftliche Betrachtung anzustreben. Somit ergeben sich noch zwei weitere Gründe für die Umsetzung eines Energiespeicherprojektes (siehe Bild 8). Dies können sowohl Nachhaltigkeitsgründe als auch ein technischer Treiber sein.

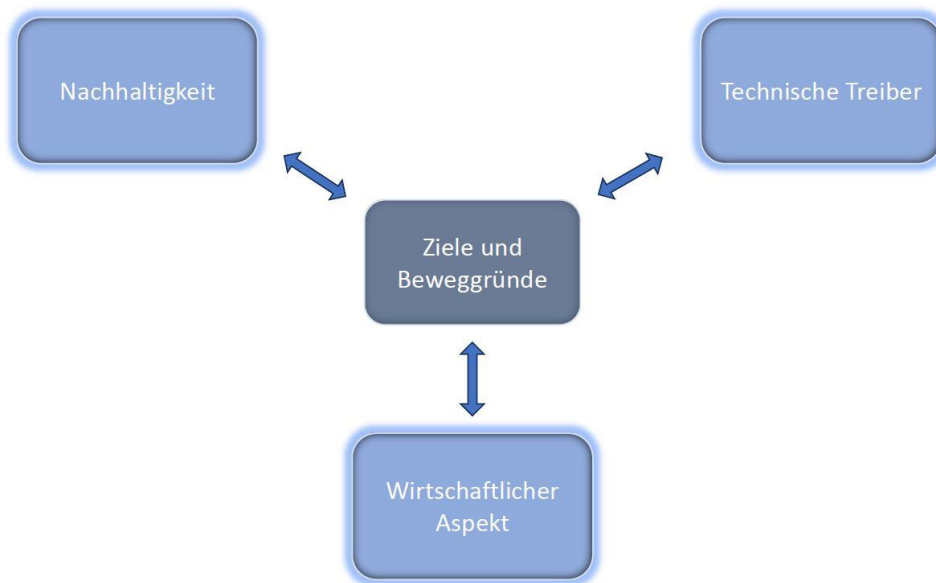


Bild 8 – Ziele und Beweggründe für den Einsatz eines Batteriespeichers

9.2 Nachhaltigkeit

Die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit ist von großer Bedeutung bei der Auswahl eines geeigneten Batteriespeichers. So ergeben sich aus der Sicht der Nachhaltigkeit mehrere Aspekte, die eine Begründung zur Investition führen können.

Durch den Einsatz von Batteriespeichern an geeigneten Stellen kann der CO₂-Abdruck eines bestehenden Systems, das von Energiequellen wie Öl, Gas oder Dieselgeneratoren betrieben wird, erheblich reduziert werden. Anstelle z.B. eines Diesel-Stromgenerator kann ein Batteriespeicher eingesetzt werden, der von Grund auf konzipiert ist Aufgaben wie die Ersatzstromerzeugung zu übernehmen. Nebenbei kann geprüft werden, ob der Batteriespeicher auch noch weitere Anwendungen übernehmen kann, um die Abhängigkeit von Öl- oder Gasheizungen zu verringern oder gänzlich darauf zu verzichten und im Allgemeinen den CO₂-Ausstoß zu reduzieren.

Außerdem tragen Batteriespeicher dazu bei, die Nutzung der regenerativen Energiequellen zu optimieren. Darüber hinaus gleichen die Batteriespeicher die Schwankungen der Verfügbarkeit von regenerativen Energiequellen aus und haben somit Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Anlage.

Ein G&I-Unternehmen, welches nachhaltige Werte verfolgt, kann sich mit den Werten eines nachhaltigen Energiespeichersystems identifizieren. Das sichtbare Element: das Energiespeichersystem wird zum Vorzeigebjekt und kann sich positiv auf Stakeholder als auch auf das Unternehmensimage widerspiegeln.

Wichtige Nachhaltigkeitsaspekte der Systemauslegung können mithilfe der folgenden Fragestellungen betrachtet werden:

- Die Lebensdauer und Zyklenfestigkeit des Speichers.

- Steuer- und Regelbarkeit des Batteriegesamtsystems, z.B. die mögliche Anbindung an das Energiemanagementsystem und weiteren Systemen
- Flexibilität und Skalierbarkeit des Speichers: die Möglichkeit den Speicher bei Bedarf zu erweitern ohne große Umbaumaßnahmen treffen zu müssen

9.3 Technischer Treiber

Energiespeicher sind nicht nur ein Schlüsselement in der Integration von erneuerbaren Energien. Es können auch technische Herausforderungen sein, wie z.B. der Bedarf einer konstanten Energieversorgung, die einen Speicher rechtfertigen.

Es ist erforderlich zu verstehen, ob es sich bei der Lösung eines technischen Problems um eine Primär- oder eine Zusatzanwendung handelt. Nicht jede Anwendung kann beliebig mit einer anderen kombiniert werden. Diese Einschränkung ist nicht immer durch die Vorgaben des Systemherstellers bedingt, sondern ergibt sich oft aus den technischen Rahmenbedingungen selbst.

Beispiel: Angenommen es wird die Primäranwendung der Eigenverbrauchsoptimierung gewählt und als Sekundäranwendung eine Absicherung gegen einen Netzausfall. Die beiden Anwendungen stehen in einem Zielkonflikt, da die Eigenverbrauchsoptimierung das Ziel hat, möglichst viel Energie umzusetzen und die volle Kapazität der Batterie zu nutzen. Bei der Absicherung gegen einen Netzausfall sollte sich die Batterie in einem bestimmten Ladungszustand befinden, um in einer Situation wie dem Netzausfall Energie bereitstellen zu können. Hierbei muss die Batterie eine gewisse Energiemenge (also der Ladezustand) vorhalten können, damit eine gewisse Zeit des Netzausfalls überbrückt werden kann. In der Theorie kann, um dem Problem entgegenzuwirken, die Kapazität des Systems erhöht werden, damit beide Anwendungen ihren Spielraum haben. In der Praxis jedoch sind die Mittel begrenzt und eine Erhöhung der Kapazität würde zu deutlich höheren Kosten führen.

Es wird empfohlen zu ermitteln, welche Anwendung zur Lösung eines bestimmten technischen Problems eingesetzt werden soll und ob es sich dabei um eine Primär- oder eine Zusatzanwendung handelt. Im Folgenden sind Beispiele für technische Treiber aufgelistet:

- Absicherung gegen Produktionsausfälle, die eine ständige Stromversorgung voraussetzen, z.B. Kühlräume, Prozesswärme und produzierendes Gewerbe
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung von kritischer Infrastruktur wie Krankenhäusern, Rechenzentren und Telekommunikationsanlagen
- Vermeidung von Netzausbau: Erhöht sich der Energiebedarf, kann dies dazu führen, dass der Netzanschluss erweitert werden muss. Ein Batteriespeicher mit entsprechender Hardware kann einen Ausbau dieser Art vermeiden und die Investitionskosten entsprechend senken.
- Anforderung an die Stromqualität (Ausgleich von Schwankungen und Sicherstellung von Netzqualität)
- Blindleistungskompensation

In dieser Hinsicht bieten Batterie-Energiespeichersysteme Lösungen diese technischen Probleme anzugehen. Beachtet werden müssen die benötigte Anwendung für den jeweiligen Anwendungsfall und die Priorisierung der Primär- und Sekundäranwendung.

9.3 Wirtschaftlicher Aspekt

Dieser Abschnitt widmet sich der Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Batterie-Energiespeichersystemen. Die zu Verfügung gestellten Informationen zielen darauf ab, ein besseres Verständnis der Kostenfaktoren von Energiespeichersystemen zu ermöglichen und deren Bewertung zu erleichtern. Zudem wird aufgezeigt, welche Methoden sich eignen, um diese Systeme zu bewerten zu können. Es lassen sich keine pauschalen Aussagen über eine bestimmte Anwendung oder Anwendungskombinationen treffen, da jedes Projekt unterschiedliche Umstände und Rahmenbedingungen aufweist. Es erweist sich somit schwierig, eine bestimmte Empfehlung für einen Anwendungsfall zu definieren.

Beginnend im Planungsprozess (vgl. Abschnitt 8) bis zum Rückbau eines Batterie-Energiespeichersystems entstehen Kosten, die in die Gesamtkalkulation einfließen müssen. Je präziser die Kosten und Erträge eines Projekts analysiert werden können, desto eher kann eine fundierte Bewertung eines Investitionsobjekts durchgeführt werden. Dabei sind alle anfallenden Kosten, aber auch Opportunitätskosten, genau zu analysieren und Strategien zu entwickeln, diese erst gar nicht entstehen zu lassen.

Folgend werden drei betriebswirtschaftliche Kennzahlen erläutert, auf deren Basis ein Investitionsvorhaben bewertet werden kann. Dabei muss beachtet werden, die Kosten der gesamten Lebensdauer zu berücksichtigen:

Der *Kapitalwert*, Net Present Value (NPV), ist das Ergebnis einer dynamischen Investitionsrechnung. Hier werden die Einnahmen abzüglich der Ausgaben über die Lebensdauer der Investition verrechnet. Es wird somit die Rentabilität und Wirtschaftlichkeit einer Investition bewertet. Ein positiver NPV zeigt, dass die Investition einen Mehrwert über die Kosten des zuvor aufgenommenen Startkapitals schafft [2].

Die *Stromgestehungskosten*, Levelized Cost of Energy (LCOE), beziehen sich auf die Kosten je erzeugter Einheit Energie über die gesamte Lebensdauer eines Projektes. Da er die Kosten auf der Energieerzeugung abbildet, wird der LCOE häufig in der Energiewirtschaft verwendet. Diese Kennzahl ist dann relevant, wenn das Batterie-Energiespeichersystem bei der eigenen oder regenerativen Stromerzeugung eingesetzt wird. Mit dieser Grundlage ist es möglich, die Kosten für das Batterie-Energiespeichersystem genauer zu bestimmen [2].

Eine wichtige Kennzahl stellt der Levelized Cost of Electricity Storage Technologies (LCOS, de: gewichtete Speicherkosten) dar. Es ermöglicht den Vergleich verschiedener Energiespeicheroptionen bzw. der Kosten für die jeweilige Speichertechnologie. Der LCOS wird speziell für Energiespeichersysteme verwendet und ermöglicht eine sehr genaue Analyse der Kosten der Energiespeicherung pro Einheit.

Für die jeweiligen betriebswirtschaftlichen Kennzahlen steht ein breites Spektrum an Informationsmaterial zur Verfügung [7].

Um eine Übersicht über die Kosten zu gewinnen, ist es hilfreich, die nachstehend aufgeführten Punkte als wesentliche Einflussfaktoren in Betracht zu ziehen, da diese eine hohe Kostenintensität aufweisen können:

- Investitionskosten
- Ladekosten
- Ladezyklen (wie viele Ladezyklen schafft der Batteriespeicher bis zum „End of Life“)
- Wirkungsgrad der einzelnen Bauteile und des Gesamtsystems

Weitere Kosten, die einen Einfluss auf die Investition haben:

- Projektplanung
- Anträge und Genehmigungen
- Transport- und Logistik
- Installation und Inbetriebnahme
- Wartung und Überwachung
- Ersatzkosten
- Entsorgung bei „End of Life“ [2][7]

9.4 Beispiel zur wirtschaftlichen Analyse von Anwendungskombinationen

Eine Option, um den Ertrag eines Batteriespeichers zu steigern, besteht darin Primär- und Sekundäranwendungen miteinander zu kombinieren. Der Batteriespeicher bewältigt somit nicht nur eine, sondern gleich zwei Anwendungen, z.B. die Eigenverbrauchsoptimierung und die Lastspitzenkappung. Dies ermöglicht es, die Wirtschaftlichkeit des Batterie-Energiespeichersystems zu erhöhen. Die möglichen Einschränkungen, die dabei entstehen können, wurden bereits im Beispiel im Abschnitt 9.3 genannt.

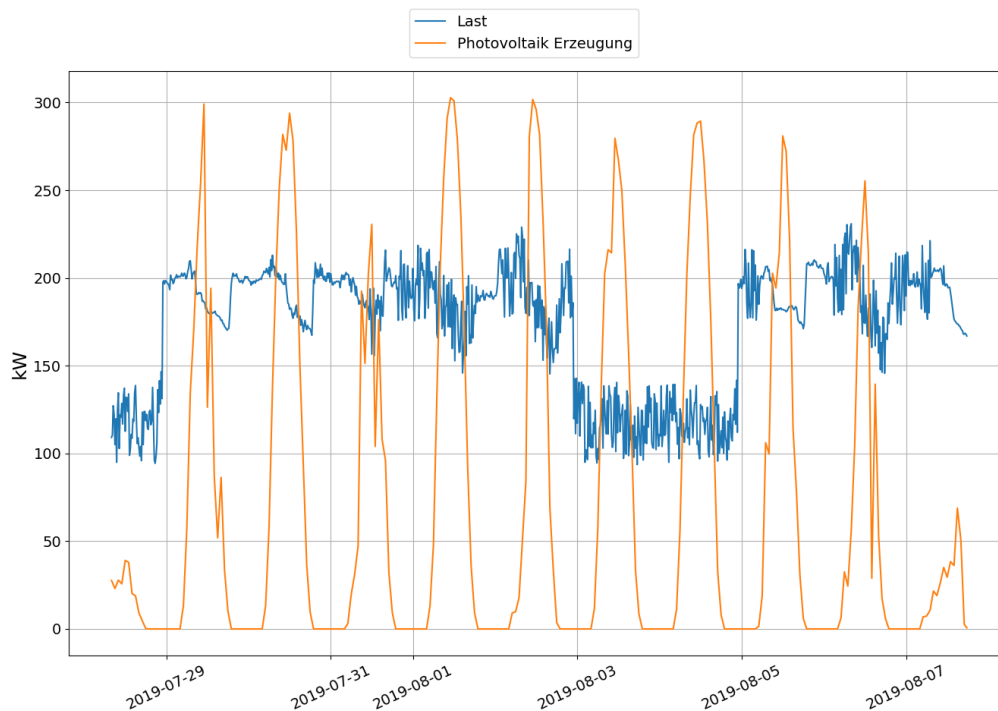


Bild 9 – Simulation von einer Photovoltaik-Erzeugung und einem G&I-Verbraucher

In einer durchgeführten Simulation wurden die Auswirkungen einzelner Anwendungen untersucht. Hierfür wurde die Lastspitzenkappung gewählt, welche 10 % der maximalen Last reduziert, um Netznutzungsentgelte zu verringern. Die zweite Anwendung fokussierte sich auf die Optimierung des Eigenverbrauchs (Eigenverbrauchsoptimierung) mit dem Ziel, die Effizienz der Photovoltaikanlage zu steigern. Die Simulation des Lastprofils wurde mithilfe des in einem Förderprojekt entwickelten Tools SynGHD erstellt [8]. Dabei entspricht das Lastprofil einer Gewerbe- und Industrie-Anwendung, die in einer industriellen Produktion im 3-Schicht-Modell eingesetzt wird. Auf dieser Basis konnten die Anwendungen in Bezug zum Lastprofil und der jeweiligen Anwendungsstrategie simuliert werden. In der Bild 9 ist zu sehen, wie die jeweiligen Anwendungen in Bezug zum Kapitalwert und in Hinblick auf ihre Speichergröße abschneiden. Die beiden Anwendungen, die Lastspitzenkappung als Primäranwendung und die Eigenverbrauchsoptimierung als Sekundäranwendung, wurden in der Simulation kombiniert.

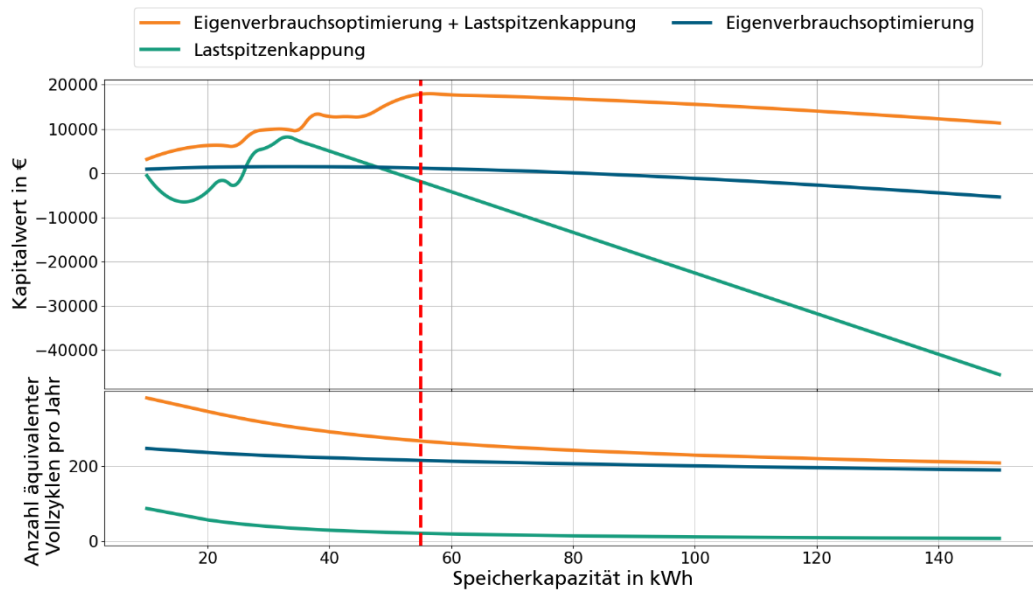


Bild 10 – Simulationsergebnis der Anwendungen Eigenverbrauchsoptimierung und der Lastspitzenkappung als auch in Kombination

Erkennbar ist das Potenzial, welches durch die Nutzung einer Sekundäranwendung entsteht. Wichtig zu erwähnen ist jedoch, dass die Eckdaten zu diesen Simulationen nicht genannt werden. Da jedes Projekt einzigartig ist, können diese Simulationen nicht auf andere Projekte übertragen werden. Dies ist auch nicht im Sinne des Leitfadens, vielmehr geht es um das Verständnis, dass Anwendungen kombiniert werden können und sich dadurch das wirtschaftliche Ergebnis ändern kann.

Beim Hinzufügen einer weiteren Anwendung (Sekundäranwendung) sollte geprüft werden, wie sich dadurch die Alterung der Batterie ändert. Denn durch eine weitere Anwendung wird die Anzahl der Ladezyklen steigen (siehe Bild 9). Dennoch ist eine optimale Zyklisierung des Batteriespeichers von Vorteil, um die wirtschaftliche Rentabilität erhöhen zu können. Eine sorgfältige Bewertung wird empfohlen, da eine sehr hohe Zyklisierung dazu führt, dass die Batterie schneller altert (degradiert). Dies ist jedoch abhängig von der gewählten Anwendung und dem bestehendem Lastprofi. Daher sollte auch dieser Aspekt in der Planung mitberücksichtigt werden.

Abschließend lässt sich sagen, dass eine Analyse des Energiebedarfs als auch eine Bewertung verschiedener Speichertechnologien wichtige Bestandteile in der „Machbarkeit“ (siehe Abschnitt 8.1) darstellen. Modellierung und Simulationen können helfen, den voraussichtlichen Ertrag zu kalkulieren und die Wirtschaftlichkeit unter verschiedenen Bedingungen vorherzusagen.

Die Planung von Batteriespeicheranlagen ist ein Prozess, der eine sorgfältige Abwägung einer Vielzahl von Faktoren erfordert. Neben den Kosten müssen auch Marktdynamiken berücksichtigt werden. Eine gründliche Planung und Analyse ist unerlässlich, um eine effiziente und rentable Batteriespeicherlösung zu realisieren.

Anhang A Übersicht über Normen, Standards und Richtlinien

Die folgende Übersicht zu Normen, Standards und Leitlinien sowie Richtlinien und Verordnungen ist das Ergebnis einer Recherche, die im Zuge des Projektes AnLeiBat durchgeführt wurde. Enthalten sind auch relevante Normprojekte, die zum Zeitpunkt der Erstellung in Bearbeitung waren. Die Dokumente wurden danach bewertet, ob sie die Aspekte Sicherheit, Netzanschluss, Performance und Haltbarkeit behandeln und für Batterie-G&I-Speicher anwendbar sind (X = zutreffend, O = bedingt zutreffend).

Die Übersicht spiegelt den Stand im November 2025 wider.

Tabelle A.1: Übersicht über Normen, Standards und Leitfäden

Zuständige Organisation	Dokumentnummer Projektreferenz	Titel	Sicherheit	Netzanschluss	Performance	Haltbarkeit	Beschreibung
DKE	DIN EN 61427-1 VDE 0510-40:2014-02	Wiederaufladbare Zellen und Batterien für die Speicherung erneuerbarer Energien - Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren	O		X	O	- Anwendbar für "off-grid", also netzunabhängige Anwendungen allgemeine Angaben zu den Anforderungen an wiederaufladbare Batterien für photovoltaische Solarenergie-Systeme (PVES) und für typische Prüfverfahren zum Nachweis der Leistungsfähigkeit der Batterie
DKE	DIN EN 61427-2 VDE 0510-41:2025-05	Wiederaufladbare Zellen und Batterien für die Speicherung erneuerbarer Energien- Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren			X	X	- Prüfverfahren für den Vergleich von Speichersystemen untereinander Anleitung zur Bestimmung und Auswahl geeigneter wiederaufladbarer Batterien für netzgekoppelte elektrische Speichersysteme
DKE	DIN EN IEC 62485-1 VDE 0510-485-1:2019-01	Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen - Teil 1: Allgemeine Sicherheitsinformationen	X				- enthält die grundsätzlichen Festlegungen, auf die in den weiteren Teilen dieser Normenreihe Bezug genommen wird - Adressiert Sicherheitsfragen unter Berücksichtigung der Gefahren durch Elektrizität (Installation, Laden, Entladen und so weiter); Elektrolyt; entzündliche Gasgemische und Lagerung und Transport.

Zuständige Organisation	Dokumentennummer Projektreferenz	Titel	Sicherheit	Netzanschluss	Performance	Haltbarkeit	Beschreibung
DKE	DIN EN IEC 62485-5 VDE 0510-485:2021-12	Sicherheitsanforderungen an sekundäre Batterien und Batterieanlagen - Teil 5: Sicherer Betrieb von stationären Lithium-Ionen-Batterien	X				<ul style="list-style-type: none"> - behandelt stationäre Batterien für industrielle Anwendungen in abgetrennten geschlossenen Gebäuden/Unterbringungsbereichen sowie stationäre Batterien in öffentlichen Gebäuden, Büros und privaten Wohnungen/Eigenheimen - 2 Installationen von einer oder mehreren stationären sekundären Batterie(n) mit einer höchsten Summgleichspannung von 1 500 V zu jedem Gleichspannungsteil des Energienetzes <p>Anforderungen zu Sicherheitsaspekten im Zusammenhang mit Installation, Gebrauch, Inspektion, Instandhaltung und Entsorgung von Lithium-Ionen-Batterien für stationäre Anwendungen</p>
DKE	DIN EN IEC 62619 VDE 0510-39:2023-08	Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht-säurehaltigen Elektrolyten - Sicherheitsanforderungen an sekundäre Lithiumzellen und -batterien für die Verwendung in industriellen Anwendungen	X				<ul style="list-style-type: none"> - Festlegung von Anforderungen und Prüfungen für den sicheren Betrieb von Lithium-Sekundärzellen und -batterien für die Verwendung in industriellen Anwendungen einschließlich stationären Anwendungen <p>behandelt Zellen und Batterien für die erstmalige Verwendung, Wiederverwendung, Verwendung für andere Zwecke, Zweitverwendung und ähnliches werden nicht berücksichtigt.</p>
DKE	DIN EN 62620 VDE 0510-35:2023-12	Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen nichtsäurehaltigen Elektrolyten Lithium-Akkumulatoren und -batterien für industrielle Anwendungen			X		Festlegung des Leistungshaltens von Lithium-Ionen-Akkumulatoren und Batterien für industrielle Anwendungen einschließlich ortsfester Anwendungen

Zuständige Organisation	Dokumentennummer Projektreferenz	Titel	Sicherheit	Netzanschluss	Performance	Haltbarkeit	Beschreibung
UL	UL 1973	Batteries for Use in Stationary and Motive Auxiliary Power Applications	X		O		<ul style="list-style-type: none"> - Behandelt Batterien zur Verwendung in Light Electric Rail und in stationären Anwendungen - Sicherheitsnorm für stationäre Batterien für Energiespeicheranwendungen, die sich nicht spezifisch eine auf Batterietechnik oder -chemie beschränkt. <p>Enthalten sind in der Sicherheitsnorm: Konstruktionsparameter, Metallteile, Gehäuse, Verdrahtung, Trennung von Stromkreisen, Isolation und u. v. m.</p>
UL	UL 9540 A	Test method for evaluating thermal runaway fire propagation in battery energy storage systems	X				UL9540 A ist an den UL 9540 angelehnt und behandelt zudem das Thema Sicherheit.
UN	UN 38.3	Sicherheitsanforderungen beim Transport von Lithiumbatterien	X				Der UN 38.3 Test stellt sicher, dass Lithium Batterien und-Zellen gefahrlos transportiert, werden können.
VDI	VDI 4657 Blatt 3 (2023-08)	Planung und Integration von Energiespeichern in Gebäudeenergiesystemen - Elektrische Stromspeicher (ESS)	O	O	X		<ul style="list-style-type: none"> - Grundlage für die Auswahl und Dimensionierung von elektrischen Stromspeichern für den Einsatz in unterschiedlichen Anwendungsgebieten - Anwendung bei der Planung und Dimensionierung von elektrischen Stromspeichersystemen für den Einsatz in Gebäuden mit Anschluss an das Verteilnetz unter Maßgabe der VDE-AR-N 4105 und VDE-AR-N 4110 - Anwendungsfälle zur Energiekostenoptimierung und Netzentlastung <p>Für Speichersysteme in der elektrischen Leistungsklasse von einem bis mehrere hundert kW Leistung bzw. kWh Kapazität</p>
VdS	Merkblatt VdS 3103:2019-06	Lithiumbatterien	X				Maßnahmen zur Schadensverhütung, Sicherheitsregeln und Erkenntnisse aus Brandversuchen
VdS	VdS 3856:2019-06	Sprinkler-Schutz von Lithiumbatterien	X				Einstufung, Löschkonzepte
VG	VG 96932-1:2016-12	Wiederaufladbare Lithium Batterien	O				Teil 1: Übersicht (Status einer DIN-Norm)
VG	VG 96932-2:2007-12	Wiederaufladbare Lithium Batterien	O				Teil 2: Fachgrundnorm (Status einer DIN-Norm)

Tabelle A.2: Übersicht zu laufenden Normungsaktivitäten zum Batteriepass

Zuständige Organisation	Dokumentnummer Projektreferenz	Titel	Sicherheit	Netzanschluss	Performance	Haltbarkeit	Beschreibung
CLC / DKE	Laufende Normungsarbeiten CLC TC 21X (M/579)	Mehrere Normungsarbeiten, u.a. - Diagnostics and determination of the State of Health (SoH) for batteries with a management system - Performance and durability for stationary storage applications - applications specific, to be differentiated by application (e.g. home storage, grid services...), to be based on EN xxxxx-1	X		X	X	<p>Arbeiten im DKE/K 371 Sekundärbatterie, u.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> - AK 371.1.8 Sicherheit von Lithium-Batterien – Industriebatterien - AK 371.1.10 Stationäre Energiespeichersysteme mit Li-Batterien – Sicherheitsanforderungen - AK 371.1.14 Stationärer Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien aus dem Fahrzeugbereich, einschließlich Second-life-Anwendungen - AK 371.0.100 Ad-hoc-Arbeitskreis Standardisation Request ‚Batteries‘ - AK 371.0.16 Digitaler Batteriepass - AK 371.0.18 Reparierbarkeit von Batterien <p>Basierend auf dem Normungsauftrag M/579 COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 7.12.2021 on a standardisation request to the European standardisation organisations as regards performance, safety and sustainability requirements for batteries</p>

Tabelle A.3: Übersicht zu Richtlinien, Verordnungen und Gesetzen

Referenz	Titel	Sicherheit	Netzanschluss	Performance	Haltbarkeit	Beschreibung
BattG	Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren	X				Das BattG gilt auf nationaler Ebene ergänzend zur Batterieverordnung 2023/1542 in Deutschland weiterhin und wird derzeit aktualisiert
2023/988/EU	Verordnung (EU) 2023/988 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. Mai 2023 über die allgemeine Produktsicherheit, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Richtlinie (EU) 2020/1828 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung der Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Richtlinie 87/357/EWG des Rates	X				General Product Safety (GPS)
2014/30/EU	Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (Neufassung)	O				EMV-Richtlinie EMC
1272/2008/EG	Verordnung (EU) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548 EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006	O				CLP-Verordnung
2011/65/EU	Richtlinie 2011/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Neufassung)	O			O	RoHS-Richtlinie
1907/2006/EG	Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission				O	REACH-Verordnung

2023/1542/EU	Verordnung (EU) 2023/1542 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG	X		O	O	Batterieverordnung (BattV) – siehe Abschnitt 7
2006/66/EC	Richtlinie 2006/66/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. September 2006 über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Alttakkumulatoren und zur Aufhebung der Richtlinie 91/157/EWG	O				

Literaturhinweise

- [1] Sterner, M., & Stadler, I. (2014). *Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration*. Springer Berlin Heidelberg.
- [2] Armin U. Schmiegel (2023). *Energiespeicher für die Energiewende-Auslegung und Betrieb von Speichersystemen*.
- [3] VDE e.V. (Hsg.) (2021). *Kompendium: Li-Ionen-Batterien Grundlagen, Merkmale, Gesetze und Normen*.
- [4] European Green Deal. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de
- [5] VERORDNUNG (EU) 2023/1542 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG (Batterieverordnung), verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2023_191_R_0001
- [6] Projekt "Battery Pass". www.thebatteryypass.eu
- [7] Schmidt, O., Melchior, S., Hawkes, A., & Staffell, I. (2019). *Projecting the Future Levelized Cost of Electricity Storage Technologies*. *Joule*, 3(1), 81-100. DOI: 10.1016/j.joule.2018.12.008.
- [8] Projekt "synGHD - Synthetische Lastprofile für eine effiziente Versorgungsplanung für Nicht-Wohngebäude". <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/synghd.html>
- [9] Battery Charts. <https://www.battery-charts.de>
- [10] BVES e.V. (2021). *Vorbeugender und abwehrender Brandschutz bei Lithium-Ionen Großspeichersystemen*. Verfügbar unter: <https://www.bves.de/publikation/brandschutzleitfaden-deutsch/>.
- [11] BVES e.V. (2014). *Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher*. Verfügbar unter: <https://www.bves.de/publikation/sicherheit-leitfaden-li-ion-hausspeicher/>.
- [12] European Association for Storage of Energy EASE (2020). *Energy Storage Applications Summary*. Verfügbar unter: <https://ease-storage.eu/energy-storage/applications/>.
- [13] Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 5. Februar 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 32) geändert worden ist. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/BJNR197010005.html
- [14] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023). *Stromspeicherstrategie - Handlungsfelder und Maßnahmen für eine anhaltende Ausbaudynamik und optimale Systemintegration von Stromspeichern*. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/stromspeicherstrategie-231208.pdf?__blob=publicationFile&v=2

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e. V.

Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
Tel. +49 69 6308-0
service@vde.com
www.vde.com

VDE