

Fachgerechte Planung und Ausführung von konventioneller und regenerativer Haustechnik

Aktuelle energetische und technische Grundlagen zur Dimensionierung, Installation und Instandhaltung

Bearbeitet von
Bertram Witz

Grundwerk mit Ergänzungslieferungen 2015. Loseblattwerk inkl. Online-Nutzung. In 1 Ordner

ISBN 978 3 86586 187 0

Format (B x L): 20,1 x 23,0 cm

Gewicht: 1837 g

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Leseprobe zum Download



Liebe Besucherinnen und Besucher unserer Homepage,

tagtäglich müssen Sie wichtige Entscheidungen treffen, Mitarbeiter führen oder sich technischen Herausforderungen stellen. Dazu brauchen Sie verlässliche Informationen, direkt einsetzbare Arbeitshilfen und Tipps aus der Praxis.

Es ist unser Ziel, Ihnen genau das zu liefern. Dafür steht seit mehr als 25 Jahren die FORUM VERLAG HERKERT GMBH.

Zusammen mit Fachexperten und Praktikern entwickeln wir unser Portfolio ständig weiter, basierend auf Ihren speziellen Bedürfnissen.

Überzeugen Sie sich selbst von der Aktualität und vom hohen Praxisnutzen unseres Angebots.

Falls Sie noch nähere Informationen wünschen oder gleich über die Homepage bestellen möchten, klicken Sie einfach auf den Button „In den Warenkorb“ oder wenden sich bitte direkt an:

FORUM VERLAG HERKERT GMBH

Mandichostr. 18

86504 Merching

Telefon: 08233 / 381-123

Telefax: 08233 / 381-222

E-Mail: service@forum-verlag.com

www.forum-verlag.com

7.5.3 Batteriespeichersysteme zur Eigenverbrauchserhöhung

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über den Einsatz von Batteriespeichersystemen in Gebäuden zur Erhöhung des Eigenverbrauchs von vor Ort erzeugtem Solarstrom. Erläutert werden die Funktionsweise und die grundlegenden Merkmale von Batteriespeichersystemen, die Auswahl von Batteriespeichersystemen sowie die Berechnung der Wirtschaftlichkeit.

7.5.3.1 Technologische Grundlagen und Batteriespeichersysteme

In diesem Kapitel werden der Aufbau eines Batteriespeichers und die Merkmale, die einen Batteriespeicher beschreiben, erläutert.

Komponenten und Aufbau eines Batteriespeichersystems

Batteriespeichersysteme (BSS) sind komplexe technische Anlagen mit einer Vielzahl von Komponenten. Abb. 1 zeigt ein Schema mit den Komponenten eines BSS, die im Folgenden erläutert werden.

Batteriezellen sind die Basiskomponente eines BSS. In Batteriezellen wird elektrische Energie in Form von chemischer Energie zwischengespeichert und bei Bedarf dann wieder abgegeben. Eine Batteriezelle besteht prinzipiell aus einem Elektrolyt, zwei unterschiedlichen Elektroden (Kathode und Anode) und einem Separator (vgl. Abb. 2).

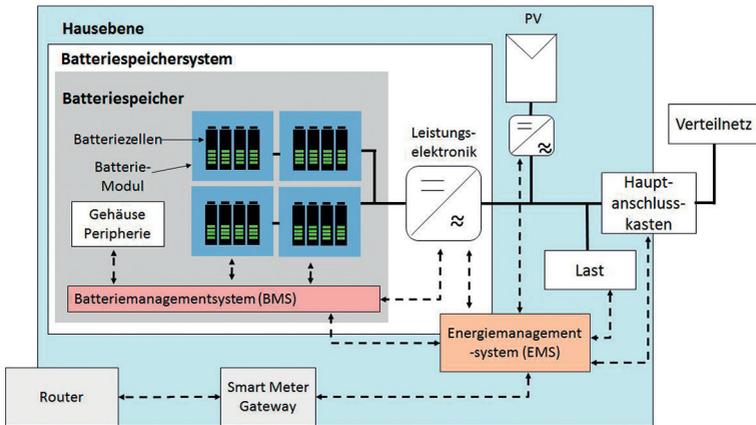


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau und Integration eines Batteriespeichersystems in der Anwendung Eigenverbrauchserhöhung mittels einer AC-Kopplung. (Quelle: schäffler consult)

Zellchemie und Elektroden- materialien

Im ionen-leitenden Elektrolyten befinden sich die Elektroden, die aus unterschiedlichen Metallen bestehen. Je nach Elektrodenauswahl wird von der grundlegenden **Zellchemie** des Batteriespeichersystems gesprochen. Aufgrund der eingesetzten Elektrodenmaterialien ergeben sich unterschiedliche Potentiale pro Halbzelle. Diese zwei Halbzellenpotentiale pro Batteriezelle bilden die jeweilige Klemmspannung.

Die Elektrodenmaterialien bestimmen neben der Zellspannung auch andere grundlegende Eigenschaften wie den Wirkungsgrad, die Energiedichte und die Alterungseffekte eines Batteriespeichers. Die Spannung hängt neben den verwendeten Materialien auch von dem Füllstand der Batterie und der Temperatur ab.

Um einen Kurzschluss zwischen der Kathode und der Anode zu verhindern, wird ein Separator zwischen den Elektroden verwendet. Dieser muss jedoch ionenleitend sein, um die notwendige Redox-Reaktion zu ermöglichen.

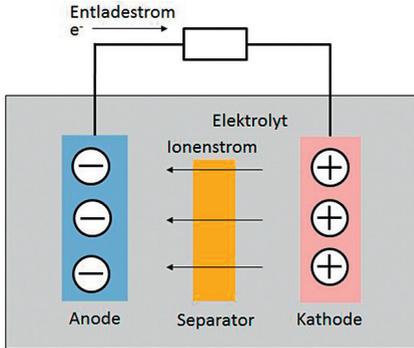


Abb. 2: Funktionsschema einer elektrochemischen Batteriezelle für den Entladevorgang.

Batteriezellen werden zusammengeschaltet und bilden ein Batteriemodul. Dabei werden die positiven und negativen Pole so verschaltet, dass sich die Spannungen der Batteriezellen addieren und höhere Spannungsebenen erreicht werden.

Batteriemodul

Ein Batteriespeicher umfasst mehrere Batteriemodule sowie Peripheriekomponenten zur Lüftung, Schaltung und Sicherheitskomponenten, die zusammen in einen Schrank eingebaut sind.

*Batteriespeicher und
Batteriespeicher-
system*

Um ein Batteriesystem in einem Gebäude zu nutzen, muss es mit Hilfe von Leistungselektronik mit dem elektrischen Hausnetz gekoppelt werden. Hierfür gibt es zwei Arten der Kopplung:

- Bei der sogenannten **DC-Kopplung** (Gleichstrom) werden die Batteriespeicher mit dem Wechselrichter der PV-Anlage verbunden. Die Be- und Entladung erfolgt mit Gleichstrom.
- Bei der **AC-Kopplung** (Wechselstrom) wird ein eigener Wechselrichter verwendet, um den Gleichstrom

des Batteriespeichers in Wechselstrom des Hausnetzes zu wandeln und umgekehrt (vgl. Abb. 1)

Beide Kopplungsmethoden weisen Vor- und Nachteile auf. Wie Tab. 1 zeigt, ist die DC-Kopplung effizienter und in der Neuanschaffung günstiger als die AC-Kopplung. Nachteilig ist dagegen, dass das System nicht so flexibel angepasst werden kann. Welche Kopplungsmethode vorteilhafter ist, hängt daher von der Anwendung ab. Soll der Eigenverbrauchsanteil stark erhöht werden, so ist eine DC-Kopplung sinnvoll, da diese weniger Verlust verursacht als eine AC-Kopplung. Die AC-Kopplung ist hingegen bei vielen Systemanbietern und Leistungselektronikherstellern beliebt und ist einfach erweiterbar und flexibel. In den letzten Jahren geht der Markttrend hin zur AC-Kopplung.

	DC-Kopplung	AC-Kopplung
Vorteil	<ul style="list-style-type: none"> • Effizienter als AC-Kopplung, da der Solarstrom nur einmal umgewandelt werden muss • Preiswerter bei neuen Anlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Integration in bestehende PV-Systeme • Unabhängige Erweiterung des Speichers von PV-Größe möglich • Beeinflusst den Solarwechselrichter nicht
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> • Wenig flexibel (nur der Wechselrichter des Systemanbieters kann ggf. verwendet werden) • Erweiterung des Speichers komplex 	<ul style="list-style-type: none"> • Solarstrom wird dreimal umgewandelt. Daraus ergibt sich ein geringer Systemwirkungsgrad • Wechselrichter und Batteriesystem bilden keine Einheit.

Tab. 1: Prinzipielle Vor und Nachteile der DC- und AC-Kopplung

Batteriespeicher und Leistungselektronik zusammen bilden das **Batteriespeichersystem (BSS)**. Die Batteriezellen, die Batteriemodelle, die Peripheriegeräte sowie die integrierte Leistungselektronik werden von einem **Batteriemanagementsystem (BMS)** überwacht. Das BMS steuert den Lade- und Entladevorgang und bestimmt Batterieparameter wie z. B. den Ladezustand und den Alterungszustand (vgl. Abb. 1)

Zusammen mit der Erzeugungsanlage und den Lasten bildet das BSS dann das **Gebäudeenergiesystem (GES)**. Die Energieflüsse zwischen den Systemkomponenten sowie von und in das Stromnetz werden von einem **Energiemanagementsystem (EMS)** gesteuert.

Bei einfachen Heimspeichersystemen werden die Funktionen des Batterie- und Energiemanagementsystems häufig in die Steuerung des Batteriewechselrichters integriert.

Das BMS bzw. das EMS werden heute i. d. R. mit Kommunikationsschnittstellen ausgestattet. Über diese Schnittstellen können wesentliche Systemparameter an das Gehäusedisplay, ins Internet oder an die Monitoringsysteme des Herstellers übertragen werden. Der Hausbesitzer bzw. Endnutzer kann so den Ladezustand auch auf einem Smartphone sehen. Wird ein BSS an ein virtuelles Kraftwerk angebunden, kann über die Schnittstellen auch der Speicherbetrieb gesteuert werden.

*Kommunikations-
schnittstellen*

Merkmale von Batteriespeichersystemen

Im Folgenden werden die wichtigsten Merkmale erläutert.

Die **Energiemenge** bzw. die **Batteriekapazität** (C_{batt}) beschreibt, wieviel elektrische Energie eine Batterie speichern kann und wird marktüblich in **kWh** angegeben. Die Batteriekapazität wird zumeist als **Nennkapazität** angegeben, welche bei definierten Entladeströmen und Temperaturen erzielt wird. Prinzipiell gilt, je höher die Lade- und Entladeströme sind, desto weniger Energie kann aufgenommen bzw. abgegeben werden.

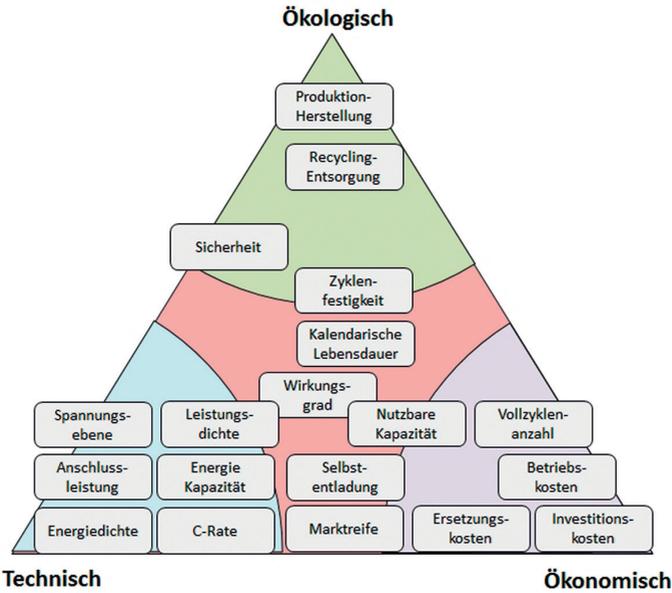


Abb. 2: Merkmale von Batteriespeichersystemen unterteilt nach ökologischen, technischen und ökonomischen Aspekten. (Quelle: schäffler consult).

Spannungsebene Bleibatteriezellen haben beispielsweise eine Nennklemmspannung von 2 V. Durch serielle Verschaltung von Bleibatteriezellen werden Spannungsebenen mit 12, 24 und 48 V erreicht. Da heutzutage zunehmend auch andere Elektrodenmaterialien verwendet werden, werden auch andere Spannungsebenen erreicht (vgl. Tab. 2).

	Blei-batterie	Lithium-Cobald-Oxid	Lithium-Eisen-phosphat	Vanadium-RFB
Nennspannung pro Zeile	2,0 V	3,6 V	3,2 V	1,4 V

Tab. 2: Zellnennspannungen von verschiedenen Batterietechnologien

BSS können nur mit einer maximal erlaubten **Anschlussleistung** be- oder entladen werden. Das Verhältnis der Anschlussleistung und Batteriekapazität wird als **C-Rate** bezeichnet. Bei sog. **Leistungsspeichern** ist die C-Rate sehr hoch. Die Energiemenge kann daher in sehr kurzer Zeit ein- oder ausgespeichert werden. Bei einer niedrigen C-Rate benötigt die Be- und Entladung hingegen relativ viel Zeit.

$$C_{\text{Rate}} = \frac{\text{Anschlussleistung in KW}}{\text{Batteriekapazität in kWh}}$$

Durch die Auswahl der Elektrodenmaterialien und die baulichen Maßnahmen haben Batteriespeicher unterschiedliche Energie- und Leistungsdichten. Die **Energiedichte** kann entweder als gravimetrische Energiedichte in Wh/kg oder als volumetrische Energiedichte in Wh/l angegeben werden. Eine hohe Energiedichte bedeutet, dass der Batteriespeicher eine geringere Fläche bzw. ein geringeres Volumen benötigt im Vergleich zu einem Batteriespeicher mit geringerer Energiedichte.

Der **Ladezustand** einer Batterie, also der Anteil der Batteriekapazität, der zu einem Zeitpunkt geladen ist, wird üblicherweise mit dem englischen Fachbegriff **State of Charge (SOC)** in Prozent der Batteriekapazität bezeichnet.

Die meisten Batterietechnologien können nicht vollständig entladen werden. Bleibatterien z. B. können nur bis zu einem SOC von 40 % entladen werden. Wird die Batterie tiefer entladen, altert sie sehr schnell bzw. wird im Extremfall sogar zerstört.

Die **nutzbare Kapazität** bzw. die **maximale Entladetiefe** ist daher niedriger als die Nennkapazität. Die

*Anschlussleistung,
C-Rate und typische
Entladezeit*

*Energie- und
Leistungsdichte*

*Ladezustand (SOC)
und Entladetiefe
(DOD)*

Entladetiefe wird oft mit „depth of discharge“, kurz **DOD**, angegeben.

$$DOD = 100 \% - SOC$$

Selbstentladung

Wie jeder Speicher haben auch Batteriespeicher Verluste im Stillstand. Diese **Selbstentladung** wird in %/Monat des Ladezustandes angegeben. Batteriespeicher werden häufig beladen und entladen. Demnach fällt die Selbstentladung nicht signifikant ins Gewicht, da lange Stillzeiten nicht die Regel sind. Allerdings werden Batteriespeicher, die ausschließlich den Eigenverbrauch erhöhen sollen, im Winter kaum verwendet.

Das Verhältnis aus ausgespeicherter zu eingespeicherter Energie wird dabei als **energetischer Wirkungsgrad** bezeichnet. Wird angenommen, dass ein Batteriespeicher einen energetischen Wirkungsgrad von 95 % hat und die jeweilige Umwandlung in der Leistungselektronik einen Wirkungsgrad von 97 %, ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad des BSS von 89 %. Moderne Lithium-Ionen-Systeme erreichen etwa 90 % Gesamtwirkungsgrad, Bleibatteriespeicher hingegen bedingt durch ihren geringen Batteriewirkungsgrad (85 %) nur etwa 80 %. (vgl. Abb. 3)

$$\eta_{BSS} = \frac{\text{ausgespeicherte Energie}}{\text{eingespeicherte Energie}}$$

$$\eta_{BSS} = \eta_{\text{Wechselrichter}}^* \eta_{\text{Speicherung}}^* \eta_{\text{Wechselrichter}}$$

Kalendarische Lebensdauer und maximale Zyklenzahl

Die Nutzungsdauer eines Batteriespeichers ist durch zwei Faktoren begrenzt, die **maximale Zyklenzahl** sowie die **kalendarische Lebensdauer**. Die Zyklenzahl beschreibt die Anzahl der Vollzyklen, bis die nutzbare

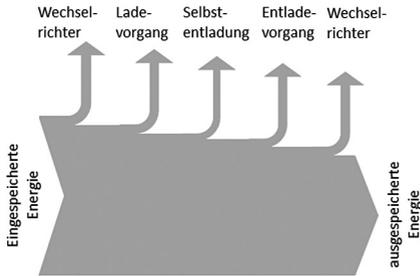


Abb. 3.: Energieflussdiagramm eines Batteriespeichersystems mit den jeweiligen Verlusten an jeder Systemkomponente.
(Quelle: schäffler consult)

Kapazität des Batteriespeichers auf einen bestimmten Grenzwert abgesunken ist, bei dem das Batteriesystem ausgemustert wird. Grund hierfür ist, dass durch jeden Zyklus die nutzbare Kapazität ein wenig abnimmt. Die maximale Zyklenanzahl wird auch als **Zyklusfestigkeit** oder **Zyklusstabilität** bezeichnet.

Bei Bleibatterien z. B. wird der Batteriespeicher ausgemustert, wenn die nutzbare Batteriekapazität 80 % der ursprünglichen Kapazität erreicht.

Aber auch ohne Nutzung altert das Batteriesystem durch innere chemische Prozesse. Die kalendarische Lebensdauer beschreibt wie lange eine Batterie unabhängig von der Zyklenanzahl verwendet werden kann.

Je nach Anwendung ist die Zyklenzahl oder kalendarische Lebensdauer der begrenzende Faktor.

$$t_{\text{Austauch}} = \frac{\text{Zyklenanzahl}}{\text{Zyklen pro Jahr}}$$

Batteriespeichertechnologien unterscheiden sich sehr stark in ihrer technologischen Ausgereiftheit. Während Bleibatterien technologisch ausgereift sind,

*Marktreife und
Marktdurchdringung*

befinden sich Lithium-Ionenspeicher für stationäre Anwendungen gerade in der massenhaften Markteinführung. Redox-Flow-Batteriespeicher hingegen stehen noch am Anfang der Markteinführung. Wasserstofftechnologien für die stationäre Anwendung befinden sich gerade im Feldteststadium und sind aktuell ab einer Leistung von 100 kW techno-ökonomisch umsetzbar (vgl. Abb. 4).

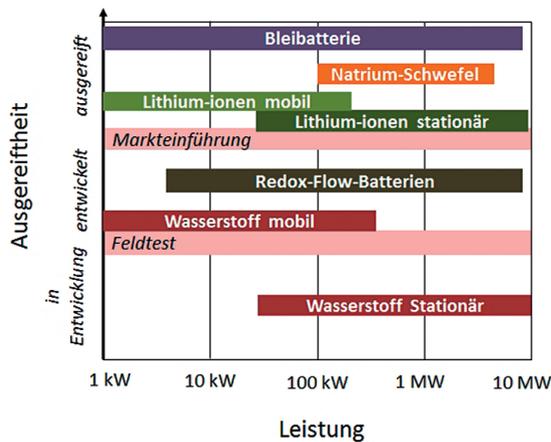


Abb. 4: Technischer Entwicklungsgrad von Batteriespeichern über der Anschlussleistung. (Quelle: schäffler consult)

Batteriespeichertechnologien

Batteriespeicher können Entladezeiten von wenigen Minuten bis zu einigen Tagen abdecken (vgl. Abb. 5). Die mögliche Energiemenge reicht dabei von wenigen Wh bis mehreren MWh, die Leistung von wenigen W bis einigen MW. Batterien konkurrieren bei kurzen Entladezeiten mit Schwungrädern und Kondensatoren. Im Bereich großer Leistungen und langer Entladezeiten, von einem bis mehreren Tagen, stehen Batteriespei-

Bestellmöglichkeiten



Fachgerechte Planung und Ausführung von konventioneller und regenerativer Haustechnik

Für weitere Produktinformationen oder zum Bestellen hilft Ihnen unser Kundenservice gerne weiter:

Kundenservice

☎ **Telefon: 08233 / 381-123**

✉ **E-Mail: service@forum-verlag.com**

Oder nutzen Sie bequem die Informations- und Bestellmöglichkeiten zu diesem Produkt in unserem Online-Shop:

Internet

🌐 **<http://www.forum-verlag.com/details/index/id/5867>**