

Merkblatt Photovoltaik Nr. 13

Planung und Installation von stationären Batteriespeichern

Die Kombination von netzgekoppelten PV-Anlagen und elektrischen Energiespeichersystemen hat in den letzten Jahren in der Schweiz deutlich an Bedeutung gewonnen. Der stark wachsende Schweizer PV-Markt zeigt, dass vor allem im Segment der Ein- und Mehrfamilienhäuser Lösungen gefragt sind.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Das vorliegende Merkblatt baut auf der Version aus dem Jahr 2019 auf und aktualisiert die bestehenden Informationen und ergänzt sie mit neuen und wichtigen Aspekten. Die Überarbeitung wurde durch die Arbeitsgruppe dezentrale Speicher von Swissolar sowie die Fachkommission des Verbands Gebäudehülle Schweiz initiiert. Für eine breite Abstützung hat sich eine Arbeitsgruppe bestehend aus EIT.swiss, Gebäudehülle Schweiz sowie INOBAT und Swissolar gebildet. Durch die Verknüpfung des breiten Wissens ist dieses Merkblatt entstanden.

1.2 Ausgangslage

Der Trend aus Deutschland zur Kombination von netzgekoppelten PV-Anlagen mit elektrischen Energiespeichersystemen zeichnet sich in den letzten Jahren auch in der Schweiz vermehrt ab. Die Systeme werden hierzulande zwar nicht eidgenössisch gefördert, bringen jedoch diverse Vorteile für die Anlagenbetreiber und Hausbesitzer mit. Durch die bestehenden Speicherseen hat die Schweiz bereits grosse Speichermöglichkeiten für den überschüssigen Solarstrom, gleichzeitig werden die Energiespeicher im Privatsegment immer beliebter. In der Zukunft wird zusätzlich die Integration der Elektromobilität deutlich an Bedeutung gewinnen.



Abbildung 1: PV-Anlage mit einem hybriden DC-Speichersystem in Einfamilienhaus (EFH)-Segment (Quelle: BS Strohmeier AG)

1.3 Ziel

Dieses Merkblatt zeigt Fachleuten die relevantesten Punkte für die Kundenberatung, Projektierung, Installation sowie die Inbetriebnahme und das Recycling von elektrischen Energiespeichersystemen auf. Weiter beinhaltet es Hilfsmittel zur Dimensionierung, zum Vergleich unterschiedlicher Technologien sowie zur Wirtschaftlichkeitsberechnung. Der Hauptfokus liegt dabei hauptsächlich auf Systemen für den privaten Anwendungsfall und somit auf Ein- und Mehrfamilienhäusern (EFH bzw. MFH). Der Anwendungsfall von industriellen Systemen wurde bewusst ausgeklammert.

Das vorliegende Merkblatt gibt eine Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte. Es beschränkt sich auf elektrochemische, wiederaufladbare Batterien (Akkus), wovon vorwiegend Lithium-Ionen-Batterien angewendet werden. Andere Energiespeichermöglichkeiten wie Wärme-, Druckluft- oder Schwungradspeicher und Batterien in Elektrofahrzeugen werden hier nicht weiter behandelt.

2 Definitionen und Begriffserklärungen

| | | | |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Umrichter | Gerät zur Umwandlung von Strom und Spannung, zum Beispiel Gleichstrom zu Wechselstrom oder umgekehrt, andere geläufige Bezeichnungen sind je nach Anwendung: Wechselrichter, Ladegerät oder bidirektionaler Umrichter | | ohne dass das Speichersystem Schaden nimmt. Auf Englisch spricht man auch vom «Depth of Discharge» kurz DOD. |
| Batterie/ Batteriespeicher | Gerät zur Speicherung der elektrischen Energie | Vollzyklus | Je ein ganzer Lade- und Entladezyklus ergeben zusammen einen Vollzyklus. Lade- und Entladezyklus können sich aus beliebig vielen Teillade- und Teilentladezyklen zusammensetzen. |
| Eigenverbrauch | Summe der vor Ort in Eigenproduktion zeitgleich verbrauchten oder gespeicherten Energie $\frac{\text{Eigenverbrauch total in kWh}}{\text{PV - Produktion total in kWh}} * 100 = \text{Eigenverbrauchsanteil in \%}$ | Lade-/ Entladerate (auch C-Rate) | Die C-Rate bezeichnet den auf die Nennkapazität des Akkus in Amperestunden (Ah) bezogenen Lade- oder Entladestrom. 1 C bedeutet, dass das Speichersystem in 1 Stunde geladen/entladen ist. In der Praxis wird mit der C-Rate oftmals bezeichnet, mit welcher Leistung die Batterie in Bezug auf die Nennkapazität in kWh geladen/entladen wird. (Ein Speicher mit einer Kapazität von 10 kWh ist bei 1 C innerhalb von einer Stunde mit einer Entladeleistung von 10 kW voll entladen.) |
| Eigenverbrauchsanteil | Der Eigenverbrauchsanteil beschreibt den Anteil des erzeugten Solarstroms, der entweder zeitgleich durch die Stromverbraucher oder zur Ladung des Batteriespeichers genutzt wird. Je höher der Eigenverbrauchsanteil ist, desto weniger Solarstrom wird in das Netz eingespeist. | Lade-/Entladeleistung | Verhältnis von Energiemenge zu Zeiteinheit beim Laden/Entladen |
| Solarstromanteil, solarer Deckungsgrad | $\frac{\text{Produktion total in kWh}}{\text{Verbrauch total in kWh}} * 100 = \text{Solarstromanteil in \%}$ | Batteriemanagementsystem (BMS) | Überwacht, regelt und schützt die Speichermodule |
| Autarkiegrad | $\frac{\text{Eigenverbrauch total in kWh}}{\text{Verbrauch total in kWh}} * 100 = \text{Autarkiegrad in \%}$ Der Autarkiegrad steht für die Unabhängigkeit vom externen Elektrizitätsnetz und berechnet sich aus dem Verhältnis von Eigenverbrauch zum Gesamtverbrauch. | Ladezustand (SoC) | Der vom Batteriemanagementsystem festgestellte und visualisierte Ladezustand des Batteriesystems. Idealerweise kann der Ladezustand, auf Englisch auch State of Charge (SoC) genannt, über ein Portal bzw. eine App abgerufen und überwacht werden. |
| AC | Alternating Current, steht für Wechselstrom resp. Wechselspannung, hier mit 50 Hz, 230/400 V | Regelleistung | Kurzfristig zur Verfügung gestellte Leistung zur Stabilisierung des Netzbetriebes |
| DC | Direct Current, steht für Gleichstrom resp. Gleichspannung, hier bis maximal 1500 V | Backup-System | Versorgung der Elektrizitätsverbraucher durch das Speichersystem während eines Netzausfalls. Nicht zu verwechseln mit einer USV. |
| Hybridwechselrichter | PV-Wechselrichter, bei dem das Speichersystem oder der Batteriewechselrichter bereits integriert ist (regelt sowohl die Photovoltaikanlage als auch das Laden/Entladen des Speichersystems) | USV | Unterbrechungsfreie Stromversorgung |
| Nennkapazität | Die gesamthaft maximal gespeicherte Energiemenge gemäss Datenblatt | Inselbetrieb | Elektrizitätsversorgung ohne Verbindung zum Elektrizitätsnetz |
| Nutzbare Speicherkapazität/ Batteriekapazität | Die effektiv nutzbare Kapazität im Normalbetrieb | Second-Life-Batterie | Steht für die Wiederverwendung eines Speichersystems nach seinem erstmaligen Einsatz, um Ressourcen und Kosten zu sparen (z. B. Elektroauto). |
| Maximale Entladetiefe (auch DOD) | Wird oft in Prozent angegeben und zeigt das Verhältnis von maximaler Energieentnahme zu gesamthaft gespeicherter Energiemenge (Nennkapazität), | HAK | Abkürzung für den Hausanschluss-Kasten, die Schnittstelle von der Hausinstallation zum Verteilnetz. |

3 Übersicht

Mittlerweile ist eine Vielzahl von Stromspeichern auf dem Markt vorhanden. Man unterscheidet zwischen AC- und DC-gekoppelten Systemen. Es lohnt sich, bei der Systemwahl die Vor- und Nachteile abzuwägen, damit eine spätere Neuinstallation oder auch eine Erweiterung möglichst einfach erfolgen kann.

3.1 AC-Systeme

Ein Stromspeicher, der als AC-System aufgebaut ist, wird direkt mit einem Wechselrichter ans Stromnetz angeschlossen. Dabei wird der Gleichstrom aus dem Speicher in netzkonformen Wechselstrom umgeformt. Frequenz, Phasenzahl, Phasenlage und Netzspannung werden dem örtlichen Stromnetz angeglichen.

Vor- und Nachteile von AC-Systemen:

- Grösste Auswahl, da AC-Systeme weit verbreitet sind
- Maximale Flexibilität, da AC-Systeme standardisiert sind
- Kostenintensiver, da mehr Komponenten nötig sind, z. B. Wechselrichter oder Stromzähler
- Oft etwas weniger effizient, da mehr Umwandlungsprozesse notwendig sind

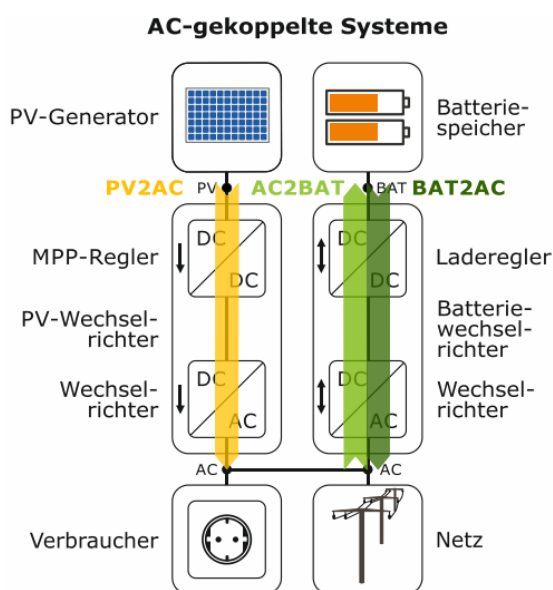


Abbildung 2: Aufbau eines AC-gekoppelten Speichers
(Quelle: HTW Berlin – Stromspeicher-Inspektion 2022)

3.2 DC-Systeme (hybrid)

Ein Stromspeicher, der als DC-System aufgebaut ist, wird indirekt mit einem sogenannten Hybridwechselrichter ans Stromnetz angeschlossen. Bei einem DC-System werden zuerst einzelne DC-Systeme zu einem Gesamtsystem zusammengefasst. Ein Gesamtsystem kann z. B. aus einem Stromspeicher und einer Photovoltaikanlage bestehen. Im Hybridwechselrichter werden sowohl die PV-Module wie auch das Speichermodul auf einen DC-Zwischenkreis geschaltet. Die Zwischenkreisspannung wird vom Hybridwechselrichter vorgegeben. Je geringer die Spannungsunterschiede zwischen PV-Modulen und Zwischenkreis resp. zwischen den Akkus und dem Zwischenkreis sind, desto geringer sind die Umwandlungsverluste. Für den Anschluss der Batteriesysteme an einen Hybridwechselrichter muss die Anschlussspannung berücksichtigt werden.

Vor- und Nachteile von DC-Systemen:

- Immer grösser werdende Auswahl, da DC-Systeme sich schnell verbreiten
- Eingeschränkte Flexibilität, da DC-Systeme unterschiedliche Spannungsniveaus aufweisen können
- Kompakte Lösungen möglich, da DC-Systeme in der Regel weniger Komponenten benötigen
- Geringere Kosten bei Gesamtlösungen möglich, z. B. mit Hybridwechselrichtern
- Oft ein «All in One»-Portal für die Übersicht über die PV-Anlage sowie den Speicher vom Hersteller

Wenn noch nicht klar ist, was zukünftig ausgeführt werden soll, zum Beispiel, wenn ein Speichersystem nachträglich installiert werden soll, dann ist von einem DC-System eher abzuraten. Ebenfalls ist bei DC-Systemen genauestens zu prüfen, welche Komponenten benötigt werden und erhältlich sind.

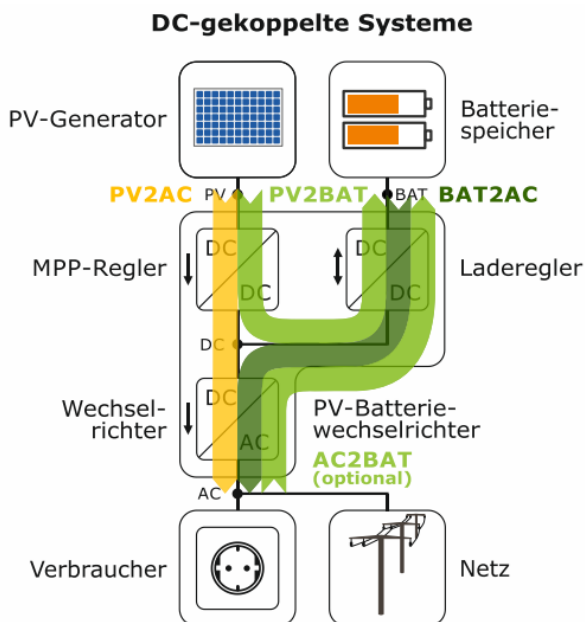


Abbildung 3: Aufbau eines DC-gekoppelten Speichers (Quelle: HTW Berlin – Stromspeicher-Inspektion 2022)

3.3 Wirkungsgrad und Verluste

Da es sich bei Stromspeichern nach wie vor um eine junge Technologie handelt, sind noch keine Standards zur Ermittlung des Wirkungsgrades verbreitet wie etwa bei der Photovoltaik. Wirkungsgrade sind oftmals nicht genau deklariert, und man weiss daher nicht, wie die Systeme ermittelt wurden und wie sie sich im Betrieb verhalten. Es gilt der Grundsatz: Je weniger Komponenten verbaut wurden, umso weniger Verluste fallen an und umso besser ist der Wirkungsgrad. AC-Systeme schneiden daher in der Regel, was den Wirkungsgrad betrifft, etwas schlechter ab als DC-Systeme. Insbesondere Hybridwechselrichter, die parallel einen Stromspeicher und auch Photovoltaikanlagen betreiben können, erzielen hohe Wirkungsgrade.

Die Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW Berlin) veröffentlicht seit 2018 jeden Frühling eine Studie mit den gängigsten Stromspeichern für den Heimgebrauch. Die Stromspeicher werden jeweils gemäss dem aktuellen «Effizienzleitfaden für PV-Speichersysteme» vermessen. Herausgeber des Leitfadens sind der deutsche Bundesverband Energiespeicher Systeme (BVES) und der deutsche Bundesverband Solarwirtschaft (BSW).¹

¹ <https://pvspeicher.htw-berlin.de>

4 Zwei Technologien

4.1 Vergleich und Auswahl²

Im Jahr 2021 wurden im EFH- und MFH-Bereich von 10 PV-Anlagen 3 bis 4 mit einem Speichersystem zur Eigenverbrauchsoptimierung ausgerüstet. Oft entscheiden sich dabei die Kunden für die Lithium-Ionen-Technologie, bei der für Heimspeicher immer öfter die Lithium-Eisenphosphat-Zelle eingesetzt wird. Zusätzlich zur Lithium-Ionen-Technologie, die vor allem aus den E-Fahrzeugen bekannt ist, gibt es jedoch auch andere neue Technologien wie zum Beispiel die «Salzbatterie», hier anhand des Beispiels einer Hochtemperatur-Batterie des Typs Natrium-Nickelchlorid gezeigt. Diese neuen Technologien gewinnen an Beliebtheit. Die folgende Tabelle zeigt die Vor- und Nachteile der beiden Technologien anhand des Vergleichs von zwei Produkten.

| Technologie | Lithium-Eisenphosphat-Batterie | Natrium-Nickelchlorid-Batterie |
|---------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Systemwirkungsgrad | 90–95 % | 60–65 % |
| Energiedichte (Zellen) | 90–120 Wh/g | 80–90 Wh/kg |
| Gewicht für 10-kWh-Speicher ³ | 170 kg | 185 kg |
| Masse für 10-kWh-Speicher in mm (L × B × H) | 600 × 300 × 1200 | 715 × 680 × 1550 |
| Zyklen-Lebensdauer | 4000 | > 4500 |
| Kalendarische Lebensdauer | Mind. 80 % nach 10 Jahren | 15 Jahre |
| Entladetiefe (DoD) | 90–95 % | 100 % |
| Selbstentladung | 1–3% / Monat | Fast keine, jedoch Eigenenergieverbrauch für hohe Betriebstemperatur |

Effizienzleitfaden für PV-Speichersysteme: <https://solar.htw-berlin.de/effizienzleitfaden-fuer-pv-speichersysteme>

² www.innov.energy/de/salz-technologie

<https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2021>
www.fzsonick.com

Buch: Photovoltaikanlagen – Planung, Installation, Betrieb, 1. Auflage 2021, Christof Bucher, ISBN: 978-3-905711-62-2

³ Bodenlast

| Technologie | Lithium-Eisenphosphat-Batterie | Natrium-Nickelchlorid-Batterie |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Maximale C-Rate (Lade-/Entladerate) | 0,5–1 Laden 0,5–1 Entladen | 0,25 Laden 0,5 Entladen |
| Anforderung Umgebungstemperaturen | Optimal 10 bis 25 °C | -20° bis 60°C |
| Vorteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern | C-Rate Energiedichte Wirkungsgrad Schneller Fortschritt durch E-Mobility | Nachhaltigkeit Lebensdauer Betriebs-temperatur Hoher Recycling-anteil |
| Nachteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern | Umgebungstemperatur Rohstoffe | Eigenenergieverbrauch C-Rate |

Die Tabelle zeigt ein Beispiel für den Vergleich verschiedener Speichertechnologien. Für die Installateure stellt sich neben dieser Entscheidung auch die Frage, welches Produkt sich am besten für den gewählten Einsatzbereich eignet. Dabei wird empfohlen, folgende Punkte zu beachten:

| Kriterium | Bemerkung |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulare Erweiterbarkeit | Bei einer Änderung z. B. des Stromverbrauchs sollte der Speicher flexibel erweiterbar sein. |
| Kommunikations-Schnittstelle | Das System soll über standardisierte Schnittstellen verfügen. |
| Notstromversorgung | Je nach Kunde ist diese Funktion gewünscht. |
| Betriebsstandort | Eignen sich der Temperaturbereich am Standort und die örtlichen betriebstechnischen Gegebenheiten für das Produkt? |

4.2 Dimensionierung

Die Frage, welche Speicherkapazität optimal ist, kann über zwei Faustregeln beantwortet werden:

Faustregel 1: über Produktion

1–2 Stunden Nennleistung der PV-Anlage

Oder 1/1000 der Jahresproduktion

Faustregel 2: über Bedarf

½ Tagesverbrauch des Gebäudes

Oder 1/1000 des Jahresbedarfs

Der kleinere Wert aus den beiden Faustregeln ergibt eine sinnvolle Dimensionierung des Speichers. Weiter kann die Dimensionierung auch anhand von Dimensionierungsgrafiken oder Simulationen erfolgen. Im Allgemeinen ist die Dimensionierung dem Anwendungsfall anhand der Projekteigenschaften anzupassen.

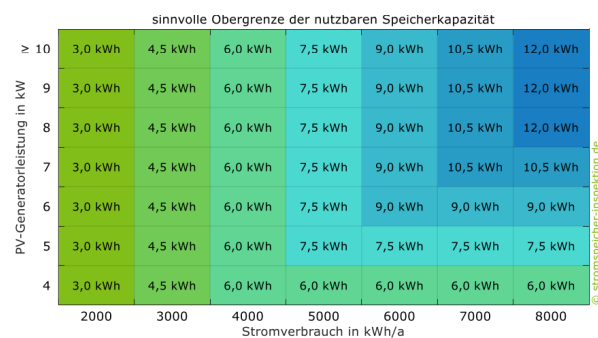


Abbildung 4: Sinnvolle Obergrenze der nutzbaren Speicherkapazität bei EFH's
(Quelle: HTW Berlin – Stromspeicher-Inspektion 2022)

Die Grafik zeigt die empfohlenen Obergrenzen der nutzbaren Speicherkapazität in Einfamilienhäusern, die von der Größe der PV-Anlage und von der Höhe des jährlichen Stromverbrauchs abhängt. Die Dimensionierung kann auch auf Erfahrungswerten basieren, bei modularen Systemen kann die Speicherkapazität heute schnell und kosteneffizient nachgerüstet werden.

Bei größeren Anlagen wird eine detaillierte Simulation unter Berücksichtigung der Lastgangsdaten empfohlen. Nur so kann die optimale Speichergröße vorgängig definiert werden. Ein wichtiger Faktor für industrielle Anwendungen ist neben der effektiv nutzbaren Speicherkapazität die C-Rate.

5 Wirtschaftlichkeit

5.1 Speicherkosten

Ein Energiespeicher erhöht den Eigenverbrauch einer PV-Anlage spürbar. Dadurch können Stromkosten gespart werden. Die Wirtschaftlichkeit variiert je nach Anwendungsfall und Anlagenkonfiguration. Im Allgemeinen gilt folgende Formel für die Berechnung der Amortisationsdauer:

$$\text{Amortisationsdauer} = \frac{\text{Investition}}{(\text{Stromtarif} - \text{Abnahmevergütung}) \cdot \text{Speicherkapazität} \cdot \text{Vollzyklen pro Jahr}}$$

Es ist zu beachten, dass die aufgeführte Formel den Zinssatz sowie die Unterhaltskosten nicht berücksichtigt. Ein relevanter Faktor ist die Lebensdauer. Oft findet man heute bei den Herstellern eine Garantiedauer von zehn Jahren oder eine bestimmte Vollzyklenzahl. Entscheidend ist der zuerst erreichte Parameter. Weiter kann eine dauerhafte Internetverbindung eine Grundvoraussetzung für die Garantieleistungen sein.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Elektromobilität befindet sich der Markt für Lithium-Ionen-Speichersysteme in einer sehr dynamischen Entwicklung. Aber auch andere Systeme, wie z. B. Salzwasser-Technologien, verändern sich stetig. Die Anschaffungskosten sind dadurch in den letzten fünf Jahren deutlich gesunken. Die Marktstudie «Solarbatterien für Privatkunden» vom Dezember 2020 im Auftrag von EnergieSchweiz zeigt die Tendenz einer weiteren Preissenkung. Konkret werden Endkundenpreise (inkl. Installation) von CHF 800/kWh bis CHF 1000/kWh für die Zeit von 2020 und 2030 prognostiziert. Bauherren entscheiden sich heute aus anderen als aus wirtschaftlichen Gründen für den Einsatz eines Speichersystems.

Folgende Daten sind der Marktstudie «Solarbatterien für Privatkunden» von EnergieSchweiz entnommen (Stand: 12.2020).

- ≤ 10 kWh: ~ CHF 1500 / kWh
- > 10 kWh: ~ CHF 1150 / kWh
- Backup-Funktionalität: 20 % Mehrkosten
- Materialkosten: 72 % der Gesamtkosten

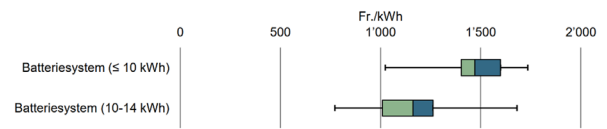


Abbildung 5: Referenz «Solarbatterien für Privatkunden» Marktstudie im Auftrag von EnergieSchweiz, die Preise berechnen sich nach einer vereinfachten Formel. (Quelle: EnergieSchweiz)

Die Kosten pro kWh können im Allgemeinen mit der folgenden Formel in einem ersten Schritt abgeschätzt werden:

$$\frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Nutzbare Speicherkapazität} \cdot \text{Vollzyklen} \cdot \text{Systemwirkungsgrad}} = \text{Speicherkosten ohne Zins}$$

Die Betriebskosten werden nicht beachtet, da zu wenig Erfahrungswerte vorliegen.

Empfohlene Parameter für den wirtschaftlichen Vergleich unterschiedlicher Technologien oder Hersteller:

| | Produkt A | Produkt B |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Nutzbare Speicherkapazität (kWh) | | |
| Vollzyklen (Anzahl) | | |
| Lebensdauer in Jahren (Annahme: 250 Vollzyklen pro Jahr) | | |
| Systemwirkungsgrad (%) | | |
| Investitionskosten (CHF) | | |
| Speicherkosten, ohne Zins (CHF/kWh Strombezug aus der Batterie) | | |

5.2 Tools für Wirtschaftlichkeitsberechnung und Simulation

Die wirtschaftlichen Berechnungen können heute mit modernen Tools deutlich schneller ausgeführt und dokumentiert werden. Nachstehend ist ein Teil der häufig angewendeten Programme aufgelistet:

- www.velasolaris.com (Polysun®)
- www.valentin-software.com (PV*Sol®)
- www.energieschweiz.ch (Solarrechner)
- www.eternity.ch
- www.pvspeicher.htw-berlin.de
- <https://suissetec.ch/de/web-app-gebaeudetechnikrechner.html>

6 Betriebsweise der Speicheranlage und Eigenverbrauch optimieren

Die Möglichkeiten der Integration von Speichersystemen im Energiemanagement haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Bereits gibt es diverse herstellerunabhängige Lösungen sowie auch mit dem Speicher mitgelieferte Plattformen. Die Betriebsweise ist dadurch diverser und flexibler geworden. Oft wird dabei der Nutzen hinter dem Zähler in Betracht gezogen. Das entspricht dem Anwendungsfall in einem EFH oder MFH und teilweise auch bereits in Industriebetrieben.

Im Grundsatz bestehen folgende Möglichkeiten, ein Speichersystem zu betreiben:

1. Use Case hinter dem Zähler für den Eigenverbrauch
Der Betreiber kann den Eigenverbrauchsanteil sowie den Autarkiegrad erhöhen.
2. Use Case: Backup-System
Erhaltung der Stromversorgung im Falle eines Netzausfalls
3. Use Case: Peak Shaving
Optimierung von Lastspitzen durch ein Speichersystem
4. Use Case: Systemdienstleistung
Der Speicher stellt Regelenergie zur Verfügung (zurzeit noch Pilotprojekte).

Bei der häufigsten Anwendung im EFH-/MFH-Bereich (1. Use Case) ergibt sich an einem sonnigen Tag folgender Tagesverlauf:

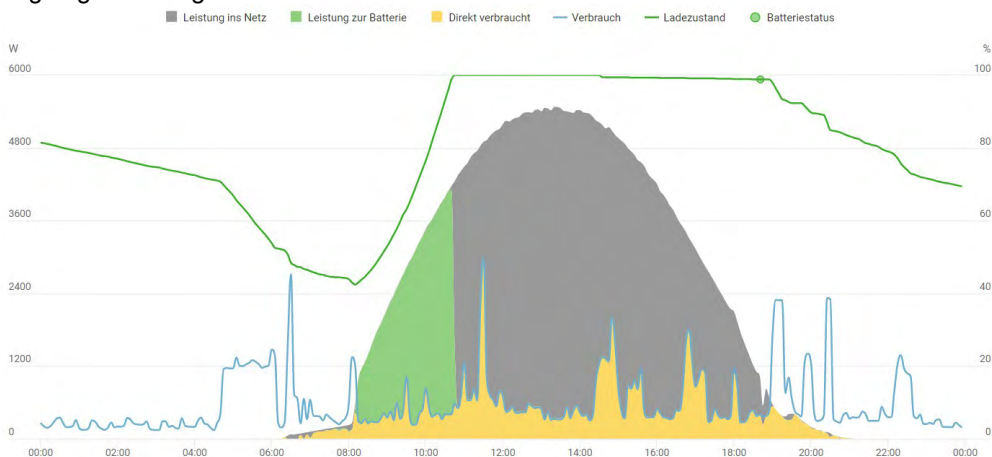


Abbildung 6: Tagesverlauf einer PV-Anlage in Kombination mit einem Batteriespeicher (Quelle: Fronius Solar.web)

Der Speicher wird geladen, sobald überschüssige Energie zur Verfügung steht. In diesem Beispiel wird dabei nicht auf die Wetterprognose oder die Netzoptimierung geachtet. In den Morgenstunden ist zudem gut ersichtlich, wie der Speicher den Boiler lädt. Für eine schnelle Aufladung sowie Entladung bei Bedarf ist eine gute C-Rate vorteilhaft. Der Speicher kann somit dynamischer auf Wetterwechsel oder Laständerungen reagieren.

Die Möglichkeit der Integration in intelligente Energiemanagement-Systeme bringt neue Möglichkeiten. Durch das automatisierte und intelligente Zuschalten von Lasten kann eine deutliche Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils erreicht werden. Für die Energieoptimierung prädestiniert sind Elektroautos oder Elektroboiler sowie auch Wärmepumpensysteme. Die genannten Verbraucher bieten teilweise zusätzlich die Möglichkeit einer stufenlosen Regelung. Die Berücksichtigung von Wettervorhersagen und weiteren Parametern kann diese Systeme in Zukunft weiter verbessern.

Die kundenoptimierte Visualisierung auf dem Smartphone oder einem Webportal übernimmt eine wichtige Funktion für die Übersicht über das System. Der Kunde kann einfach und übersichtlich die wichtigsten Daten auswerten und sich entsprechend anpassen.

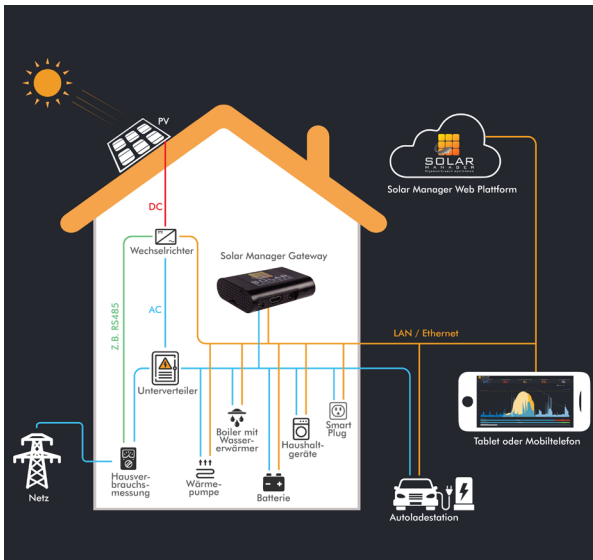


Abbildung 7: Aufbau einer Energieoptimierung
(Quelle: Solar Manager AG)



Abbildung 8: Visualisierungs-App
(Quelle: Solar Manager AG)

So ist der Energiespeicher heute eine von vielen Komponenten neben der PV-Anlage in einem breiten Gesamtsystem. Das Management bindet das Elektroauto sowie auch andere SmartHome-fähigen Geräte ein. Die Auswahl an Energieoptimierungs-Systemen ist gross. Teilweise bringen die Wechselrichter bereits ab Werk gewisse Funktionalitäten mit. Die Abklärung der Kundenbedürfnisse ist ein wichtiger Schritt für die Auswahl des

passenden Systems.

In Zukunft wird die bidirektionale Einbindung von Elektroautos deutlich an Bedeutung gewinnen. Dabei kann das Auto als Zwischenspeicher verwendet und geladen und entladen werden. Entsprechend sollen die folgenden Erläuterungen mehr Klarheit zum Thema bidirektionales Laden verschaffen.

6.1 Bidirektionales Laden

Ist bidirektionales Laden in der Schweiz erlaubt?

Bidirektionales Laden als V2H (Vehicle to Home) ist mit dem Betrieb stationärer Batterien gleichzusetzen. Für eine Bewilligung muss die Ladeinfrastruktur die VSE-Empfehlung «Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen (NA-EEA)» sowie die technischen Normen für elektrische Sicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit erfüllen. Seit dem 1. Januar 2022 können bidirektionale Ladestationen regulär mittels aktualisiertem technischem Anschlussgesuch (TAG) angemeldet werden. Der Betrieb mit V2G (Vehicle to Grid) ist in der Schweiz nicht möglich.

Können alle Elektromobile bidirektional geladen werden?

Nein. Die meisten 2022 angebotenen Modelle können dies noch nicht. Bei den japanischen Elektrofahrzeugen verfügt bereits ein Grossteil ab Werk über die bidirektionale Ladetechnik, da der japanische Staat die Technologie vorschreibt. Im Allgemeinen sind für das bidirektionale Laden die Genehmigung des Fahrzeugherstellers und die Zertifizierung der Ladestation für den jeweiligen Fahrzeugtyp notwendig.

Für die Zukunft haben bereits diverse Automobilhersteller Fahrzeuge mit der Technologie angekündigt. Die Einführung der internationalen Norm ISO 15118-20 ist bis 2025 geplant. Diese Norm wird auch die Verwendung über die CCS-Schnittstelle definieren.

Schadet bidirektionales Laden einer Fahrzeugbatterie?

Jahrelange Praxis und wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass die Technologie der Lithiumbatterien sehr robust ist. Die neuesten technischen Entwicklungen ermöglichen eine nochmals erhöhte Lebensdauer der Batterien, und die Entwicklung wird in den nächsten Jahren weiter fortschreiten.

Die Entladeleistung ist beim bidirektionalen Laden im Vergleich zum Fahrbetrieb viel geringer (Faktor 10 und mehr), deshalb ist die dadurch entstehende zusätzliche Alterung der Batterie äusserst gering. Durch die Verfügbarkeit der Technologie garantiert der Hersteller die vollständigen Garantieleistungen.⁴

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für die bidirektionale Verwendung eines Elektroautos das Auto software- und hardwareseitig dafür vorbereitet sowie eine entsprechende Ladestation installiert sein muss. Ein bidirektional-kompatibles Auto allein bringt zusammen mit einer Standard-Wallbox keinen zusätzlichen Mehrwert. Das folgende Beispiel zeigt einen möglichen Tagesverlauf mit der Einbindung eines bidirektionalen Elektroautos.

Kurzbeschreibung

In diesem Beispiel ist die Kombination eines stationären Speichers mit einem bidirektionalen Elektroauto abgebildet. Die PV-Anlage lädt den stationären Speicher bis etwa 15.30 Uhr (SoC als schwarze Linie) und beginnt danach mit dem Entladen, um den eigenen Bedarf zu decken. Der Besitzer kommt um 18.00 Uhr mit dem Elektroauto nach Hause und verbindet es mit seiner bidirektionalen Ladestation. Die intelligente Ladestation kommuniziert mit dem Energiemanagement. Dieses bemerkt die Veränderung und berechnet aus dem SoC des Autos und des stationären Speichers einen neuen kombinierten Speicherwert. Somit steigt der SoC von 40 % auf über 85 % an.

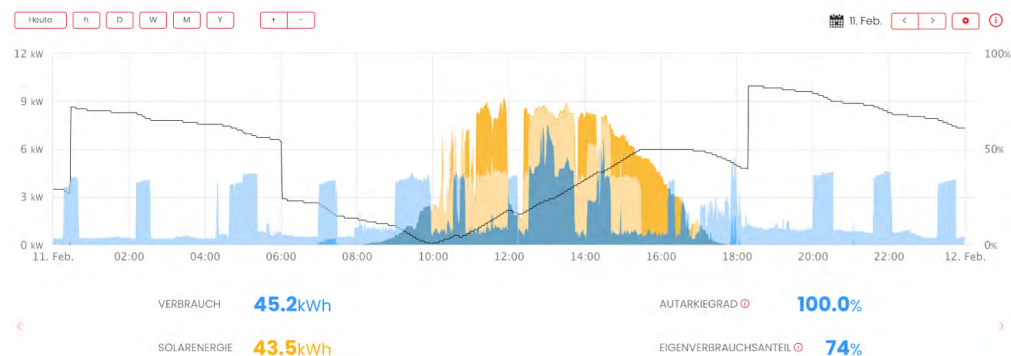


Abbildung 9: Ein möglicher Tagesablauf mit der Verwendung eines bidirektionalen Autos (Quelle: Solar Manager AG)

V2H Legende

- Hellblau: Energiebezug aus Batterie (Fahrzeug oder stationär)
- Dunkelblau: Direkt verbrauchte Energie aus der Photovoltaik
- Hellgelb: Ladung Speicher stationär
- Dunkelgelb: Einspeisung

⁴ [sun2wheel AG](#), [Swiss eMobility](#)

7 Speicher im Netz und im Energiemarkt

Die Integration der Energiespeicher im Stromnetz ist, gemäss diversen Zukunftsmodellen, ein wichtiger Teil der zukünftigen Energieversorgung. Heute werden die Heimspeicher jedoch oft noch nicht intelligent im Stromnetz eingebunden. Das vom Bundesamt für Energie BFE unterstützte Projekt «Bat4SG» hat die zukünftigen Möglichkeiten der Integration von Energiespeichern in unterschiedlichen Szenarien untersucht. Es wurde festgestellt, dass der technische Mehrwert punktuell stark unterschiedlich ist. Durch den netzdienlichen Betrieb der Batteriespeicher könnte die Netzverstärkung in vorstädtischen und städtischen Gebieten um mehrere Jahre verzögert werden. Aufgrund der aktuellen Kostenlage fällt der finanzielle Mehrwert jedoch noch gering aus.

Im Industrie- und Netzbetreiber-Sektor ist der häufigste Anwendungsfall eines Speichers das Peak-Shaving sowie die Spannungshaltung durch Regelleistung. Immer häufiger sieht man hier den Einsatz von Kompaktsystemen in Containern. Diese Systeme unterscheiden sich von den Heimspeichern durch eine schnellere Reaktionszeit und deutlich höhere Lade- und Entladeleistungen. Somit kann der Speicher innerhalb von kürzester Zeit geladen respektive entladen werden, etwa um anstehende Netzspitzen zu brechen («Peak Shaving»).

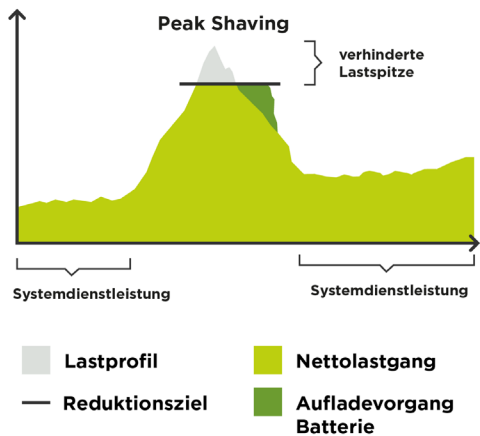


Abbildung 10: möglicher Tagesverlauf mit Peak Shaving
(Quelle: CKW AG)

7.1 Backup-Lösungen

Diverse Systeme sind heute in der Lage, bei einem Netzausfall die Versorgung im Haus durch die sogenannte Backup-Funktion aufrechtzuerhalten. Diese Lösungen dienen oft nicht als USV, sondern vielmehr der weiteren Stromversorgung während eines Versorgungsunterbruchs. Wichtig ist weiter, dass der Verkäufer dem Kunden die Systemgrenzen im Notstrombetrieb aufzeigt.



Abbildung 11: Der Betrieb der Backup-Lösungen ohne Stromnetz
(Quelle: SMA Solar Technology AG)

Diverse Hybridwechselrichter-Systeme bieten heute diese Funktion intern oder die Möglichkeit, sie durch eine externe Komponente einzurichten. Für den Fehlerschutz sind die entsprechenden Massnahmen gemäss Installations-/ Bedienungsanleitung umzusetzen. Zur Sicherheit in einem Brandfall und für die Feuerwehr soll in jedem Fall beim HAK eine entsprechende Beschriftung für das Notstromsystem angebracht werden. Zusätzlich wird der Verweis auf dem Feuerwehrplan oder dem Orientierungsplan empfohlen. Die Kleber sollen gemäss SNR 460712 angebracht werden.

8 Entsorgung und Recycling

Die vorgezogene Entsorgungsgebühr und das Recycling von Solarbatterien werden von INOBAT, Batterierecycling Schweiz, organisiert. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU erhebt, verwaltet und verwendet INOBAT die vorgezogene Entsorgungsgebühr (VEG), die Konsumentinnen und Konsumenten mit dem Kaufpreis von Batterien entrichten. Mit dieser Gebühr werden Sammlung, Transport, die umweltgerechte Entsorgung gebrauchter Batterien sowie die Information der Bevölkerung finanziert. Seit dem Jahr 2000 besteht in der Schweiz die Pflicht der vorgezogenen Entsorgungsgebühr für Batterien. Erstmalige Inverkehrbringer von Batterien im Zollinland (CH und FL) sind der Melde- und Gebührenpflicht unterstellt (ChemRRV Anhang 2.15), unabhängig davon, ob es sich dabei um lose oder in Geräten eingebaute Batterien handelt. Die Meldungen erfolgen viertel- oder halbjährlich an die INOBAT und beruhen auf dem Selbstdeklarationsprinzip. Es sind auch Branchenlösungen möglich. Aktuell gilt, dass sich Firmen, die Batterien erstmals in Verkehr bringen, bei der INOBAT über die Homepage registrieren müssen. Die Gebühren werden 5 Jahre rückwirkend erhoben.

Bei PV-Anlagen werden heute vorwiegend Lithiumbatterien als Speicher verwendet. Bisher ist keine Branchenlösung für Lithiumspeicher möglich, da mehrheitlich von den Händlern nicht nachgewiesen werden konnte, dass die von ihnen verkauften Batteriespeicher von ihren Vorlieferanten zurückgenommen und entsorgt werden. Lithium-Ionen-Akkus von Elektroautos werden ausgemustert, wenn die Kapazität unter einen bestimmten Wert fällt. Sie können danach in sogenannten Second-Life-Anwendungen, z. B. in stationären Heimspeichern, noch einmal verwendet werden. Lithium-Ionen-Akkumulatoren am Ende ihrer Lebensdauer werden dem stofflichen Recycling zugeführt. In der Schweiz werden die Batterien über das INOBAT-System (www.inobat.ch) gesammelt und durch die Verwertungsanlage in Wimmis recycelt. Mit der obligatorischen VEG werden die Recyclinggebühren bereits beim Kauf des Produktes bezahlt. Die Gebühr richtet sich dabei nach dem Batteriegewicht und dem chemischen System.

Beispiel zu den Kosten:

Bei den Bleibatterien gilt: CHF 0.50/kg

Eine 10 kWh-AGM-Batterie hat ein Gewicht von ca. 400 kg, dies entspricht einer VEG von CHF 200.

Bei den Lithiumbatterien gilt: CHF 1.60/kg

Eine 10-kWh-LiFePO4-Batterie hat ein Gewicht von ca. 150 kg, dies entspricht einer VEG von CHF 240.

Lithium-Batterien verfügen über eine hohe Energiedichte und enthalten Lösungsmittel als Elektrolyt, weshalb ein gewisses Risiko besteht, dass sich die Batterie entzündet. Bei der Sammlung und beim Transport müssen diese Gegebenheiten berücksichtigt werden. Aktuell können mit den Sekundärrohstoffen aus den Lithiumbatterien die Entsorgungskosten zwar noch nicht gedeckt werden, dank der vorgezogenen Entsorgungsgebühr ist die fachgerechte Entsorgung und Verwertung der Lithium-Ionen-Akkus aber sichergestellt. Die Akkus enthalten Graphit, Aluminium, Kobalt, Nickel, Mangan und Lithium. Diese Stoffe werden teilweise zurückgewonnen, bei Kobalt und Nickel beispielsweise ist dies bereits zu 95 % der Fall.

9 Herstellerangaben

9.1 Datenblatt

Das Datenblatt gibt Auskunft über die technischen Eckdaten. Detailliertere Angaben sind der Installations- und Betriebsanleitung sowie den Garantiebedingungen zu entnehmen. Um Missverständnisse zu vermeiden, ist das Datenblatt immer genau zu lesen.

Beispiele:

Die nominale Batteriekapazität ist nicht gleich der nutzbaren Batteriekapazität. Im unterstehenden Fall beträgt die nominale Batteriekapazität 5,0 kWh. Die Entladetiefe beträgt jedoch 90 %, woraus lediglich eine nutzbare Batteriekapazität von 4,5 kWh resultiert.

Vorsicht ist auch bei den Garantieangaben geboten. Die Lebenserwartung der einzelnen Komponenten kann unterschiedlich sein. Unter der Annahme, dass der Stromspeicher einmal am Tag

voll geladen und entladen werden kann, ist mit einer Zyklenzahl > 3650 bei einer Lebensdauer der Zellen von ca. 10 Jahren zu rechnen. Indes gilt für andere Komponenten, wie z. B. für den Wechselrichter, lediglich eine Garantie von 7 Jahren. Oft wird garantiert, dass nach dem Ablauf dieser Zeitfrist noch 80 % Restkapazität vorhanden ist.

| | |
|----------------------------------------|-----------------------------|
| Nominale Batteriekapazität | 5,0 kWh |
| Maximale Entladetiefe | 90 % |
| Zyklenzahl | >3650 |
| Systemgarantie | 7 Jahre |
| Masse in mm (L × B × H) | 600 × 800 × 1800 mm |
| Gewicht | 150 kg |
| Schutzklasse | IP 22 |
| Ausgangsspannung | 400 V AC, 50 Hz, dreiphasig |
| Maximale Leistung (Laden und Entladen) | 2,5 kW |
| C-Rate (Laden und Entladen) | 0,2 |
| Batterietyp | Lithium-Ionen |
| Lade-/Entladezeit | ca. 5 Stunden |

Zudem entspricht die maximale Leistung beim Laden und Entladen nicht der Nennleistung, mit der der Stromspeicher für gewöhnlich arbeitet. Die maximale Leistung ist nur kurzzeitig möglich. Die Nennleistung ist entweder direkt auf dem Datenblatt ersichtlich oder muss anhand der C-Rate errechnet werden. Bei einer nominalen Batteriekapazität von 5,0 kWh und einer C-Rate von 0,2 C (20 % von 5,0 kWh) beträgt die typische Nennleistung 1 kW. Die Angaben zum Laden und Entladen müssen nicht deckungsgleich sein, sondern können sich voneinander unterscheiden.

9.2 Installations- und Betriebsanleitung sowie Garantiebestimmungen

Nebst dem Datenblatt sind auch die Installations- und Betriebsanleitung sowie die Garantiebedingungen zu beachten. Den Anleitungen sind wichtige Bedingungen zum Aufstellungsort zu entnehmen, und bei Nichtbeachten der Garantiebedingungen besteht kein Anspruch auf Preisnachlass oder Ersatz durch den Verkäufer. Ebenfalls sind die Bedingungen bei einem durch den Stromspeicher ausgelösten Schadenereignis versicherungsrelevant.

9.3 Konformitätserklärung

Die Konformitätserklärung darf auf jeden Fall beim Verkäufer angefragt werden. Der Hersteller bestätigt mit der Konformitätserklärung, dass sein Gerät gemäss SR 734.26 den aufgelisteten technischen Normen entspricht und die elektromagnetische Verträglichkeit gewährleistet ist. Das Dokument muss in einer Amtssprache der Schweiz oder auf Englisch verfasst sein. Folgende Informationen müssen auf dem Dokument zwingend ersichtlich sein:

- Name und Adresse des Herstellers oder seines in der Schweiz niedergelassenen Vertreters
- Beschreibung des Niederspannungserzeugnisses
- Die angewandten technischen Vorschriften, Normen oder andere Spezifikationen
- Name und Adresse der Person, die die Konformitätserklärung für den Hersteller oder seinen in der Schweiz niedergelassenen Vertreter unterzeichnet.

Weiter gelten folgende Anforderungen betreffend elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und zur Produktesicherheit:

- EMV: SR 734.5 VEMV
- Produktesicherheit: SR 930.11 PrSG, regelt das Inverkehrbringen, inkl. Dokumentation (Art. 3 bis 7), und die Pflichten nach Inverkehrbringung (Art. 8)

Geräte ohne Konformitätserklärung dürfen in der Schweiz nicht in Verkehr gebracht werden.

9.4 Aufstellungsort

Anforderungen an den Aufstellungsort sind ausführend- und betriebsrelevant. Das vor Ort herrschende Klima hat Einfluss auf die Lebensdauer und die Anzahl durch den Hersteller zugesicherter Ladezyklen. Daher sind die Herstellerangaben von grosser Wichtigkeit. Aber auch der Aufstellungsort in Bezug auf die örtlichen Gegebenheiten ist von Relevanz. So ist die Zugänglichkeit, z. B. die Tür- oder Gangbreite, sowie der Zugang über Treppen oder Aufzüge, zu beachten. Ebenso sind die maximal zulässige Bodenlast und die Platzverhältnisse vor Ort zu prüfen. Und nicht zuletzt sollte eine Demontage und Entsorgung einfach möglich sein.

Auflagen zum Aufstellungsort können auch durch Behörden angeordnet werden.

Bei einem Speichersystem mit einer Kapazität von 100 kWh oder mehr gelten strengere Bedingungen, die dem «Brandschutzmerkblatt Lithium-Ionen-Batterien» der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) zu entnehmen sind. Im Allgemeinen empfiehlt es sich, bei Stromspeichern ab 100 kWh den Rat eines Brandschutzplaners beizuziehen. Das VKF-Brandschutzmerkblatt 2005-15de ordnet die Speichersysteme in drei Stufen. Dabei werden die sogenannten Hazard Levels (HL) unterschieden. Weiter müssen die entsprechenden Einstufungen für die Lagerung der Batterien beachtet werden. Im Allgemeinen empfiehlt sich, bei Unsicherheiten Fachleute beizuziehen.

Transport

Lithium-Batterien gelten als Gefahrgut.

< 333 kg nicht kennzeichnungspflichtig

- Originalverpackung
- Transportdokument UN 3480
- Ladungssicherung
- Feuerlöscher (Brandklasse A, B, C, 2 kg Löschmittel)

≥ 333 kg kennzeichnungspflichtig

- Gefahrgut-Transportbewilligung notwendig
- Transportdokumente und Kennzeichnung (Gefahrgutklasse 9)

10 Vorschriften und Anforderungen

10.1 Anforderungen an Batteriespeicher

Werkvorschriften CH (WVCH-CH 2021)

Auf Basis der Werkvorschriften WVCH-CH 2021 haben viele Verteilnetzbetreiber ihre eigenen Dokumente erstellt, die teilweise zusätzliche Anforderungen enthalten. Die spezifischen Dokumente des Verteilnetzbetreibers sind entsprechend zu beachten. Nachfolgende Abschnitte stützen sich auf die Werkvorschriften CH.

Elektrische Energiespeicher

1. Für elektrische Energiespeicher gelten bezüglich Meldewesen, Anschluss und Betrieb etc. die Bestimmungen wie für EEA im Parallelbetrieb (WV-CH Ausgabe 2021, Kapitel 10) mit dem Niederspannungsverteilstromnetz.
2. Die Bestimmungen gemäss WV-CH Ausgabe 2021, Kapitel 1.6 (Asymmetrie) sind einzuhalten.
3. Mögliche Betriebsarten von elektrischen Energiespeichern und die dazugehörigen Regeln für die Messkonzepte und Berechnungen der abrechnungsrelevanten Daten und Abrechnungsmodalitäten richten sich nach dem Handbuch des VSE «Speicher» (HBSP-CH).
4. Für AC-gekoppelte Systeme (elektrischer Energiespeicher und Energieerzeugungsanlage sind je wechselstromseitig angeschlossen) gilt zur Vermeidung unzulässiger Asymmetrien im Versorgungsnetz folgende Fallunterscheidung:

| Anschluss-möglichkeit | Anschluss-Energiespeicher | Anschluss-EEA | Aussenleiter |
|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Möglichkeit 1 | 1 Aussenleiter | 1 Aussenleiter | EEA und Energiespeicher $\leq 3,7$ kVA auf dem gleichen Aussenleiter anschliessen. Einzelne EEA $\leq 3,7$ kVA, max. drei an einen Aussenleiter angeschlossene Erzeugungseinheiten auf diese Aussenleiter verteilt anschliessen. |
| Möglichkeit 2 | 3 Aussenleiter | 1 Aussenleiter | Einzelner Energiespeicher $\leq 3,7$ kVA, max. drei an einen Aussenleiter angeschlossene Energiespeicher auf diese Aussenleiter verteilt anschliessen. |
| Möglichkeit 3 | 1 Aussenleiter | 3 Aussenleiter | |

5. DC-gekoppelte elektrische Energiespeicher (d. h. Anlagen, die sich mit einer EEA hinter demselben Wechselrichter auf der Gleichspannungsseite befinden) bilden mit der EEA eine Einheit und sind daher wie EEA zu beurteilen. Für die Beurteilung ist die Nennleistung des Wechselrichters massgebend.

10.2 Anforderungen an die Installation

Die wichtigsten Anforderungen sind in der NIV (Niederspannungs-Installationsverordnung) festgehalten, insbesondere Art. 3 erwähnt betreffend Sicherheit, dass bei:

- Bestimmungsgemäsem
- und möglichst auch bei voraussehbarem unsachgemäsem Betrieb und Gebrauch
- sowie in voraussehbaren Störfällen weder Personen noch Sachen gefährdet werden dürfen.

Grundsätzliche Anforderungen sind festgehalten in:

NIN 2020 (SN 411000:2020)

5.6.7.14 Batterieanlagen

Batterieanlagen müssen mit den Anforderungen aus IEC SNEN 62485-2 übereinstimmen. Mit der Revision der NIN 2025 wird der entsprechende Abschnitt neu im Kapitel 5.7 zu finden sein.

SNR 460712 2018

Stationäre elektrische Speichersysteme

https://shop.electrosuisse.ch/de/SNR-460712_2018_I_-47149.html

ESTI

ESTI-Weisung Nr. 220 / Version 0621

www.esti.admin.ch/de/dokumentation/esti-weisungen/esti-weisungen

SIA 2061

Batteriespeichersysteme in Gebäuden

<http://shop.sia.ch/normenwerk/architekt/sia%202061/d/D/Product>

Merkblatt VKF

Lithium-Ionen-Batterien 01.06.2021 / 2005-15de

<https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-3688.pdf/content>

Hinweis

Das vorliegende Merkblatt wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte wird keine Gewähr geleistet. Insbesondere entbindet es nicht davon, die einschlägigen und aktuellen Empfehlungen, Normen und Vorschriften zu konsultieren und zu befolgen. Das vorliegende Merkblatt dient ausschliesslich Informationszwecken. Eine Haftung für Schäden, die aus dem Konsultieren bzw. Befolgen dieses Merkblatts entstehen, wird ausdrücklich abgelehnt.

Die Urheberrechte liegen bei Swissolar.

12/2022/Merkblatt-Nr. 21013d

Mit Unterstützung von



In Zusammenarbeit mit

