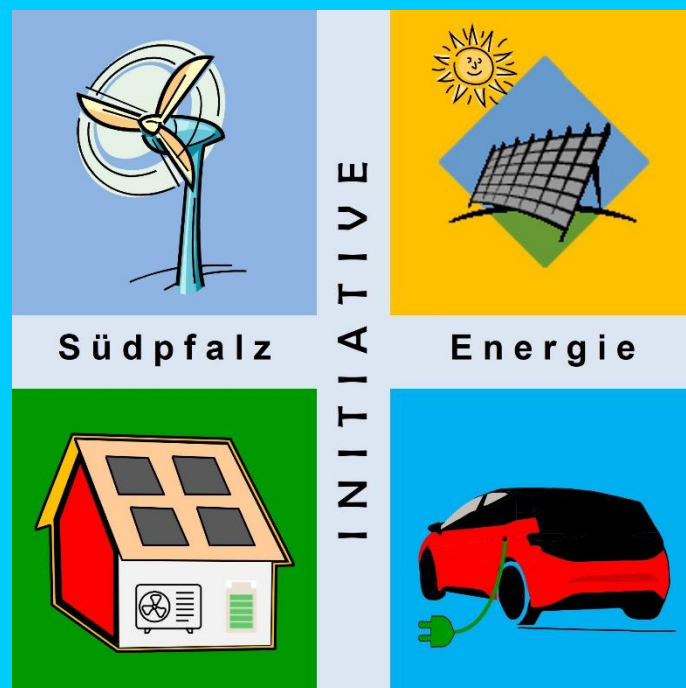


Das Hauskraftwerk

Photovoltaikanlage und Batteriespeicher



Eine Empfehlung der
Initiative Südpfalz-Energie e.V.

WIE ICH MIT EINEM HAUSKRAFTWERK DIE ENERGIEWENDE UNTERSTÜTZEN UND GLEICHZEITIG GELD SPAREN KANN

Autoren

Michael Müller (Vorsitz)

Klaus Burgard

Dr. Gerhard Lausterer

Dr. Andreas Manuel

Dieter Pauschert

Frieder Wambsganß

Impressum

Initiative Südpfalz-Energie e.V. (ISE e.V.)

Vorsitzender: Wolfgang Thiel

Schaidter Weg 7

76872 Hergersweiler

Telefon: +49 6349 929560

Mobile: +49 172 7419812

eMail: wolfgang@thiel-wt.de

Auflage 2025

Version 0.7 vom 31.10.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck der Broschüre	7
2	Die Photovoltaikanlage	10
2.1	Für Besitzer/-innen geeigneter Dächer und Hauswände	10
2.2	Für Mieter/-innen und Haushalte mit dauerhaft geringen Stromverbräuchen	13
3	Der Batteriespeicher	16
3.1	PV-Anlage durch einen Batteriespeicher ergänzen	16
3.2	Nutzungsstrategien	17
3.3	Dimensionierung des Batteriespeichers	18
3.4	Zellchemie.....	21
3.5	AC-/DC-Kopplung	22
4	Gesetzliche Regelungen.....	23
4.1	Solarspitzenengesetz.....	23
4.2	Messstellenbetriebsgesetz	24
5	Das sollten Sie beim Kauf beachten	26
5.1	Effizienz, Wirkungsgrad und Garantieleistungen	26
5.2	Sicherheit und sonstige Vorschriften für Batteriespeicher	29
6	Energiemanagementsystem (EMS).....	30
7	Laden eines E-Autos	32
7.1	Gesteuertes PV-Überschussladen	32
7.2	Laden aus dem Heimspeicher.....	32
7.3	Vehicle to Home (V2H) – Bidirektionales Laden	32
7.4	Vehicle to Grid (V2G) – Das E-Auto als aktiver Stromnetz-Stabilisator.....	34
8	Fazit.....	36
9	Erfahrungen mit Batteriespeichern	37
10	Anhang	40
10.1	Autarkiegrad.....	40
10.2	Eigenverbrauchsquote	41
10.3	Notstrom-/Ersatzstrom-Fähigkeit.....	42
10.3.1	Der Notstrombetrieb.....	42
10.3.2	Ersatzstrombetrieb	43
10.3.3	Netzdienlichkeit.....	43
10.4	Smartmeter	45

10.4.1	Moderne Messeinrichtung (mME)	45
10.4.2	Smart-Meter-Gateway (SMGW)	45
10.4.3	Intelligentes Messsystem	45
10.4.4	FNN Steuerbox	45
10.5	Zellchemie.....	46
10.6	AC-/DC-Kopplung	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Überblick über die Verluste von PV-Speichersystemen	26
Abbildung 2	Labortestergebnisse der Stromspeicher-Inspektion 2024	27
Abbildung 3	Eigenschaften hocheffizienter Speichersysteme	28
Abbildung 4	Übersicht Energiemanagementsystem.....	30
Abbildung 5	Grafik Autarkiegrad/Eigenverbrauchsquote	38
Abbildung 6	Grafik Netzeinspeisung mit/ohne Speicher	38
Abbildung 7	AC-/DC-Kopplung.....	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Empfohlene Obergrenzen nutzbarer Speicherkapazität	20
-----------	--	----

Vorwort

Die Initiative Südpfalz-Energie e.V. ist ein Verein, der es sich zum Ziel gesetzt hat, die Initiierung, Durchführung oder Unterstützung von Projekten im Energiebereich, die einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Entwicklung der Region dienen, zu fördern. Ziel ist, eine Energiebereitstellung und -nutzung im Einklang mit Natur und Landschaft in der Südpfalz zu unterstützen. Damit will der Verein zum Natur- und Umweltschutz beitragen und so auch daran mitwirken, nicht nur den Reichtum der Natur und die lebenswerte Landschaft der Region zu erhalten, sondern auch ihr Entwicklungspotential zu erschließen.

Dazu wollen wir den Bürgerinnen und Bürgern der Region eine Plattform bieten, sich hierfür zu engagieren und auf entsprechende Maßnahmen von Gebietskörperschaften und anderen öffentlichen Einrichtungen hinzuwirken.

Unter dieser Prämisse haben sich Mitglieder des Vereins mit dem Thema „Hauskraftwerk“ auseinandergesetzt. Ziel ist, dem Bürger mit dieser Broschüre

- die Funktionsweise und Nutzung von Batteriespeichern in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage zu erklären,
- alle Aspekte zu beschreiben, die beim Kauf eines Hauskraftwerks zu berücksichtigen und zu beachten sind,
- einem/r Käufer/-in interessante Details verständlich zu vermitteln, Zusammenhänge zu erklären, die Wirtschaftlichkeit zu betrachten und auf die Vor- und Nachteile hinzuweisen und
- die Funktionsweise eines Energiemanagementsystems zu erklären,

damit der Betrieb eines Hauskraftwerks zum einen wirtschaftlich sinnvoll wird (selbst ohne Einspeisevergütung) und zum Gelingen der dringend erforderlichen Energiewende beiträgt.

Wir weisen darauf hin, dass sich die Rahmenbedingungen in der jüngeren Vergangenheit oft geändert haben. Deshalb empfehlen wir, sich vor der Anschaffung über die aktuell geltenden gesetzlichen Regelungen zu informieren. Diese Broschüre richtet sich an Eigenheimbesitzer/-innen und Mieter/-innen, die einen Batteriespeicher anschaffen wollen. Vorteilhaft ist die Anschaffung eines Batteriespeichers vor allem in Kombination mit einer bestehenden oder geplanten

Photovoltaikanlage, was aus unserer Sicht ein wichtiger Schritt zur Bewältigung der Energiewende hin zu erneuerbaren Energien ist.

1 Zweck der Broschüre

Das wichtigste Instrument des aktiven Energiebürgers ist das Hauskraftwerk. Man kann ihn auch als „Prosumer“ bezeichnen, also als jemanden, der sowohl Energie selbst produziert als auch konsumiert.

Das Hauskraftwerk besteht aus 2 Teilen:

- der Photovoltaikanlage und
- dem Batteriespeicher.

Die Photovoltaikanlage kann je nach Auslegung den größten Teil des selbst verbrauchten Stroms erzeugen. Der Batteriespeicher speichert den selbst erzeugten Strom für Zeiten, an denen keine Sonne scheint (zum Beispiel für die Nacht im Sommer und in den Übergangsmonaten). Bei der Nutzung variabler Stromtarife und/oder zeitgestaffelter Netzentgelte (siehe unten) dient er dazu, günstigen Netzstrom zwischenzuspeichern und in Zeiten hoher Strompreise selbst zu nutzen (vor allem im Winter, wenn die eigene Photovoltaikanlage wenig Strom liefert). All diese Prozesse steuert ein Energiemanagementsystem mit dem Ziel, einen hohen Grad der Selbstversorgung zu erreichen und die Stromkosten zu minimieren. Auf diese Art und Weise wird sogar das Stromnetz entlastet und der Betrieb des Hauskraftwerks ist „netzdienlich“.

So genutzt und gesteuert ist der Betrieb eines Hauskraftwerks zum einen wirtschaftlich sinnvoll für Betreiber/-innen und zum anderen dringend erforderlich für das Gelingen der Energiewende. Im März 2025 war in Deutschland eine PV-Erzeugungsleistung von knapp ca. 100 Gigawatt installiert. Für ein klimaneutrales Deutschland ist bis 2045 eine installierte PV-Leistung von grob ca. 400 Gigawatt erforderlich (die Angabe variiert je nach Quelle). Der Vergleich mit der maximalen Netzlast von aktuell ca. 80 GW zeigt, wie wichtig das Thema Energiespeicherung zur Netzentlastung schon jetzt ist und in Zukunft sein wird.

In dieser Broschüre soll gezeigt werden, was bei der Auslegung des Hauskraftwerks berücksichtigt werden sollte und wo entsprechende weiterführende Informationen zu finden sind.

Es soll

- Hilfestellung bei der Anschaffung eines Hauskraftwerks gegeben werden,
- der Motivation dienen, sich aktiv an der Energiewende zu beteiligen,
- der wirtschaftliche Nutzen eines Hauskraftwerks dargelegt werden,
- aufgezeigt werden, wie man sich durch Anschaffung eines Hauskraftwerks gegen Stromausfälle wappnen kann,
- das Potential dynamischer Stromtarife und zeitabhängiger Netzentgelte aufgezeigt werden und
- perspektivisch über die Nutzung des Hauskraftwerks zur Erlangung von Arbitragegewinnen (Gewinne aus An- und Verkauf von Strom) informiert werden.

Die Broschüre soll kritische Punkte einer Entscheidungsfindung ansprechen. In der jüngeren Vergangenheit hat es starke Änderungen an den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (z. B. starke Preissenkungen bei den Speicherkosten), an den rechtlichen Rahmenbedingungen (z. B. Einführung des Solarspitzengesetzes, siehe Kapitel 4.1) und beim Verbraucherverhalten gegeben (nach anfänglicher Zurückhaltung setzen sich reine E-Fahrzeuge bzw. Plug-In-Hybride sowie Wärmepumpenheizungen nun doch gegenüber fossilen Lösungen immer stärker durch). Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge ist es daher nicht möglich, griffige Standardempfehlungen zu geben, auch wenn manche Ratgeber dies versuchen. Aus diesem Grund wurden nur die Aspekte, die für jedermann überschaubar sind, in die Darstellung einbezogen. Alle darüber hinaus gehenden Aspekte bedürfen einer individuellen Betrachtung. An den betreffenden Stellen wird allerdings auf weiterführende Informationsquellen hingewiesen.

In den folgenden Kapiteln sollen die grundsätzlichen Aspekte im Zusammenhang mit der Anschaffung eines Hauskraftwerks betrachtet werden.

Gute Gründe für ein Hauskraftwerk sind:

- Ein großer Teil des Strombedarfs wird durch die eigene Photovoltaikanlage selbst erzeugt (Anmerkung: Bei der Auslegung ist es wichtig, auch zukünftige Verbräuche, z. B. für Elektroautos, Klimageräte und Wärmepumpenheizung zu berücksichtigen)

- Der Batteriespeicher ermöglicht, deutlich mehr selbst erzeugten Solarstrom im Haus selbst zu nutzen, statt ihn ins Netz einzuspeisen. Selbst bei Nutzung einer Wärmepumpenheizung ist eine Eigenverbrauchsquote von ca. 50% machbar.
- Eigenproduzierter und gespeicherter Strom ist wesentlich günstiger als Netzstrom, das Hauskraftwerk senkt also die Energiekosten deutlich.

2 Die Photovoltaikanlage

Eine Photovoltaikanlage erlaubt die Nutzung von Sonnenenergie für den Hausverbrauch und/oder zur Erzielung von Einspeisevergütungen für den erzeugten Strom. Außerhalb des 20-jährigen Förderzeitraums nach dem „Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)“ fallen diese nach den aktuellen Regelungen allerdings sehr gering aus. Sinnvoller ist deshalb, den erzeugten Strom möglichst weitgehend selbst zu nutzen und damit im entsprechenden Umfang die Kosten für den Bezug von Netzstrom zu senken. Durch entsprechende Zusatzausstattungen (Batteriespeicher, Energiemanagementsystem) sind Eigenverbrauchsraten von über 70% zu erreichen (ohne diese Zusatzausstattung im Durchschnitt allerdings nur 25 – 30%, abhängig vom Nutzerverhalten).

2.1 Für Besitzer/-innen geeigneter Dächer und Hauswände

Wer über ein eigenes, weitgehend unverschattetes Dach oder eine geeignete Wand verfügt, sollte eine Photovoltaikanlage errichten. Diese Aussage gilt für Dächer, die nach Westen, Osten und nach Süden ausgerichtet sind. Die Dächer sollten möglichst vollständig mit Photovoltaikmodulen belegt werden, bis auf regelmäßig und für längere Zeitdauer verschattete Bereiche. Diese Aussage gilt bis zu einer Größe von circa 20 kW_p pro Haushalt. Die Montage von Modulen an unverschatteten Südwänden ist ebenfalls sinnvoll, der Jahresertrag ist allerdings um 20 – 30% geringer, als bei einer nach Süden ausgerichteten Dachanlage. Eine Wandanlage erzeugt jedoch in den ertragsschwachen Wintermonaten aufgrund des niedrigen Sonnenstandes mehr Solarstrom, als eine vergleichbare Dachanlage.

Die vollständige Belegung der Dächer hat folgende Vorteile:

- Es wird ein möglichst günstiger Preis pro Kilowattstunde installierter PV-Leistung erreicht, da die Gesamtrechnung erhebliche Fixkosten für Umbau Zählerschrank, Gerüststellung, Baustelleneinrichtung usw. beinhaltet. Diese erhöhen sich nicht, wenn die Anlage größer ausgeführt wird.
- Bei dieser Art der Auslegung findet keine unwirtschaftliche Fehlinvestition statt, da zurzeit der eingespeiste Strom vergütet wird.

Anmerkung: der Anteil des selbst verbrauchten Stroms kann erheblich gesteigert werden durch den Einbau eines Batteriespeichers (s. Kapitel 3).

- Durch die Vollbelegung des Daches wird eine Reserve geschaffen, für den Fall, dass der Stromverbrauch des Haushaltes in den nächsten Jahren steigen sollte, zum Beispiel durch die Anschaffung einer Wärmepumpenheizung oder eines E-Autos.
- Auf diese Weise wird die Energiewende optimal unterstützt, da bis zum Erreichen der Klimaneutralität in Deutschland noch grob circa die vierfache PV-Leistung installiert werden muss, wie sie bereits jetzt in Deutschland vorhanden ist.

Was ist sonst interessant bzw. wichtig zu wissen über Dachanlagen?

- Die Anschaffung einer Neuanlage bedarf einer Beratung über alle wichtigen Parameter wie die elektrische Leistung und Anzahl der möglichen Module, die zur Verfügung stehende Dachfläche, Verschattungen, Dachauf- und -einbauten sowie die Dachneigung.
- Im Hinblick auf den Installationsaufwand sollte geprüft werden, ob der vorhandene Zählerschrank ausreichend Platz für die Installation der notwendigen Komponenten für die Photovoltaikanlage bietet. Ein neuer Zählerschrank kann die Kosten erheblich in die Höhe treiben und sollte deshalb in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt werden.
- Seit dem 25.02.2025 in Betrieb genommene PV-Anlagen unterliegen dem sog. „Solarspitzengesetz“ (Gesetz zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Vermeidung von temporären Erzeugungsüberschüssen, siehe Kapitel 4.1). Ziel des Gesetzes ist es, Einspeisespitzen insbesondere bei starker Solarproduktion zu glätten und Netzüberlastungen zu vermeiden. Gleichzeitig soll der Anreiz für den Eigenverbrauch und Speichereinsatz erhöht werden.

Betreiber/-innen neuer PV-Anlagen, die ab dem In-Kraft-Treten des Gesetzes installiert wurden, müssen bestimmte technische Voraussetzungen erfüllen: Sie müssen ab einer bestimmten Leistung (7 kW_p) entweder über ein Intelligentes Messsystem („Smart Meter“- siehe Kapitel 10.4) mit Steuerbox mit dem Netz verbunden sein oder ihre Maximalleistung muss auf max. 60 % der installierten Leistung gedrosselt

werden. Anmerkung: bei Anlagen, die nach Osten und/oder nach Westen ausgerichtet sind, ist die dadurch zu erwartende Vergütungseinbuße < 5%. Außerdem entfällt bei negativen Börsenstrompreisen die EEG-Vergütung für eingespeisten Solarstrom. Die Zeiten ohne Vergütung werden allerdings an das Ende der regulären EEG-Vergütungsdauer angehängt, sodass der/die Betreiber/-in nicht zwangsläufig die Vergütung verliert, aber der Zeitpunkt der Vergütung verschiebt sich. Ausnahme: Balkonkraftwerke (oder Steckersolargeräte), deren Leistung kleiner als 2000 Wp ist, sind hiervon ausgenommen.

Durch die neue Regelung wird es noch attraktiver, den Solarstrom lokal zu verbrauchen, z. B. durch Nutzung von Elektrogeräten mit größeren Leistungen (Waschmaschine, Spülmaschine, Wallbox oder Wärmepumpe), insbesondere zu Zeiten negativer Börsenstrompreise oder durch Zwischenspeicherung des Stroms in einem Batteriespeicher.

Betreiber/-innen auch kleinerer PV-Anlagen können ihren Strom an der Börse vermarkten (über einen Direktvermarkter) und damit potenziell mehr Erlösen als mit der festen EEG-Einspeisevergütung – zumindest in Zeiten mit hohen Strompreisen. In Zeiten niedriger oder negativer Preise bleibt aber weiterhin das Risiko, weniger oder gar nichts zu verdienen. Auch bei Eigenverbrauchsanlagen kann der nicht selbst genutzte Überschussstrom unkomplizierter in die Direktvermarktung gehen.

Das Solarstromeinspeisungsgesetz (siehe Kapitel 4.1) verlangt also mehr technische Steuerbarkeit bei neuen PV-Anlagen und setzt wirtschaftliche Anreize für Eigenverbrauch und Speicher. Für neue Anlagen sind deshalb Batteriespeicher und ein Energiemanagementsystem dringend zu empfehlen.

- Das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) regelt den Einbau, Betrieb und die Nutzung moderner Messeinrichtungen und intelligenter Messsysteme (siehe Kapitel 10.4.3). Für den Betrieb einer Photovoltaikanlage hat das Gesetz mehrere Auswirkungen: Das MsbG schreibt u.a. vor, dass ab 7 kW_p installierter Leistung ein intelligentes Messsystem (Smart Meter) verpflichtend eingebaut werden muss. Anmerkung: Bei kleineren Anlagen

reicht in der Regel eine moderne Messeinrichtung (digitale Zähler ohne Kommunikation). Die Kosten dafür sind im Gesetz festgelegt und dürfen nicht beliebig überschritten werden: Für eine PV-Anlage bis 7 kW_p: max. 20 €/Jahr (digitale Messeinrichtung), für Anlagen mit 7–15 kW_p: max. 100 €/Jahr (Smart Meter), für Anlagen mit 15–30 kW_p: max. 130 €/Jahr usw. Die Kosten trägt in der Regel der Anlagenbetreiber.

Ein Smart Meter (siehe Kapitel 10.4) kann Erzeugung, Einspeisung und Eigenverbrauch minutengenau erfassen und auswerten. Ein Energiemanagementsystem kann mithilfe dieser Informationen Speicher oder auch steuerbare Verbraucher (z. B. Wärmepumpen, E-Autos) gezielt so steuern, dass die Wirtschaftlichkeit des Hauskraftwerks gesteigert wird.

Netzbetreiber oder Direktvermarkter können über Smart Meter in Kombination mit einer Steuerbox Anlagen fernsteuern (z. B. bei Lastspitzen oder Netzensparungen).

Man kann den Messstellenbetreiber zwar grundsätzlich frei wählen, praktisch übernehmen dies aber entweder die Netzbetreiber selbst oder es läuft über Kooperationen zwischen wettbewerblichen Messstellenbetreibern und größeren Systemanbietern wie z. B. 1Komma5°, E3/DC, Enpal oder Sonnen. Der Einbau einer Messeinrichtung muss geduldet werden.

2.2 Für Mieter/-innen und Haushalte mit dauerhaft geringen Stromverbräuchen

Für diese Haushalte wird die Errichtung von sog. Balkon-Kraftwerken (oder steckerfertige PV-Anlagen) mit Speicher empfohlen. Ein Balkonkraftwerk besteht aus Photovoltaikmodulen und einem Wechselrichter sowie (auf Wunsch) auch einem Batteriespeicher. Die Anlagen können z. B. in Baumärkten, bei Solarfachfirmen und teilweise sogar bei Discountern erworben werden. Die Installation kann in der Regel von jedem selbst auch ohne fachlichen Hintergrund durchgeführt werden.

Es darf maximal eine Leistung von 2000 W installiert werden. Abgegeben werden dürfen in das Stromnetz allerdings nur 800 W. Dass dieser Wert nicht überschritten wird, dafür sorgen entsprechende Wechselrichter oder Batteriespeicher mit Energiemanagementsystem. Anmerkung: bei manchen Batteriespeichern ist der Wechselrichter bereits enthalten. Die „Überdimensionierung“ der Photovoltaik-Leistung und der Batteriespeicher sorgen dafür, dass auch bei bedecktem Himmel die 800 W über deutlich größere Zeiträume zur Verfügung stehen. Der Batteriespeicher sorgt z. B. dafür, dass auch nachts Strom zur Verfügung steht, da viele Geräte auch nachts Strom verbrauchen (zum Beispiel Kühlschränke, Tiefkühltruhe, Router usw.). Mit einem gewissen Installationsaufwand ist es auch möglich, die Maximaleinspeisung von 800 W so zu steuern, dass der aktuelle Eigenverbrauch dabei berücksichtigt wird.

Die Vorteile eines Balkonkraftwerks sind:

- Unkomplizierte Realisierung: In der Regel einfache Montage (die in vielen Fällen selbst durchgeführt werden kann), Anmeldung beim Marktstammdatenregister und Stecker einstecken - fertig
- Gute Wirtschaftlichkeit (auch bei zusätzlicher Anschaffung eines Stromspeichers) bzw. geringe Amortisationszeiten
- Niedrige Gesamtkosten
- Keine Arbeiten am Zählerschrank erforderlich
- Hohe Eigenleistung möglich, das Dach bleibt unangetastet

Was ist sonst interessant bzw. wichtig zu wissen über Balkonkraftwerke?

- Es besteht zwar ein Erstattungsanspruch für den eingespeisten Strom laut EEG, die Beantragung ist aber aufwendig und lohnt in der Praxis nicht.
- Sinnvoller ist - siehe oben - die Anschaffung eines Batteriespeichers zum Balkonkraftwerk, um im Sommer Überschussstrom zu speichern und nicht kostenlos ins Netz abzugeben.
- Eine Registrierung im Marktstammdatenregister ist verpflichtend.
- Die Batteriespeicherkapazität ist frei wählbar. Gängige Speicher haben eine Kapazität von 1,5 bis 2 kWh, aber die Entwicklung geht weiter. Es werden

mittlerweile auch höhere Kapazitäten angeboten, die bei größerer PV-Leistung interessant sind.

- Eine Zeitsteuerung für die Einspeisung ist sinnvoll, hierdurch wird die Einspeisung ohne wirtschaftlichen Nutzen minimiert. Die Steuerung erfolgt i. d. R. durch ein (integriertes) Energiemanagementsystem (EMS).
- Bei Nutzung eines dynamischen Stromtarifs ist es möglich, besonders im Winter, wenn der PV-Ertrag gering ist, die Batterie bei günstigen Tarifzeiten zu laden (z. B. nachts) und den Strom bei teuren Tarifzeiten zu verbrauchen (Voraussetzung: EMS mit entsprechender Funktionalität).
- Manche Batteriespeicher sind mit einer Notstromsteckdose mit einer Leistung von bis zu 1000 W ausgerüstet. Das schafft - abhängig von der Batteriekapazität - Versorgungssicherheit im entsprechenden Umfang.

3 Der Batteriespeicher

3.1 PV-Anlage durch einen Batteriespeicher ergänzen

Aufgrund der stark gesunkenen Kosten für Batteriespeicher ist es finanziell attraktiv, die PV-Anlage mit einem Speicher auszurüsten. Der Speicher erlaubt, einen erheblich höheren Anteil des erzeugten Solarstroms selbst zu verbrauchen. Realistisch ist eine Verdoppelung des selbst verbrauchten Stroms bei geeigneter Auslegung (vgl. <https://solar.htw-berlin.de/rechner/solarisator/>).

Bei Nutzung eines dynamischen Stromtarifs (vor allem in den Wintermonaten, wo wenig eigener PV-Strom zur Verfügung steht) kann die Batterie nachts zu günstigen Strompreisen geladen werden und tagsüber, wenn der Strompreis i. d. R. höher ist, verbraucht werden.

Weiterhin erlaubt es ein Batteriespeicher, bei Nutzung des sog. „Modul 3“ (nach § 14a EnWG), in einem Zeitfenster mit günstigen Netzentgelten (siehe unten) Strom einzuspeichern und in Zeiten höherer Entgelte zu verbrauchen, was natürlich die Haushaltskasse schont. Durch diese Zeitverschiebung der Verbräuche wird das Netz entlastet. Anmerkung: Nach § 14a EnWG müssen alle Netzbetreiber ab 1.4.2025 zeitgestaffelte Tarife mit drei Netzentgeltstufen anbieten. Voraussetzung für die Nutzung ist der Einbau eines intelligenten Messsystems (siehe Kapitel 10.4.3). Eine Kombination aus zeitgestaffelten Netzentgelten nach § 14a EnWG und dynamischen Stromtarifen ist übrigens nicht nur möglich, sondern auch finanziell besonders vorteilhaft.

Der Speicher schafft bei entsprechender Auslegung (Stichwort Ersatzstromfähigkeit) eine Absicherung gegen Stromausfälle. Die Dauer der kompletten Eigenversorgung wächst natürlich mit der gewählten Größe des Stromspeichers und dem aktuellen Ladestand der Batterie.

Fazit:

Die Anschaffung eines Stromspeichers

- ist wirtschaftlich sinnvoll
- ist netzdienlich
- kann die Sicherheit gegen kurzfristigen Stromausfall erhöhen

- erhöht den Eigenverbrauch selbsterzeugten Stroms
- verringert den erforderlichen Ausbau von lokalen Stromnetzen.

3.2 Nutzungsstrategien

Zeitlich, rechtlich und im Hinblick auf das installierte Energiemanagement betrachtet, lassen sich **4 Stufen der Batteriespeichernutzung** im privaten Haushalt unterscheiden:

- **Stufe 1: PV-Eigenverbrauchsoptimierung**

Auf diese Anwendung passen die Auslegungsempfehlungen der HTW Berlin und der Verbraucherzentralen. Ein EMS ist zu empfehlen, aber nicht Voraussetzung. Ein Smartmeter mit Gateway (siehe Kapitel 10.4.2) ist nicht unbedingt erforderlich. Gesetzliche Regelung ist vorhanden, nur die Anmeldung von PV-Anlage und Speicher im Marktstammdatenregister ist erforderlich. Auslegungsempfehlung Faktor 1,5 bis 3 kWh pro 1000 kWh (mit weiter sinkenden Speicherkosten zunehmende Speichergröße).

- **Stufe 2: PV-Eigenverbrauchsoptimierung + tarifgesteuertes Laden**

Eigenverbrauchsoptimierung (vor allem im Sommer und in den Übergangsjahreszeiten) + Nutzung des Speichers (vor allem im Winter) zum Einkauf/Zwischenspeicherung von Strom zu günstigen Preisen (z.B. nachts) sowie Verbrauch des Stroms zu Zeiten höherer Strompreise (zum Beispiel tagsüber). Voraussetzung wie oben. Zusätzlich: EMS + Smartmeter mit Gateway + dynamischer Stromtarif und zusätzlich Nutzung des Modul 3 mit zeitlich gestaffelten Netzentgelten (siehe unten). Wenn die technischen Voraussetzungen gegeben sind, rechtlich zulässig und wirtschaftlich sinnvoll.

- **Stufe 3: PV-Eigenverbrauchsoptimierung + tarifgesteuertes Laden + intelligente Überschusseinspeisung bei Börsenpreisspitzen**

Funktionen entsprechend der Stufen 1 + Stufe 2 sowie zusätzlich Verkauf von überschüssigem, selbst erzeugtem Solarstrom bei hohen

Börsenstrompreisen, z. B. am frühen Abend. Voraussetzung: EMS + Smartmeter mit Gateway + dynamischer Strompreis. Eine entsprechende Rechtsgrundlage besteht nur für den Verkauf des Stroms indirekt über einen Aggregator, wie z. B. 1Komma° oder Sonnen, die ein virtuelles Kraftwerk bilden oder über einen Direktvermarkter (z. B. Luox Energy). Auslegungsfaktor: mindestens 2 kWh pro kW_p installierter PV-Leistung.

- **Stufe 4: PV-Eigenverbrauchsoptimierung + tarifgesteuertes Laden + intelligente Einspeisung bei Börsenpreisspitzen + aktiver Stromhandel**

Funktionen entsprechend der Stufen 1 bis 3 sowie zusätzlich Stromhandel (Einkauf zu günstigen Preisen und Verkauf zu höheren Preisen).

Voraussetzungen: wie bei Stufe 3. Achtung: rechtlich für Privatleute mit EEG- Anlagen noch nicht möglich.

Die Auslegungsempfehlung im Hinblick die Speichergröße ist hier nicht mehr nur abhängig von eigener PV-Erzeugung und vom Eigenverbrauch. Eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit ist derzeit noch nicht möglich, da die „Managementkosten“ für den Stromhandel derzeit noch nicht bekannt sind.

3.3 Dimensionierung des Batteriespeichers

Bestimmende Elemente für die Auslegung des Batteriespeichers sind:

- die Größe einer vorhandenen oder geplanten PV-Anlage
- das Datum der Inbetriebnahme, wenn bereits eine Photovoltaikanlage vorhanden ist. Bei älteren Anlagen, die ab 2012 erbaut wurden, lohnt es sich häufig einen Speicher nachzurüsten. Grund dafür ist die seit April 2012 geringere Einspeisevergütung im Vergleich zum Strompreis.

Für Anlagen, die vor 2009 installiert wurden, lohnt sich ein Stromspeicher aufgrund der hohen Einspeisevergütung in den meisten Fällen nicht, da diese über dem aktuellen Strompreis liegt. Anmerkung: Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Förderung i. d. R. nach 20 Jahre ausläuft. Danach verringert sich die Einspeisevergütung erheblich und die Anschaffung eines Stromspeichers kann sich dann als sehr sinnvoll erweisen. Anlagen, die zwischen 2009 und März 2012 installiert wurden: Bei diesen Anlagen wird der Eigenverbrauch des erzeugten Stroms selbst vergütet. Die Höhe dieser

Vergütung ist in diesen Fällen abhängig von dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme, der Größe der Anlage und dem Eigenverbrauchsanteil. Ob sich die Investition in einen Stromspeicher in diesem Fall lohnt, sollte individuell berechnet werden.

- der Energiebedarf des Hauses bzw. Haushalts (hier sind insbesondere absehbare künftige Verbräuche mit zu berücksichtigen, zum Beispiel für eine Wärmepumpenheizung, Elektroautos oder Klimageräte)
- die Nutzung oder geplante Nutzung eines dynamischen Stromtarifs und/oder die Nutzung zeitgestaffelter Netzentgelttarife (siehe oben).
die Absicht, nach Schaffung entsprechender Rechtsgrundlage mit Strom zu handeln (siehe oben). Zur Steuerung bestimmter Verbraucher (z. B. große Haushaltsgeräte, Wallbox, Wärmepumpenheizung usw.), der Batterieladung und -entladung, ggf. zeitlich versetzte Einspeisung von Solarstrom und ggf. Kauf- und Verkauf von Strom für den Handel mit Strom ist ein Energiemanagementsystem sinnvoll. In manchen Batteriespeichern bzw. Wechselrichtern ist dieses bereits integriert, aber es gibt auch unabhängige Systeme, die viele der üblichen, oben genannte Komponenten ansteuern können.

Eine einfache Empfehlung im Hinblick auf die Dimensionierung der Batteriespeicherkapazität lässt sich nicht geben, weil mehrere voneinander unabhängige Nutzungsstrategien bestehen.

Stufe 1

Für die oben beschriebene **Stufe 1** der Batteriespeichernutzung geben die Verbraucherzentralen beziehungsweise die technische Hochschule Berlin (HTW) folgende Auslegungsempfehlung:

Bei einer vorhandenen Solaranlage, deren Eigenverbrauch optimiert werden soll, sollte die Batteriekapazität (angegeben in Kilowattstunden kWh) vom Zahlenwert her der Leistung der Photovoltaikanlage (angegeben in kW_p), ungefähr entsprechen. Beträgt die Leistung der PV-Anlage beispielsweise 10 kW_p, dann sollte die Kapazität des Batteriespeichers max. 10 kWh betragen. Anmerkung: zuvor sollte natürlich geprüft werden, ob die Leistung der PV-Anlage auch für zukünftige Nutzungen (Wärmepumpenheizung, E-Auto) ausreichend groß bemessen ist.

Für den Fall, dass der Batteriespeicher auch als Notstromversorgung während eines Stromausfalls genutzt werden soll, sollte die Kapazität anhand des mittleren Stromverbrauchs und der zu überbrückenden Zeit ausgelegt werden.

Nachfolgende Tabelle zeigt empfohlene Obergrenzen der nutzbaren Speicherkapazität in Einfamilienhäusern zur Optimierung der Eigenverbrauchsrate (Stufe 1 der Speichernutzung), die von der Größe der PV-Anlage und von der Höhe des jährlichen Stromverbrauchs abhängt.

Anmerkung: Bei Anlagen >12 kW_p kann ein Auslegungsfaktor von 1 bis 1,5 zu großen Batteriespeichern führen. Zu beachten ist, dass sich Batteriespeicher >20 kWh nur schwer wegen der dann greifenden Bauvorschriften (Landesverordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen - EltBauVO) umsetzen lassen.

sinnvolle Obergrenze der nutzbaren Speicherkapazität

≥ 10	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
9	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
8	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
7	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	10,5 kWh
6	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	9,0 kWh	9,0 kWh
5	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh
4	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh
	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
	Stromverbrauch in kWh/a						

© stromspeicher-inspektion.de

Tabelle 1 Empfohlene Obergrenzen nutzbarer Speicherkapazität

Stufe 2

Soll der Batteriespeicher gemäß der oben beschriebenen **Stufe 2** zusätzlich genutzt werden, um zusätzlich günstigen Strom im Rahmen eines variablen Stromtarifs bzw. günstige Netzentgelte im Rahmen eines Blockmodells zu nutzen (also die Batterie zu laden in Phasen günstiger Preise bzw. Netzentgelte und in teureren Phasen zu verbrauchen), kommt als dominierender Auslegungsfaktor der tatsächliche tägliche Stromverbrauch des Haushalts in den Hochpreisphasen

hinzu. Bei einem Einfamilienhaus (Altbau) mit Wärmepumpenheizung sind bei dieser Nutzungsstufe Speicherkapazitäten von 20 bis 30 kWh sinnvoll. Aufgrund stark gesunkener Batteriespeicherkosten ist eine solche Auslegung im Einzelfall auch wirtschaftlich sinnvoll.

Stufe 3

Bei einer Speichernutzung gemäß **Stufe 3** kommt als zusätzliches Auslegungskriterium neben der PV-Anlagenleistung und des täglichen Stromverbrauchs des Hauses in Hochpreisphasen noch die Anzahl von Stunden mit negativen Börsenstrompreisen während der besonders ertragreichen Tagesstunden hinzu. Da die Anzahl von Stunden mit negativen Börsenstrompreisen in den letzten Jahren von Jahr zu Jahr stark gewachsen ist, kann für die Zukunft keine belastbare Auslegungsempfehlung gegeben werden. In Interviews mit Experten werden Auslegungsfaktoren von 3 bis 4 kWh pro kW_p genannt.

Stufe 4

Bei einer Speichernutzung gemäß **Stufe 4** kommt zusätzlich zu den bereits beschriebenen Auslegungskriterien noch das angestrebte Handelsvolumen hinzu. Da diesbezügliche Rechtsgrundlagen für den Einzelhaushalt noch fehlen und die „Managementkosten“ für den Stromhandel noch unbekannt sind, ist es derzeit auch hier nicht möglich, eine diesbezügliche Auslegungsempfehlung zu geben. Bei den aktuell stark boomenden Großspeichern ergibt sich die maximale Leistung aus der verfügbaren Netzanschlussleistung und die Kapazität wird auf 2 bis 4 Volllaststunden ausgelegt.

3.4 Zellchemie

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Batteriesystem, angefangen von Blei-, über Nickel-Cadmium- (NiCd), Nickel-Metallhydrid- (NiMh), Lithium-Ionen-, Natrium-Ionen-, Natrium-Schwefel- bis hin zu Redox-Flow-Batterien, um nur einige zu nennen. Die größte Bedeutung haben im Leistungsbereich >1 kWh Lithium-Ionen-Batterien, die sich wiederum beim Kathodenmaterial unterscheiden. Während im Mobilitätsbereich nach wie vor Lithiumbatterien mit Nickel-Mangan-Kobalt-Kathode (NMC) dominieren, haben sich im Stationärbereich inzwischen Lithium-Eisenphosphat-Batterien durchgesetzt (LFP). Neben niedrigeren Materialkosten

sind als Vorteil die höhere Zyklenzahl und erhöhte Sicherheit zu nennen. Da in der stationären Anwendung die niedrigere Leistungsdichte keine Rolle spielt, sollte insbesondere aufgrund des Sicherheitsaspekts auf Batterien mit LFP-Zellen geachtet werden.

Weitere Details s. Anhang 10.5

3.5 AC-/DC-Kopplung

Der Anschluss eines Batteriespeichers kann auf verschiedene Weise erfolgen. Man unterscheidet zwischen AC- und DC-Kopplung, wobei AC (alternating current) für Wechselstrom und DC (direct current) für Gleichstrom steht. Bei öffentlichen Stromnetzen handelt es sich bekanntlich um Wechselstromnetze, während PV-Module und Batterien Gleichstrom erzeugen bzw. speichern.

Bei DC-gekoppelten Systemen kommen Hybridwechselrichter zum Einsatz, die Anschlüsse für die Netzseite, die PV-Module und die Batterie aufweisen. Diese haben i. d. R. Vorteile bei Preis und Wirkungsgrad, weshalb sie bei Neuanlagen überwiegend zum Einsatz kommen (lt. HTW Berlin 87% Marktanteil in 2024).

Bei AC-gekoppelten Systemen gibt es separate Wechselrichter für den PV-Generator und die Batterie. Dadurch eignen sie sich insbesondere für die Nachrüstung und lassen sich freier bzgl. PV- und Batterieleistung skalieren.

Weitere Details s. Anhang 0

4 Gesetzliche Regelungen

4.1 Solarspitzenengesetz

Das Solarspitzenengesetz ist am 1. März 2025 in Kraft getreten. Für die Betreiber/-innen von Photovoltaikanlagen sind damit wichtige Änderungen verbunden.

Hintergrund und Ziele

Das Solarspitzenengesetz zielt darauf ab, die Netzstabilität zu sichern und die Überproduktion von Solarstrom an sonnigen Tagen zu vermeiden. Die Integration erneuerbarer Energien ins Stromnetz soll verbessert werden, die Herausforderungen durch temporäre Erzeugungsüberschüsse angegangen werden.

Wichtige Änderungen

- Einspeiseleistungsbegrenzung
Neue Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 7 bis 25 kWp müssen ihre Einspeisung auf 60% begrenzen, wenn sie nicht mit einem Smartmeter und einer Steuerbox ausgestattet sind.
- Smartmeter-Pflicht
Neue Anlagen müssen ab Inkrafttreten des Gesetzes mit intelligenten Messsystemen (Smartmeter) ausgestattet sein. Ein intelligentes Messsystem mit Steuerbox ist die technische Voraussetzung für die Steuerung der Einspeisung durch die Energieversorger.
- Keine Vergütung bei negativen Strompreisen
Während Zeiten negativer Strompreise erhalten die Betreiber/-innen von Photovoltaikanlagen keine Vergütung für ihren eingespeisten Strom. Ziel ist, den Eigenverbrauch zu erhöhen.
- Förderung von Eigenverbrauch und Speichersystemen
Um die Rentabilität für Betreiber/-innen von Photovoltaikanlagen zu erhöhen, fördert das Gesetz die Nutzung von Batteriespeichern und Energiemanagementsystemen. Dadurch sollen langfristig die Energiekosten gesenkt werden.

Auswirkung auf bestehende Anlagen

Bestehende Anlagen sind nicht direkt von den Regelungen des Gesetzes betroffen. Betreiber/-innen können freiwillig umrüsten und sich dadurch eine um 0,6 ct/kWh höhere Vergütung sichern. Darüber hinaus sollen sie von flexibleren Direktvermarktungsoptionen profitieren, indem sie Strom aus dem Netz zu preisgünstigen Zeiten in Batteriespeicher einspeichern und später gewinnbringend verkaufen.

Das Solarspitzengesetz stellt somit einen wichtigen Schritt in Richtung einer stabileren und nachhaltigeren Energieversorgung dar, indem es die Nutzung von Solarenergie effizienter gestaltet und gleichzeitig die Netzstabilität gewährleistet.

Den Gesetzestext kann man unter

<https://www.recht.bund.de/eli/bund/bgbl-1/2025/51>

im Internet einsehen.

4.2 Messstellenbetriebsgesetz

Das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) wurde am 25. Februar 2025 geändert und regelt die Ausstattung mit intelligenten Messsystemen. Es wurde eingeführt, um die Digitalisierung der Energiewende voranzutreiben und die Energieversorgung nachhaltiger zu gestalten. Es legt

- die Ausstattung der Messstellen in der leitungsgebundenen Energieversorgung und
- die Aufgaben der Messstellenbetreiber fest.

Zweck des Gesetzes

Ziel des Gesetzes ist, die Energieversorgung effizienter und transparenter zu gestalten. Der Einsatz und die Nutzung intelligenter Messsysteme ermöglicht die genaue Erfassung des Energieverbrauchs. Die Kommunikation zwischen Versorger und Verbraucher wird verbessert.

Änderungen 2025

- Einführung von Steuerungseinrichtungen

Der Messstellenbetreiber muss ab dem 25. Februar 2025 bei Betreibern

und Betreiberinnen mit einer installierten PV-Leistung von mehr als 7 kW ein intelligentes Messsystem nebst Steuereinrichtung installieren. Dies ist der Standard mit einer jährlichen Preisobergrenze.

- Preisobergrenzen

Der Einbau und Betrieb der Messstelleneinrichtung darf bei einem Stromverbrauch von max. 20.000 kWh pro Jahr und maximal 15 kWp installierter PV-Leistung maximal 50 € pro Jahr zuzüglich 50 € für die Steuerbox kosten.

- Ziel 2032

Bis zum Jahr 2032 sollen alle Verbraucher mit modernen Messeinrichtungen ausgestattet werden.

Den Gesetzestext kann man unter

<https://www.gesetze-im-internet.de/messbg/BJNR203410016.html>

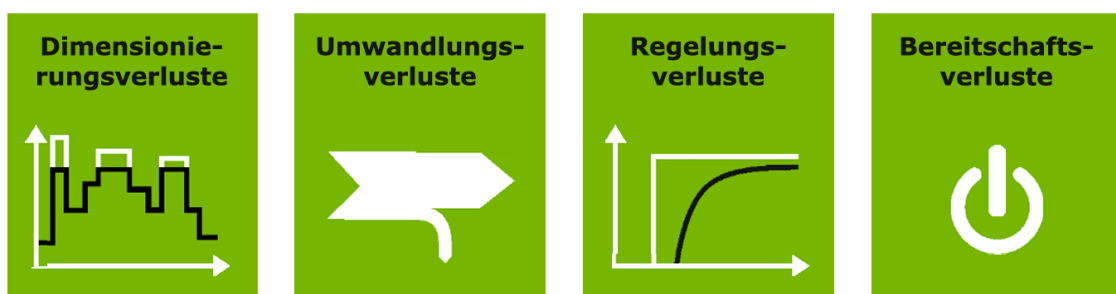
im Internet einsehen.

5 Das sollten Sie beim Kauf beachten

5.1 Effizienz, Wirkungsgrad und Garantieleistungen

Bei der Speicherung und späteren Nutzung von gespeichertem (Solar-)Strom fallen Verluste an. Diese lassen sich durch Auswahl einer guten Technik stark verringern. Im Folgenden wird erläutert, an welchen Stellen diese Verluste auftreten, wie man die Datenblätter der Hersteller interpretiert und wie sich ein effizienter Stromspeicher finden lässt.

Die Solarmodule auf dem Dach erzeugen Gleichstrom. Das ist praktisch, da Batteriespeicher wiederum nur Gleichstrom speichern können. Die Aufgabe des Batteriespeichers ist es, die tagsüber anfallenden Solarstromüberschüsse aufzunehmen, um damit die elektrischen Verbraucher insbesondere in den Abend- und Nachtstunden zu versorgen. Da aber im Stromnetz unserer Wohnungen nur Wechselstrom fließt, kann der solar erzeugte Gleichstrom von unseren Haushaltsgeräten nicht direkt genutzt werden. Damit der Solarstrom bzw. der in Batterien gespeicherte Solarstrom ins Stromnetz eingespeist werden kann, muss er in Wechselstrom umgewandelt werden. Die Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom erledigen sogenannte Wechselrichter. Die Umwandlung von Gleich- in Wechselstrom, die Speicherung und Entladung von Batterien sind immer mit Verlusten verbunden. Die Verluste von PV-Batteriespeichern lassen sich in 4 Kategorien unterteilen:



Grafik: HTW Berlin

Abbildung 1 Überblick über die Verluste von PV-Speichersystemen

In der folgenden Abbildung ist die Bandbreite der Verlustmechanismen angegeben, die beim Stromspeichercheck 2024 der HTW Berlin festgestellt wurden:



Grafik: HTW Berlin.

Abbildung 2 Labortestergebnisse der Stromspeicher-Inspektion 2024

Insbesondere bei der Einschwingzeit, also der Zeit bis das Batteriesystem die richtige Leistung bereitstellt, und beim Stand-by-Verbrauch wurden große Unterschiede zwischen Best- und Tiefstwerten festgestellt. Auch wurde festgestellt, dass die erforderlichen Daten auf den Datenblättern der Hersteller nicht immer vollständig, korrekt und transparent dargestellt werden. So lag z. B. der gemessene Stand-by-Verbrauch des ineffizientesten Systems um den Faktor 10 über dem vom Hersteller auf dem Datenblatt angegebenen Wert.

Fazit: Auswahlkriterien für effiziente Speichersysteme

Die Systemeffizienz der Solarstromspeicher hat einen entscheidenden Einfluss auf den energetischen, ökonomischen und ökologischen Nutzen des Speichers. Folgende Mindestwerte sollten laut HTW Berlin erreicht werden:

	Eigenschaften von hocheffizienten Speichersystemen
> 80 %	Wirkungsgrad im Teillastbetrieb von 100 W bis 300 W
> 96 %	Mittlere Pfadwirkungsgrade aller Energiewandlungspfade
> 95 %	Batteriewirkungsgrad
< 1 s	Totzeit der Systemregelung
< 2 s	Einschwingzeit der Systemregelung
< 5 W	Stationäre Regelungsabweichungen
< 10 W	Systemverbrauch im Stand-by-Modus

Abbildung 3 Eigenschaften hocheffizienter Speichersysteme

Vergleichen Sie nicht nur die maximalen Wirkungsgrade unterschiedlicher Hybrid-Wechselrichter. Diese Werte bestimmen die Hersteller in unterschiedlichen Betriebspunkten unter idealen Prüfbedingungen. Meist liegt der maximale Wirkungsgrad im oberen Leistungsbereich nahe der Nennleistung und gilt zum Teil nur für die Umwandlung des Solarstroms in Wechselstrom (ohne Berücksichtigung der Batterieverluste). Für die Effizienz im praktischen Betrieb spielen aber die Wirkungsgrade bei der Batterieentladung mit geringer Leistung eine viel größere Rolle.

Fragen Sie auf dem Datenblatt fehlende Kennzahlen beim Hersteller oder Installateur nach. Darüber hinaus sind unabhängige Tests wie die Stromspeicher-Inspektion und Referenzen oder Erfahrungsberichte von anderen Nutzer:innen hilfreiche Informationsquellen bei der Auswahl effizienter Speichersysteme.

Neben den Effizienzkriterien sollten bei der Kaufentscheidung aber auch weitere Punkte wie **Garantie- und Serviceleistungen des Herstellers** und **die richtige Speichergröße** berücksichtigt werden. Außerdem sollte der Hersteller den Eindruck hinterlassen, dass er auch noch in 10 bis 15 Jahren im Service-Fall weiterhelfen kann.

Detailliertere Einblicke in die Verlustmechanismen sowie die ausführlichen Testergebnisse von ca. 20 Photovoltaik-Heimspeichern finden Sie kostenfrei unter

<https://solar.htw-berlin.de/studien/stromspeicher-inspektion-2025/>

5.2 Sicherheit und sonstige Vorschriften für Batteriespeicher

Der Batteriespeicher sollte an einem Ort aufgestellt werden, der gut belüftet und trocken ist sowie vor extremen Temperaturen geschützt ist. Ideal sind Keller, Hauswirtschaftsräume oder Technikräume, solange diese keine extremen Temperaturen oder hohe Luftfeuchtigkeit aufweisen.

Beim Betrieb eines PV-Speichers sollten die Angaben zum **Sicherheitskonzept** und zu den erforderlichen **Wartungsintervallen** beachtet werden. Hersteller geben Intervalle von ein bis zwei Jahren vor. Bei Lithium-Speichern sollten Sie zudem darauf achten, dass sie dem „**Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher**“ des Karlsruher Instituts für Technologie entsprechen. Dieser enthält wichtige Vorgaben für die Hersteller, die die Sicherheit und Lebensdauer von Lithiumsystemen verbessern sollen.

Ein separater Raum, in dem wenig brennbare Materialien gelagert werden, erhöht die Brandsicherheit. Eine Brandmeldeanlage ist optional zu empfehlen.

Bei Heimspeichern mit einer Batteriekapazität von über 20 kWh müssen diese in Rheinland-Pfalz bestimmte Bauvorschriften erfüllen, die in der Landesbauordnung und der Elektroanlagenbauverordnung (EltbauV) geregelt sind. Diese Vorschriften betreffen die Aufstellung, den Brandschutz und die Sicherheit der Anlagen.

Nach der neuen EU-Batterieverordnung müssen Hersteller und Lieferanten umfangreiche Vorgaben erfüllen. Dabei geht es u. a.

- um die Ausweisung des CO₂-Fußabdrucks als „Product Carbon Footprint“,
- die verpflichtende Vorgabe zum Rezyklatgehalt,
- einen digitalen Produktpass,
- um eine erweiterte Sorgfaltspflicht für die Lieferkette (wird wahrscheinlich unter der neuen Regierung aufgehoben) und
- die Verbindlichkeit eines seit August 2024 gültigen CE-Konformitätsverfahrens für alle Batterien.

6 Energiemanagementsystem (EMS)

Im Rahmen der Energiewende werden in den Haushalten immer mehr stromerzeugende und stromverbrauchende Komponenten im Hausnetz im Einsatz sein. Um den selbsterzeugten Strom optimal für Haushalt, Batterie, Wärmepumpe und E-Auto nutzen zu können, bedarf es eines Energiemanagementsystems (EMS). Moderne Systeme erlauben auch die Berücksichtigung von Wetterdaten und variablen Stromtarifen.

Das EMS steuert die Verteilung der Ströme optimal, so dass wenig Strom aus dem Netz bezogen werden muss und damit auch den Autarkiegrad und den Eigenverbrauch zu erhöhen.

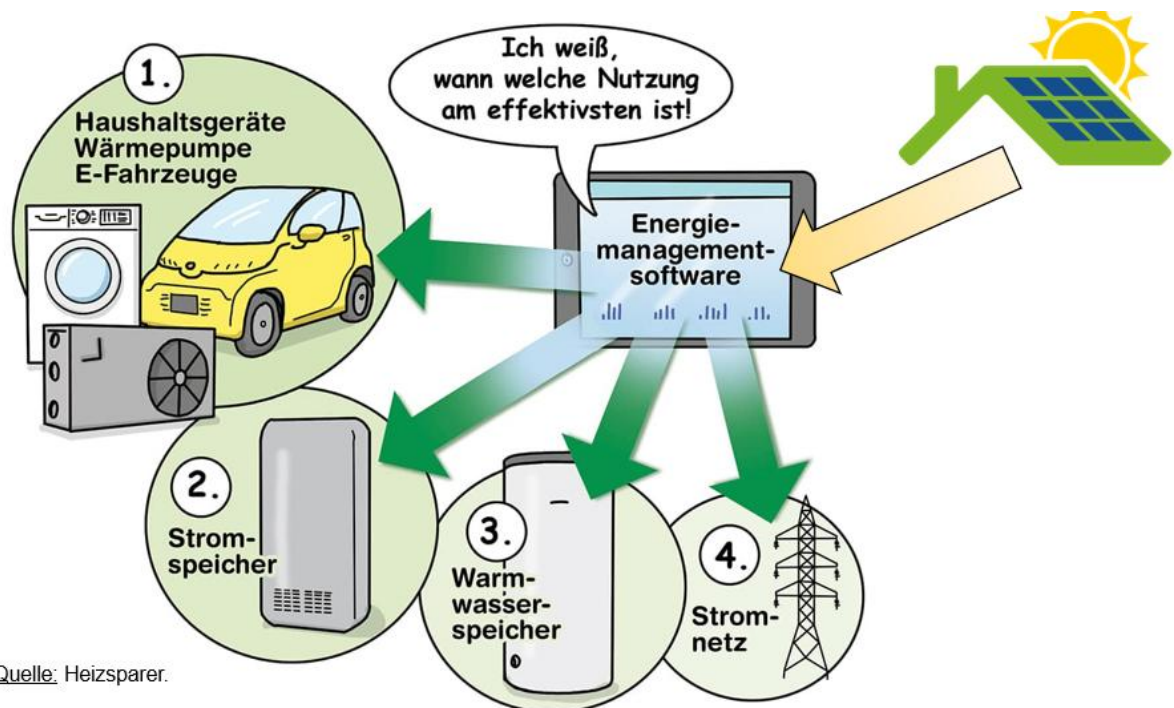


Abbildung 4 Übersicht Energiemanagementsystem

Heutige Batteriespeicher haben in der Regel bereits ein EMS integriert. Bei einigen Herstellern (z. B. Fronius) ist das Energiemanagementsystem im Wechselrichter integriert.

Solarmanager, Home-Assistent oder EVCC-Systeme sind zählerschränkunabhängig und müssen mit dem Haus-LAN-Netz verbunden sein. Andernfalls muss eine separate Komponente EMS beschafft werden, die dann im Zählerkasten verbaut wird. Alternativ gibt es reine Software-Lösungen wie „clever-PV“.

Die meisten modernen Wechselrichter verfügen über mehrere programmierbare Schaltkontakte oder sind kompatibel mit gängigen SmartHome-Schaltaktoren wie z. B. Shelly. Darüber lassen sich per EMS – wie z. B. Solarmanager – Verbraucher wie Klimageräte, Haushaltsgeräte, Heizstäbe, Poolpumpen/-Heizungen steuern. Dadurch wird das Flexibilitätspotential des Gesamtsystems signifikant erhöht.

7 Laden eines E-Autos

PV-Anlage und E-Auto stellen eine ideale Kombination zur Nutzung erneuerbarer Energien da. Durch den erhöhten Eigenverbrauch kann man den selbst erzeugten Strom besser nutzen und hat gleichzeitig konkurrenzlos günstige Betriebskosten für sein Auto.

7.1 Gesteuertes PV-Überschussladen

Stand der Technik ist das gesteuerte Laden. Dabei wird entweder die Ladestation von einem Energiemanagementsystem, das den aktuellen PV-Überschuss kennt, gesteuert oder eine intelligente Ladesäule erhält von einem Stromzähler den aktuellen Überschuss und regelt den Ladestrom entsprechend. Der Ladestrom kann zwischen 6 A und dem Maximalstrom von Ladestation bzw. Fahrzeug variiert werden, wodurch sich bei einphasiger Ladung Ladeleistungen zwischen 1,4 und 3,6 (7,2) kW und bei dreiphasiger Ladung zwischen 4,2 und 11 (22) kW ergeben. Zudem gibt es Ladestationen, die mittels automatischer Phasenumschaltung die Ladeleistung zwischen 1,4 kW einphasig und 11 (22) kW dreiphasig variieren können.

7.2 Laden aus dem Heimspeicher

In Verbindung mit einem Batteriespeicher ist zunächst zu beachten, dass sich die Kapazitäten von Auto- und Heimbatterien deutlich unterscheiden. Bei einer typischen 5-10 kWh Heimbatterie und 50-100 kWh Fahrzeugbatterie lässt sich nur wenig eigenerzeugter Strom über den Heimspeicher nutzen. Bei größeren Heimspeichern, die durch den starken Preisverfall inzwischen absolut erschwinglich sind, lässt sich durchaus der Strom für eine übliche Pendelstrecke von z. B. 50 km mit 10 kWh Verbrauch tagsüber speichern und nachts in das Fahrzeug laden. Auch das ist inzwischen Stand der Technik und kann wie erwähnt bezahlbar und wirtschaftlich sinnvoll sein.

7.3 Vehicle to Home (V2H) – Bidirektionales Laden

V2H ermöglicht es, Strom nicht nur aus dem Elektroauto zu beziehen, sondern ihn auch ins Hausnetz zurückzuspeisen. Das E-Auto wird damit zu einem mobilen Speicher, der die Versorgungssicherheit erhöht und den Eigenverbrauch optimiert.

Allerdings sorgen hohe Kosten in Verbindung mit regulatorischen und (steuer-) rechtlichen Hürden dafür, dass hier aktuell nur Nischenlösungen existieren.

Technisch ist die Umsetzung über zwei Wege möglich.

Einige Fahrzeughersteller (z. B. VW-Konzern) präferieren die Nutzung der CCS-Ladeschnittstelle, die üblicherweise an Schnellladesäulen zum Einsatz kommt. Die Umwandlung von Netz-Wechselstrom (AC) in den Gleichstrom (DC) der Batterie erfolgt dabei in der Ladesäule, deren Leistung dabei die maximale Ladeleistung begrenzt. Prinzipiell ist dafür jedes Fahrzeug mit DC-Schnellademöglichkeit geeignet. Durch die in der Ladestation benötigte Leistungselektronik zur AC/DC-Wandlung ist diese entsprechend teuer. Eine marktfähige, aber teure Realisierung dieser Variante gibt es z. B. von E3/DC in Verbindung mit ausgewählten VW-Fahrzeugen.

Die zweite Variante nutzt den Typ 2-Stecker der E-Autos. Dabei stellt die Ladestation den Netz-Wechselstrom (AC) zur Verfügung und die Wandlung von AC nach DC erfolgt im Onboard-Lader des Fahrzeugs. D. h. das Fahrzeug muss über einen bidirektionalen Onboard-Lader verfügen, der den Gleichstrom der Batterie ins Netz einspeisen kann. Neuere Fahrzeug z. B. von BMW, Mercedes oder vielen koreanischen Herstellern sind dazu in der Lage.

Vorteile:

- Überschüssiger Solarstrom kann tagsüber im Fahrzeug geladen und abends genutzt werden.
- Erhöhte Autarkiegrade und Versorgungssicherheit möglich, potentiell auch bei Netzausfall.
- Flexible Lastverschiebung und Kosteneinsparungen durch Nutzung günstiger Tarife.

Aktueller Stand

Neuere Fahrzeuge einiger Hersteller sind bereits V2H-fähig. Für deren Nutzung gibt es Pilotprojekte, aber marktgängige Lösungen gibt es aus o. g. Gründen aber noch nicht.

7.4 Vehicle to Grid (V2G) – Das E-Auto als aktiver Stromnetz-Stabilisator

Vehicle to Grid (V2G) beschreibt die bidirektionale Verbindung zwischen Elektrofahrzeug und öffentlichem Stromnetz. Hierbei kann das Fahrzeug nicht nur Strom aus dem Netz aufnehmen, sondern ebenso überschüssige Energie aus der Fahrzeugbatterie gezielt ins Netz zurückspeisen. Das E-Auto wird somit zum aktiven, mobilen Stromspeicher und Kraftwerk für das gesamte öffentliche Netz – und nicht nur für das eigene Zuhause wie beim Vehicle to Home (V2H).

Funktionsweise und technische Voraussetzungen:

- V2G-fähige Fahrzeuge, spezielle bidirektionale Ladegeräte und ein intelligentes Energiemanagement sind die Grundvoraussetzungen.
- Die Technik basiert auf dem ISO 15118-Standard, der eine sichere Steuerung des Stromflusses und die nötige Kommunikation mit dem Netz regelt.
- Die Algorithmen und Steuerungssysteme berücksichtigen den Ladezustand des Fahrzeugs, den Energiebedarf für Fahrten, die aktuellen Strompreise sowie Netzanforderungen.

Vorteile und Mehrwerte:

- Elektroautos können zur Netzstabilisierung beitragen, Netzschwankungen ausgleichen und Lastspitzen abfedern, etwa bei hoher Nachfrage im Netz.
- Die Integration von erneuerbaren Energien wird gestärkt, da Fahrzeuge überschüssigen Solar- oder Windstrom zwischenspeichern und bei Bedarf wieder abgeben können.
- Besitzer/-innen von V2G-fähigen Fahrzeugen können durch die Rückspeisung ins Netz finanzielle Vergütungen oder Einsparungen erzielen und einen Beitrag zur Energiewende leisten.
- V2G ermöglicht es, dezentrale Stromspeicher und -erzeuger flexibel zu koordinieren und den Verkehrs- mit dem Energiesektor zu koppeln (Sektorenkopplung).

Anwendungsbereich und Grenzen:

- V2G entfaltet besonders in privaten und gewerblichen Flotten, bei langen Standzeiten und in Kombination mit virtuellen Kraftwerken sein größtes Potenzial.

- Damit diese Technologie volkswirtschaftlich nutzbar und für das Netz relevant wird, sind eine ausreichende Anzahl angeschlossener E-Fahrzeuge sowie passende regulatorische Rahmenbedingungen nötig.
- Die Batteriehaltbarkeit und die Sicherstellung der Mobilität des Fahrzeugs bleiben wichtige technische Aspekte.

Vehicle to Grid ist damit ein zentraler Baustein für ein künftiges, nachhaltiges Energiesystem. E-Autos agieren als vernetzte und flexible Großspeicher, die nicht nur individuelle Versorgung, sondern auch Netzstabilität, Integration erneuerbarer Energien und finanzielle Vorteile bieten können.

Aktueller Stand:

Es handelt sich hierbei um eine Zukunftstechnologie mit großem Potenzial aber insbesondere hohen regulatorischen und rechtlichen Hürden. Marktrelevanz ist kurzfristig (leider) nicht zu erwarten.

8 Fazit

Die Anschaffung eines Batteriespeichers ist mit Kosten verbunden und sollte nur dann erfolgen, wenn ein entsprechender wirtschaftlicher Nutzen aus der Anschaffung gezogen werden kann.

Um einen Batteriespeicher wirtschaftlich nutzen zu können, sollte die Anschaffung einer Photovoltaikanlage geplant oder zumindest ein variabler-Stromtarif mit dem Stromlieferanten vereinbart werden. Wird keines von beiden in Betracht gezogen, macht die Anschaffung eines Batteriespeicher keinen Sinn, da der Speicher dann mit Netzstrom geladen werden müsste und kein wirtschaftlicher Erfolg erzielt werden kann.



Über das Thema dynamischer Stromtarif sollte man sich intensiv beraten lassen, ob die Nutzung in Verbindung mit einem Batteriespeicher sinnvoll ist.

9 Erfahrungen mit Batteriespeichern

Einige der Mitglieder des Vereins Initiative Südpfalz-Energie e.V. haben seit einigen Jahren Batteriespeicher in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage und Wärmepumpe im Einsatz. Nachfolgend berichten diese über ihre Erfahrungen mit dem Batteriespeicher.

Anlage:

Photovoltaik 6 kW_p, Ost-Ausrichtung,
E3/DC-Batteriespeicher Quadroporte MAX L, 13 kWh

In den Monaten November, Dezember, Januar und Februar ist der Strom-Ertrag einer Photovoltaikanlage sehr gering. Hier reichen die geringen Erträge nicht, um die Batterie in einen nennenswerten Ladestatus zu bekommen. Die geringen Stromerträge werden direkt verbraucht. Die Einspeisung in den genannten Monaten ist gleich 0.

In den Monaten März und April erreicht man bereits Autarkiegrade von ca. 50%. Im April steigt die Einspeisung, weil der erzeugte Strom nicht komplett im Haushalt verbraucht wird, zumal ab April die Wärmepumpen-Heizung bereits überwiegend abgeschaltet ist. Die Eigenverbrauchsquote sinkt.

Von Mai bis September sind Autarkiegrade von über 80 % möglich, da der Stromertrag wesentlich höher ist, als im Haus verbraucht wird. Die Eigenverbrauchsquote bleibt aus diesem Grund niedrig.

Ab Oktober fällt der Autarkiegrad bis auf geringe Werte im Dezember. Der Stromertrag geht insbesondere im November und Dezember stark zurück. Die Eigenverbrauchsquote steigt, weil der Stromertrag in den Monaten für Hausstrom und Wärmepumpenheizung verbraucht wird.

Die beschriebene Erfahrung wurden im Jahr 2024 gemacht. Die erreichten Werte sind stark von den jeweiligen Wetterbedingungen abhängig und können in den Folgejahren variieren.

Die nachfolgenden Abbildungen sollen die beschriebenen Abhängigkeiten etwas verdeutlichen.

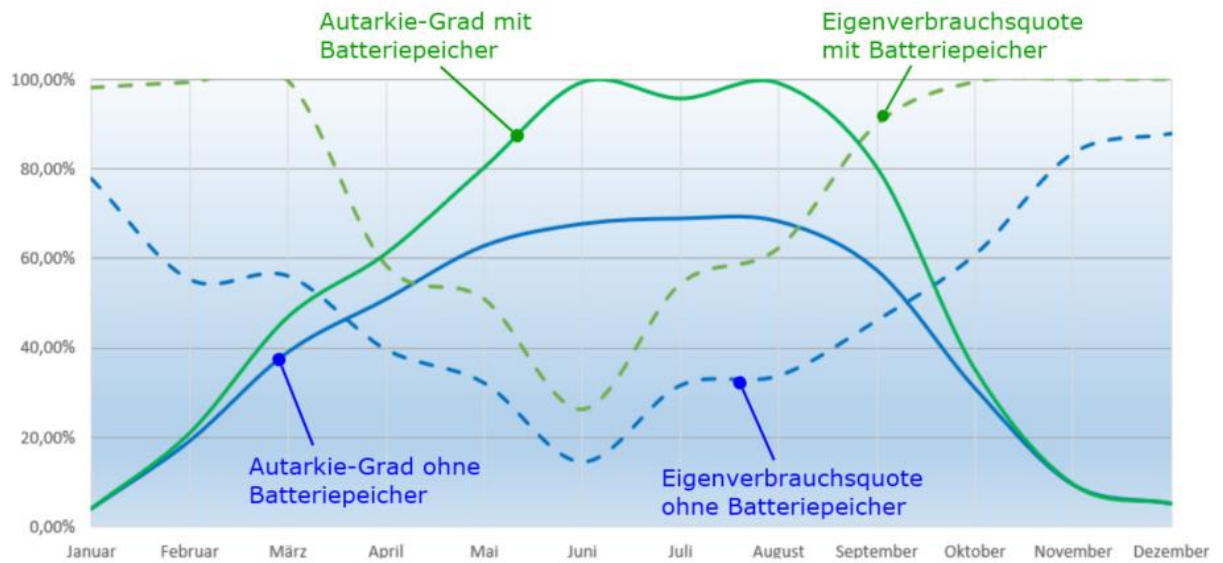


Abbildung 5 Grafik Autarkiegrad/Eigenverbrauchsquote

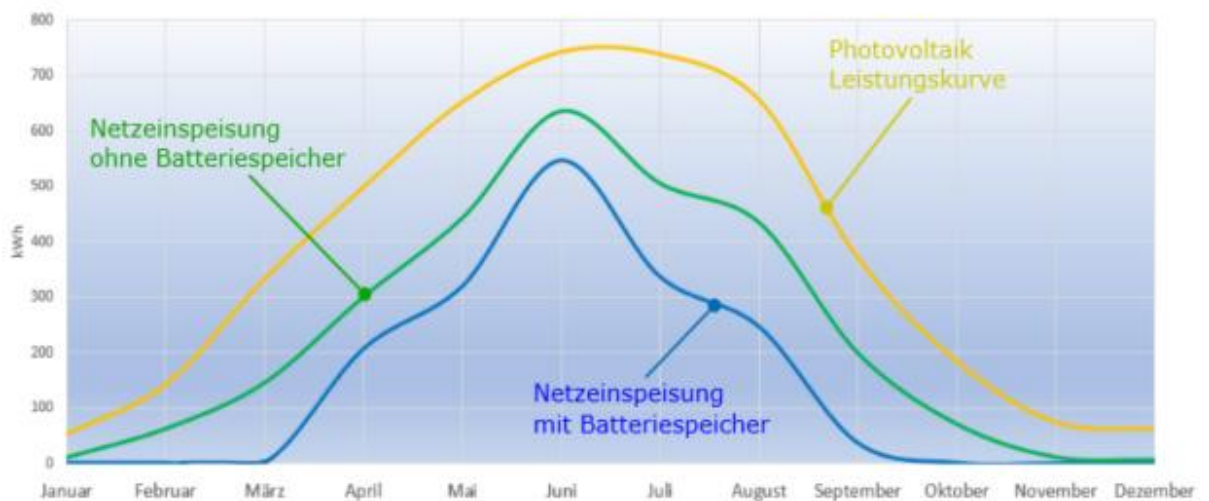


Abbildung 6 Grafik Netzeinspeisung mit/ohne Speicher

- **Eigenverbrauch erhöhen**
Mit einem Batteriespeicher kann man den von der Photovoltaikanlage erzeugten Strom speichern und später, insbesondere in den Abend und Nachtstunden nutzen. Dadurch erhöht sich der Eigenverbrauch merklich und man wird unabhängiger vom Netz.
- **Kostenersparnis**
Durch die Nutzung gespeicherter Energie kann der Strombezug aus dem Netz reduziert werden. Aufgrund des Eigenverbrauchs von erzeugtem Strom der Photovoltaikanlage sowohl tagsüber als auch nachts konnte im Bereich Hausstrom und Wärmepumpenstrom in den Jahren 2023 und 2024

etwa jährlich 1000 € eingespart werden (unter Berücksichtigung der gültigen Haus- und Wärmepumpen-Stromtarife).

10 Anhang

10.1 Autarkiegrad

Der Autarkiegrad einer Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher gibt an, wie unabhängig ein Haushalt oder ein Gebäude von externer Stromversorgung ist. Er wird in Prozent angegeben und berechnet sich folgendermaßen:

$$\text{Autarkiegrad [\%]} = \frac{\text{Eigenverbrauch [kWh]}}{\text{Gesamtverbrauch [kWh]}} * 100$$

Dabei gilt:

- **Eigenverbrauch**
Die Menge an Strom, die direkt aus der PV-Anlage und dem Batteriespeicher genutzt wird.
- **Gesamtverbrauch**
Der gesamte Strombedarf des Haushalts oder Gebäudes, einschließlich des aus dem Netz bezogenen Stroms.

Ein Batteriespeicher verbessert den Autarkiegrad erheblich, da er überschüssigen Solarstrom speichert, der ansonsten ins Netz eingespeist würde. Dadurch steht dieser Strom auch in Zeiten ohne Sonneneinstrahlung zur Verfügung, was die Eigenversorgung optimiert.

Der Autarkiegrad hängt von mehreren Faktoren ab, darunter:

- Größe und Leistung der Photovoltaikanlage
- Kapazität des Batteriespeichers
- Verbrauchsprofil des Haushalts (Tageszeiten der höchsten Stromnutzung)
- Jahreszeit und Wetterbedingungen

Typischerweise kann ein Haushalt mit einer gut dimensionierten PV-Anlage und Batteriespeicher einen Autarkiegrad von 70 % bis 90 % erreichen.

[Quelle: copilot KI]

10.2 Eigenverbrauchsquote

Die Eigenverbrauchsquote in einer Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher gibt an, wie viel des selbst erzeugten Solarstroms direkt vor Ort genutzt wird, anstatt ins öffentliche Netz eingespeist zu werden. Die Berechnung erfolgt mit folgender Formel:

$$\text{Eigenverbrauchsquote [\%]} = \frac{\text{Eigenverbrauch [kWh]}}{\text{Gesamterzeugung [kWh]}} * 100$$

Dabei gilt:

- **Eigenverbrauch** ist die Menge des erzeugten Solarstroms, die entweder direkt im Haushalt genutzt oder im Batteriespeicher zwischengespeichert und später verbraucht wird.
- **Gesamterzeugung** ist die gesamte erzeugte Strommenge der Photovoltaikanlage.

Einflussfaktoren

Ein Batteriespeicher kann die Eigenverbrauchsquote erheblich steigern, indem er überschüssige Energie speichert und bei Bedarf abgibt, sodass weniger Strom aus dem Netz bezogen werden muss. Die Eigenverbrauchsquote hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- **Größe der Photovoltaikanlage:** Eine größere Anlage produziert mehr Strom, aber wenn der Verbrauch nicht steigt, kann die Quote sinken.
- **Kapazität des Batteriespeichers:** Ein größerer Speicher ermöglicht eine bessere Nutzung des Solarstroms.
- **Stromverbrauchsmuster:** Je mehr Strom zu Zeiten verbraucht wird, in denen die Sonne nicht scheint, desto nützlicher ist ein Speicher.
- **Wetterbedingungen:** Mehr Sonnenstunden erhöhen die Stromproduktion.

Eine hohe Eigenverbrauchsquote ist erstrebenswert, da sie die Abhängigkeit vom öffentlichen Stromnetz reduziert und Kosten spart. Viele Haushalte mit Speicher erreichen Eigenverbrauchsquoten von **50 % bis 80 %**, während ohne Speicher oft

nur **20 % bis 40 %** des Stroms direkt genutzt werden können.

[Quelle: copilot KI]

10.3 Notstrom-/Ersatzstrom-Fähigkeit

Bei Ausfall der Spannungsversorgung durch den Energieversorger möchten Hausbesitzer/-innen ihren Batteriespeicher und die Photovoltaikanlage weiterhin nutzen, um das Haus mit Strom zu versorgen. Dafür gibt es zwei grundlegend verschiedene Betriebsarten, die sich stark in ihrer Auswirkung unterscheiden.

Beide benötigen notstromfähige Wechselrichter und Batterien sowie eine den Sicherheitsvorschriften entsprechende Elektroinstallation.

Im Normalbetrieb lädt der Wechselrichter die Batterie mit Solarstrom, überschüssiger Strom wird ins Netz eingespeist. Gemäß den Normen für PV-Wechselrichter überwachen diese Netzspannung und Netzfrequenz und müssen sich bei Unter- oder Überschreitung von klar definierten Grenzwerten, also auch insbesondere bei einem Netzausfall, vom Netz trennen.

Mit entsprechender Funktionalität kann dann der Notstrom- oder der Ersatzstrombetrieb aktiviert werden:

10.3.1 Der Notstrombetrieb

Beim Notstrombetrieb versorgt der entsprechend ausgestattete Batterie- oder Hybridwechselrichter nur einzelne Steckdosen oder Stromkreise (z. B. Kühlgeräte). Dazu sind üblicherweise manuelle Eingriffe erforderlich. Im einfachsten Fall werden beispielsweise die mit Notstrom zu versorgende Verbraucher mit einem Verlängerungskabel mit der Notstromsteckdose verbunden. Die PV-Anlage liefert i. d. R. keinen Strom während des Notstrombetriebs, die Versorgung erfolgt nur aus der Batterie. Die Versorgung ist dadurch zeitlich begrenzt. Diese Lösung bietet eine kostengünstige Grundversorgung.

Es gibt Hersteller (z. B. Fronius), die eine Versorgung sogar ohne Batterie ermöglichen, wenn die Sonne scheint.

10.3.2 Ersatzstrombetrieb

Bei einer Ersatzstrominstallation wird das komplette Hausnetz vom öffentlichen Netz isoliert (Inselbetrieb). Der Wechselrichter erzeugt häufig kein 50-Hz-Netz, sondern ein stabiles 53-Hz-Netz. Der Hintergrund ist, dass alle Erzeugungseinheiten (z. B. weitere Wechselrichter im System) außer dem Notstromgenerator sich wegen der Überfrequenz ausschalten. Die Versorgung der Hausgeräte wird gespeist aus PV-Anlage und Batterie. Da die maximale Leistung des Wechselrichters in den meisten Fällen kleiner ist als die Summe der Hausverbraucher kann die Aufteilung der Elektroinstallation in einen versorgten und einen unversorgten Bereich sinnvoll sein. Dies geht dann allerdings mit kostenintensiven Umbauarbeiten am Zählerschrank einher.

Die Umschaltung erfolgt entweder bei einfachen Systemen über einen Umschalter in der Installation manuell oder aber über eine Steuerung automatisch. Um eine Einspeisung in ein möglicherweise im Fall von Arbeiten am öffentlichen Stromnetz absichtlich abgeschaltetes Netz zu verhindern, sind dabei Umschaltzeiten zwischen Netztrennung und Notstrombetrieb normativ vorgegeben. Bei der Umschaltung kommt es deshalb zu einer kurzzeitigen, wenige Sekunden dauernden Unterbrechung der Stromversorgung. Ersatzstrombetrieb erfordert eine aufwändige Installation und ein TN-S- oder TN-C-S-System im Haus (französisch terre neutre séparé bzw. terre neutre combiné séparé für separate bzw. kombiniert separate neutrale Erde), also eine Installation mit separatem Neutral- (N, blau) und Schutzleiter (PE, grüngelb). Dies in bei einigermaßen aktuellen Elektroinstallationen gegeben.

10.3.3 Netzdienlichkeit

Private Batteriespeicher können das Stromnetz sinnvoll unterstützen, wenn sie sich nicht nur auf den eigenen Haushalt konzentrieren, sondern auch gezielt zur Netzstabilität beitragen.[1][6][9]

Netzdienlich bedeutet, dass ein Batteriespeicher so betrieben wird, dass er das Stromnetz entlastet und stabilisiert. Dafür sorgen etwa drei technische Eigenschaften:[3][1]

- Der Speicher kann Strom aufnehmen, wenn zu viel davon im Netz ist (zum Beispiel im Sommer bei starker Sonnenenergie).
- Er gibt Strom ab, wenn im Netz besonders viel gebraucht wird (etwa an kalten Winterabenden).
- Dadurch werden extreme Schwankungen in der Stromversorgung – also Lastspitzen und Einbrüche – abgefedert und das Stromnetz läuft ausgeglichener.[6][9][1]

Warum ist das wichtig?

Mit dem Ausbau von Solarzellen und Elektromobilität wird unser Stromnetz stärker beansprucht. Besonders im städtischen und vorstädtischen Netz kann ein netzdienlicher Betrieb von Batteriespeichern dabei helfen, Überlastungen zu verhindern und teure Ausbauten zu vermeiden. So kann das Netz länger stabil bleiben, auch wenn viele Haushalte Strom zeitgleich erzeugen oder nutzen.[1][3]

Damit Batteriespeicher netzdienlich arbeiten, braucht es

- eine intelligente Steuerung, die erkennt, was das Netz gerade braucht,
- die Möglichkeit, dass Netzbetreiber im Bedarfsfall auf die Speicher zugreifen oder sie gezielt steuern dürfen [3][1] und
- Anreize für die Betreiber/-innen, damit sie den eigenen Speicher nicht nur für den eigenen Nutzen einsetzen, sondern auch für die Netzstabilität bereitstellen [3].

Fazit

Private Batteriespeicher haben das Potenzial, unser Stromnetz flexibler und stabiler zu machen. Damit sie diese Aufgabe erfüllen, braucht es die richtige Technik, clevere Steuerung und eine gute Zusammenarbeit zwischen Speicherbesitzern und Netzbetreibern. Die Voraussetzungen sind aktuell leider noch nicht erfüllt.[9][6][1][3]

10.4 Smartmeter

Der Begriff Smartmeter wird umgangssprachlich sowohl für moderne Messeinrichtungen als auch für intelligente Messsysteme benutzt.

10.4.1 Moderne Messeinrichtung (mME)

Eine moderne Messeinrichtung ist ein digitaler Stromzähler, der den elektrischen Bezug oder die Einspeisung geeicht misst und die Messwerte auf einem Display anzeigt. Sie ersetzt nach und nach die Vorgängergeneration, den analogen Ferraris-Zähler. Außerdem kann sie die Messdaten digital an das Smart-Meter-Gateway weitergeben.

10.4.2 Smart-Meter-Gateway (SMGW)

Das Smart-Meter-Gateway (SMGW) ist die Kommunikationseinheit, das die Daten der modernen Messeinrichtung zwischen Verbraucher, Netzbetreiber und Lieferant überträgt. Gesendete Daten sind z. B. die Menge der durchgeleiteten elektrischen Energie, empfangene Daten sind z. B. Steuerbefehle für eine Laststeuerung.

10.4.3 Intelligentes Messsystem

Die Kombination von moderner Messeinrichtung und Smart-Meter-Gateway bezeichnet man als intelligentes Messsystem. Es erfasst den Stromverbrauch alle 15 Minuten und sendet die Daten über eine gesicherte Internetschnittstelle täglich an den/die Betreiber/-innen des Stromnetzes und den Energielieferanten. Die Geräte müssen am Hausanschluss eingebaut werden.

Für die Nutzung dynamischer Stromtarife ist das Vorhandensein eines intelligenten Messsystems Voraussetzung.

10.4.4 FNN Steuerbox

Die FNN (Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE) Steuerbox kommuniziert mit dem Smart-Meter-Gateway und gibt Steuerbefehle des Netzbetreibers über Kontakte oder informationstechnische Schnittstellen (EEBus) direkt oder indirekt über ein Home Energy Management System (HEMS) an steuerbare Verbraucher oder Erzeugungsanlagen weiter. Mit einer breiteren Verfügbarkeit von Steuerboxen ist ab 2026 zu rechnen.

10.5 Zellchemie

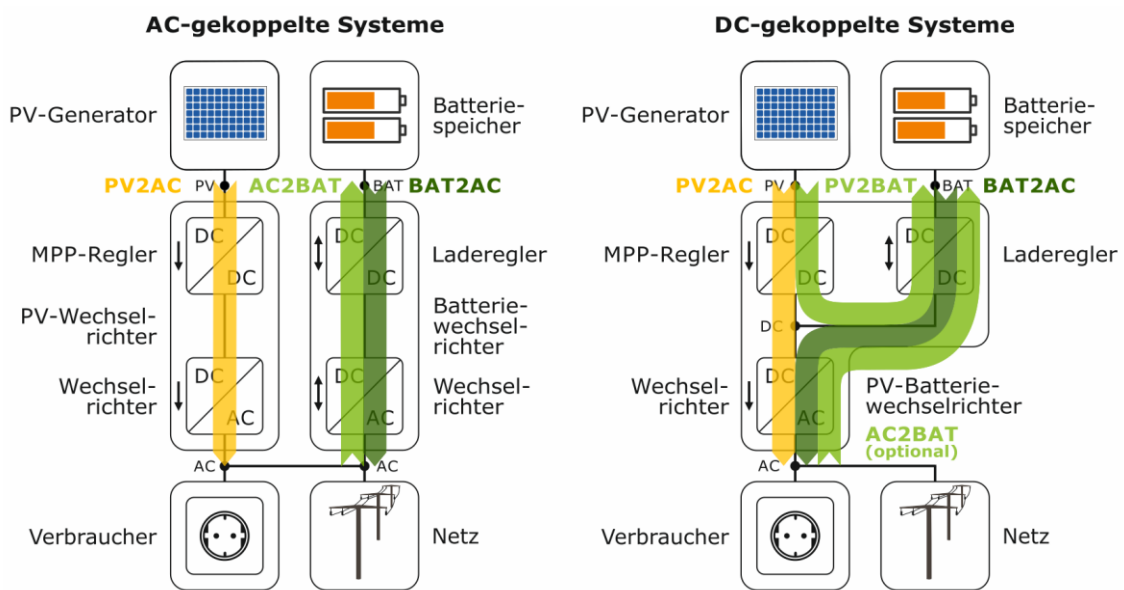
Es gibt unterschiedliche Typen von Lithium-Ionen-Batteriesystemen. Ihre Gemeinsamkeit ist, dass Lithium-Ionen durch einen Elektrolyten zwischen positiver und negativer Elektrode beim Laden hin und beim Entladen wieder zurückwandern. Die negative Elektrode besteht bei fast allen aktuellen Systemen aus Graphitgitter, in denen das Lithium eingelagert wird. Auf der Seite der positiven Elektrode sind dagegen verschiedene aus Übergangsmetallen bestehende Strukturen üblich. Die am Markt wichtigsten Systeme auf der Kathodenseite sind NMC (Nickel, Mangan, Cobalt), FePO_4 (Eisenphosphat) und mit deutlichem Abstand NCA (Nickel, Mangan, Aluminium). Hauptvorteil von NMC ist die hohe Energiedichte, weshalb sie im Bereich Elektromobilität vorherrschend ist. Auch hier kommt allerdings aus Kostengründen im preissensiblen Bereich zunehmend FePO_4 zum Einsatz. Neben dem Kostenvorteil spricht für LiFePO_4 , dass es endotherm reagiert und es somit nicht zu einem Thermal-Runaway wie bei der exothermen Reaktion von NMC kommen kann, der häufig mit Brand oder gar Explosion einhergeht. Zudem ist die mögliche Zyklenzahl bei LiFePO_4 tendenziell höher. Es handelt sich somit um den robusteren Zelltyp. Da im stationären Bereich die Energiedichte eine untergeordnete Rolle spielt, dominieren hier die günstigeren und robusteren LiFePO_4 -Zellen. Das Beispiel des Herstellers Senec zeigt, dass es keine schlechte Idee ist, bei der Wahl eines Batteriespeichers nicht auf NMC-Technik zu setzen. Ursprünglich hatte Senec seine Batterien mit NMC-Zellen ausgestattet. Nach einigen Bränden läuft aktuell die Umrüstung aller Batteriespeicher auf LiFePO_4 -Zellen.

Der nächste Schritt in Richtung Kostensenkung dürfte sich durch Natrium-Ionen-Batterien ergeben. Deren Leistungsdichte ist zwar prinzipbedingt niedriger als die von Lithium-Ionen-Batterien. Im Gegensatz zu Lithium ist Natrium aber fast grenzenlos und somit kostengünstig verfügbar. Erste Low-Cost-Fahrzeuge und Stationärspeicher sind im China bereits im Einsatz. Noch sind Natrium-Ionen-Zellen aber kaum verfügbar und haben entsprechend aktuell, insbesondere in Europa, keine Marktbedeutung.

10.6 AC-/DC-Kopplung

Der Gleichstrom von Batterie und PV-Generator muss für den Anschluss an das öffentliche Stromnetz in Wechselstrom umgewandelt werden.

Leistungselektroniken, die diese Funktion übernehmen, werden Wechselrichter genannt. Um zudem unterschiedliche Gleichspannungen, wie sie zwischen PV-Generator und Batterie, aber auch zwischen unterschiedlichen Strängen im PV-Generator vorkommen, aneinander anzupassen, kommen zudem sogenannte DC/DC-Wandler zum Einsatz. In der folgenden Grafik sind die beiden Kopplungsarten dargestellt.



Quelle: HTW Berlin

Abbildung 7 AC-/DC-Kopplung

Anhand des Diagramms sind Vor- und Nachteile gut zu erkennen. Bei DC-gekoppelten Systemen mit Hybridwechselrichter entfällt ein Wechselrichter-Leistungselektronik und es wird nur ein Gehäuse und eine gemeinsame Steuerung benötigt. Dadurch ergeben sich Vorteile im Preis und im Wirkungsgrad, da der Weg zwischen PV-Generator und Batterie nur über zwei DC/DC-Wandler läuft und die Verluste von zwei Wechselrichtern wegfallen. Zwischen Netz und PV-Generator bzw. Batterie unterscheiden sich die Verluste dagegen nicht.

Durch die recht hohen Wirkungsgrade moderner Leistungselektroniken sind die Auswirkungen am Ende aber eher gering. So beträgt der Unterschied beim SPI (System Performance Index) der Batteriespeicher-Inspektion 2025 der HTW Berlin

zwischen einem AC- und DC-gekoppelten Systems des gleichen Herstellers mit gleicher Leistung und gleichem Batterietyp 0,8 % bei einer Spanne über alle Systeme zwischen 96,4 und 89,3 %.

Der Vorteil der AC-Kopplung ergibt sich ebenfalls aus der obigen Darstellung. Batterie- und PV-Wechselrichter lassen sich unabhängig voneinander dimensionieren und auch die Nachrüstung von Batterien oder PV-Anlagen ist nahezu beliebig möglich.

Abkürzungsverzeichnis

E

EltBauV	Elektroanlagenbauverordnung
EMS	Energiemanagementsystem
EnWG	Energiewirtschafts-Gesetz
evcc	evcc ist eine freie Software, die zu 100 % auf Open Source basiert. Sie soll dazu dienen, das eigene <u>E-Auto</u> mit dem PV-Überschuss zu laden, um so das Maximum an grüner Energie zu verwenden

H

HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin
-----	---

M

MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
------	---------------------------

P

Prosumer	Produzent / Konsument
PV	Photovoltaik

V

V2Grid	Vehicle to Grid (öffentliches Netz)
V2Home	Vehicle to Home (privates Netz)

Quellenverzeichnis

- [1] (<https://www.bulletin.ch/de/news-detail/netzdienlicher-betrieb-von-batteriespeichern.html>)
- [2] (<https://www.sonnen.de/wissen/netzdienstleistungen-mit-batteriespeichern>)
- [3] (<https://www.kommunaldigital.de/news/netzdienliche-batteriespeicher-schluessel-zur-entlastung-unserer-stromnetze>)
- [4] (<https://scm.dke.de/blog/wie-lassen-sich-batteriespeicher-kunftig-netzdienlich-einsetzen/>)
- [5] (https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2021/07/20210428_Was-ist-Netzdienlichkeit_HP.pdf)
- [6] (<https://www.amprion.net/Netzjournal/Beitr%C3%A4ge-2025/Batteriespeicher-Chancen-und-Risiken-f%C3%BCr-das-Stromnetz.html>)
- [7] <https://www.vde.com/resource/blob/2319156/adacf7890ac200902769bf38f742d9fb/vde-studie-batteriespeicher-in-der-nieder-und-mittelspannungsebene-data.pdf>)
- [8] (https://www.energieforschung.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/ewbpublications/dc2aa9a1-5879-11ef-bacd-a0369fe1b6c9/live/document/Netzdienliche_Geb%C3%A4udekonzepte_in_den_Forschungsprojekten_der_F%C3%B6rderinitiative_Energiewendebauen.pdf)
- [9] (<https://de.rs-online.com/web/content/discovery-portal/produktanbieter/batteriespeicher>)