FAKTENCHECK ENERGIE & BAUEN 5

verbraucherzentrale
Energieberatung

htw Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences

verbraucherzentrale
Rheinland-Pfalz

Wie finde ich einen effizienten Speicher für meine PV-Anlage?

Bedeutung verlustarmer Batteriespeichersysteme

Wie finde ich einen effizienten Speicher für meine PV-Anlage?

Rund drei von vier Verbraucher:innen, die sich 2023 für den Bau einer Photovoltaikanlage entschieden haben, haben zeitgleich auch einen Batteriespeicher installiert, um einen möglichst großen Anteil des selbst erzeugten Stroms nutzen zu können. Mittlerweile haben sowohl die Praxis als auch Untersuchungen der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW) gezeigt, dass nicht jedes Speichersystem mit der gleichen Effizienz arbeitet. Verschiedene Mechanismen sind dafür verantwortlich, dass bei der Zwischenspeicherung des Solarstroms unterschiedlich hohe Verluste auftreten.

Aus energetischer, ökonomischer als auch ökologischer Sicht spielt die effiziente Solarstromspeicherung eine wichtige Rolle. Dieser Beitrag erläutert die Ergebnisse der Stromspeicher-Inspektion der HTW Berlin und soll Ihnen bei der Suche nach einem effizienten Heimspeicher helfen. Sie erfahren, welche Systemverluste im Betrieb auftreten, worauf es bei der Interpretation der Datenblätter ankommt und wie sich ein effizienter Stromspeicher identifizieren lässt.

DIE VERLUSTMECHANISMEN DER SOLARSPEICHERSYSTEME

Die Solarmodule auf dem Dach erzeugen Gleichstrom, den der Batteriespeicher wiederum speichern kann. Da der Gleichstrom von unseren Haushaltsgeräten nicht direkt genutzt und so auch nicht ins Stromnetz eingespeist werden kann, muss er in Wechselstrom umgewandelt werden. Die Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom erfordert sogenannte Wechselrichter. Die zentrale Aufgabe des Batteriespeichers ist es, die tagsüber anfallenden Solarstromüberschüsse aufzunehmen, um damit die elektrischen Verbraucher insbesondere in den Abend- und Nachtstunden zu versorgen.

Die Erzeugung, Speicherung und Entladung von Solarstrom sind dabei in der Praxis immer mit Verlusten verbunden. Die Verluste in netzgekoppelten PV-Batteriesystemen lassen sich in 4 Kategorien unterteilen (vgl. Bild 1), die im Folgenden näher erläutert werden.

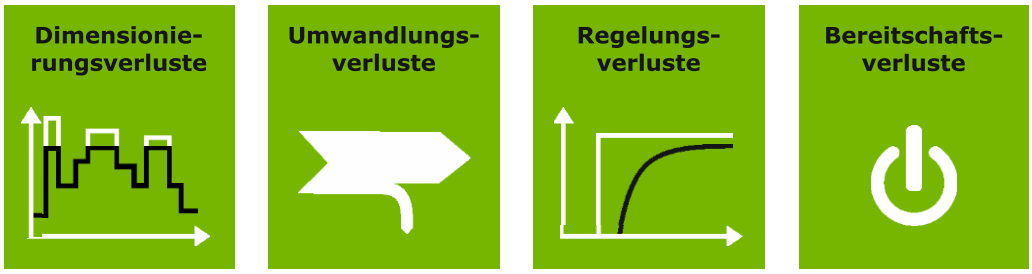

Bild 1 Überblick über die Verluste von PV-Speichersystemen. Grafik: HTW Berlin.

#1: DIMENSIONIERUNGSVERLUSTE: AUF EINE AUSREICHEND HOHE LADE- UND ENTLADELEISTUNG DES BATTERIESYSTEMS ACHTEN.

Die Leistungsfähigkeit eines PV-Speichersystems wird von der Lade- und Entladeleistung des Batteriespeichers beeinflusst. Eine zu starke Begrenzung der Ladeleistung kann unter Umständen dazu führen, dass nicht der gesamte überschüssige PV-Strom gespeichert werden kann. Eine größere Relevanz hat allerdings eine zu starke Begrenzung der Entladeleistung. Sie hat zur Folge, dass Lastspitzen nur anteilig durch den Batteriespeicher gedeckt werden können. Wenn zum Beispiel abends Herd und Backofen gleichzeitig betrieben werden und 4 kW Leistung benötigen, das Speichersystem aber nur eine maximale Entladeleistung von 3 kW hat, können die Verbraucher unabhängig vom Speicherfüllstand nur zu höchstens drei Vierteln aus dem Speicher versorgt werden.

#2: UMWANDLUNGSVERLUSTE: WIRKUNGSGRAD IM GERINGEN LEISTUNGSBEREICH HAT GROßEN EINFLUSS AUF EFFIZIENZ

Hauptverantwortlich für die Systemverluste der Solarspeichersysteme sind die Umwandlungsverluste im Batteriespeicher und im Wechselrichter. Bei der Auswahl eines Speichersystems sollte daher ein besonderer Fokus auf der Umwandlungseffizienz liegen. Die Effizienz lässt sich mit den Wirkungsgraden der Umwandlungsprozesse messen. Ein Wirkungsgrad in Prozent beschreibt, welcher Anteil der zugeführten Energie nach dem Umwandlungsprozess noch nutzbar ist. Die Differenz zu 100 % sind die Verluste.

Der Batteriewirkungsgrad wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Verantwortlich für die Wirkungsgradunterschiede können unter anderem die Qualität der Batteriezellen, die elektrischen Verschaltung oder auch die Leistungsaufnahme des Batteriemanagementsystems (BMS) sein [5]. In der unabhängigen Vergleichsstudie „Stromspeicher-Inspektion 2024“ variiert der Batteriewirkungsgrad der 20 analysierten Batteriespeicher um fast 10 Prozentpunkte zwischen 87,9 % und 97,8 % [1].

Wird im Wechselrichter Gleich- in Wechselstrom oder Wechsel- in Gleichstrom umgewandelt, zum Beispiel im Lade- und Entladebetrieb, fallen weitere Verluste an. Je niedriger die abgerufene Entladeleistung ist, desto höher fallen in der Regel die prozentualen Verluste aus, da der Umwandlungswirkungsgrad bei geringer Leistung niedriger ist. Warum ein guter Wirkungsgrad im geringen Leistungsbereich entscheidend ist, zeigt der folgende Vergleich.

Je nach Verhalten der Nutzer:innen und technischer Ausstattung der Haushalte kann sich der individuelle Verbrauch insbesondere tagsüber deutlich voneinander unterscheiden. In den Nachtstunden fällt hingegen meist nur die sogenannte Grundlast an, die von ständig laufenden Verbrauchern wie z. B. Kühlschrank und Internetrouter verursacht wird. Bild 2 stellt im Hintergrund die mittlere Verteilung der nächtlichen Last dar [1]. Es wird deutlich, dass der Strombedarf in der Nacht, also dann, wenn der Heimspeicher zum größten Teil entladen werden soll, von geringen Leistungsflüssen geprägt ist. Im Durchschnitt liegen 72 % der Leistungsflüsse in der Nacht unter 300 W. Das bedeutet: Der Heimspeicher wird zum größten Teil mit kleinen Leistungen entladen.

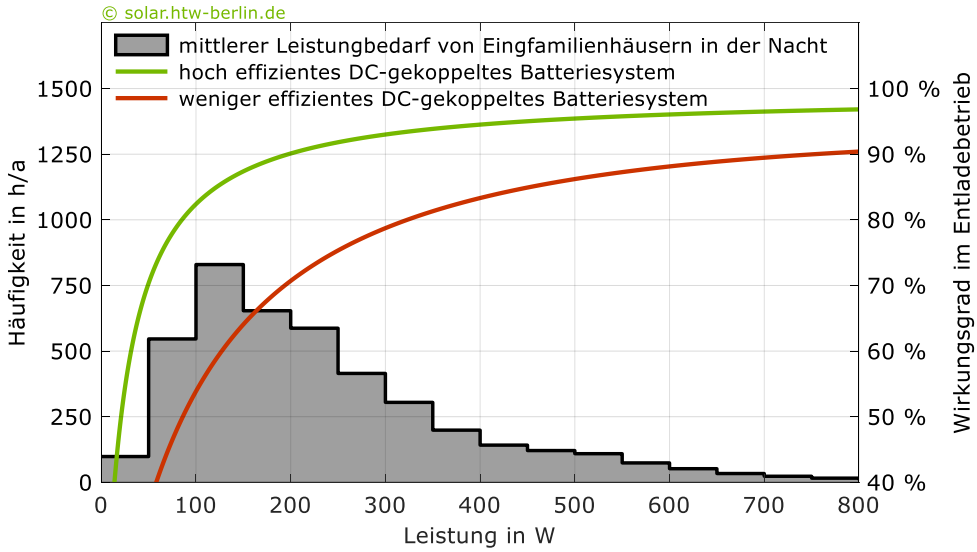

Bild 2 Mittlere Häufigkeitsverteilung des Stromverbrauchs von 28 Einfamilienhäusern während der Nacht und Umwandlungswirkungsgrade eines weniger effizienten Hybridwechselrichters im Leistungsbereich unter 800 W (Daten: ISFH [9], KIT). Grafik: HTW Berlin.

Darüber hinaus zeigt Bild 2 die Umwandlungseffizienz zweier sehr unterschiedlich effizienter Hybridwechselrichter im Entladefall. Der weniger effiziente Hybridwechselrichter (rote Linie) überschreitet erst ab einer Ausgangsleistung von 750 W einen Entladewirkungsgrad von 90 %. Dies ist von Nachteil, da 96 % aller Leistungsflüsse in der Nacht unterhalb dieser Leistung liegen. Im Vergleich dazu: Der Entladewirkungsgrad des hocheffizienten Systems (grüne Linie) liegt bereits ab einer Ausgangsleistung von 150 W bei über 90 %. Je geringer der Entladewirkungsgrad, desto mehr Strom muss dem Speicher entnommen werden, um eine Kilowattstunde Strom bereitzustellen. Bei 60 % sinkt der Speicherfüllstand um 1,7 kWh je kWh benötigtem Strom, bei 90 % Wirkungsgrad sind es nur 1,1 kWh. Bei gleicher nutzbarer Speicherkapazität wäre der ineffizientere Heimspeicher damit früher entladen, sodass mehr Strom aus dem Netz zur Versorgung der elektrischen Verbraucher bezogen werden muss. **Vor allem Haushalte mit einem geringen nächtlichen Stromverbrauch sollten daher bei der Wahl des Wechselrichters auf hohe Teillastwirkungsgrade achten.**

TiPP **Augen auf beim Stromspeicher-Kauf: In folgendem Video erklärt die Forschungsgruppe Solarspeichersysteme der HTW Berlin ausführlich, wieso ein hoher Wirkungsgrad vor allem bei einem Leistungsbezug zwischen 100 Watt und 300 Watt besonders wichtig ist: https://youtu.be/rgmmbM-qmx4**

#3: REGELUNGSVERLUSTE: EINE LANGSAME SPEICHERREGELUNG SCHMÄLERT DIE AUTARKIE

Die Regelungstechnik und eine begrenzte Messgenauigkeit führen in der Praxis zu Abweichungen zwischen der geforderten und der bereitgestellten Leistung eines Batteriesystems [10]. Diese im Folgenden näher beschriebenen Regelungsverluste resultieren in einem unerwünschten Anstieg der Netzeinspeisung und des Netzbezugs, da zeitweise entweder mehr oder weniger Leistung bereitgestellt wird, als der Haushalt benötigt.

Bild 3 stellt beispielhaft das **Reaktionsverhalten der Regelungstechnik** von zwei PV-Speichersystemen im Entladebetrieb bei gleichem Strombedarf gegenüber. Nach einem sprunghaften Anstieg des Bedarfs, zum Beispiel durch das Anschalten des Elektroherds,

benötigen die Batteriesysteme unterschiedlich viel Zeit bis zur Anpassung der Stromabgabe an den Bedarf. Dieser Zeitraum unterteilt sich in die als Totzeit bezeichnete Dauer, die das System zur Erfassung und Verarbeitung der Messwerte benötigt, und die Einschwingzeit, in der die Batterieleistung auf den neuen Sollwert eingeregelt wird. Unter anderem aufgrund einer **unzureichenden Messgenauigkeit** wird zudem der richtige Sollwert nicht immer genau getroffen.

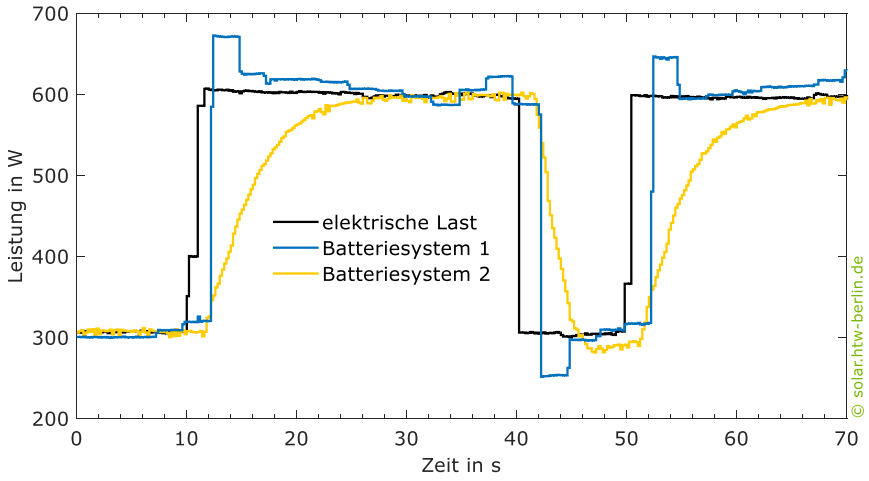

Bild 3 Reaktionsverhalten von zwei in der Stromspeicher-Inspektion 2024 bewerteten PV-Speichersysteme im Entladebetrieb. Daten: KIT, Grafik: HTW Berlin.

Die Totzeit beträgt bei den in Bild 3 dargestellten Systemen im Mittel 1,3 s und 1,4 s. Das Einschwingverhalten unterscheidet sich jedoch deutlich. Beim Batteriesystem 1 steigt die Leistung sprunghaft an und übertrifft anfangs sogar den Bedarf. Beim Batteriesystem 2 wird die Leistung in kleinen Schritten kontinuierlich erhöht, bis der neue Sollwert erreicht ist. Der fehlende Strom wird in dieser Zeit aus dem Netz bezogen. Sinkt der Leistungsbedarf, speisen beide Systeme aufgrund der verzögerten Reaktion zunächst einen Teil ihrer Leistungsabgabe aus der Batterie in das Stromnetz ein.

Das Beispiel macht deutlich, dass es aufgrund der Regelungseigenschaften gehäuft zu einem unerwünschten Energieaustausch mit dem Netz kommt. Da das Verhalten nicht nur einmal, sondern bei jedem Lade- und Entladevorgang auftritt, wird schnell klar, dass eine langsame Regelung unvorteilhaft ist.

#4: BEREITSCHAFTSVERLUSTE: STAND-BY-VERBRAUCH, DER UNTERSCHÄTZTE VERLUSTMECHANISMUS

Da das Batteriesystem permanent die Stromerzeugung und den Stromverbrauch überwacht, um die Lade- bzw. Entladeleistung zu steuern, kommt es durch die Leistungsaufnahme im Stand-by-Modus und den Strombedarf für die Verbrauchsmessung am Netzanschlusspunkt zu weiteren Einbußen. Die PV-Speichersysteme beziehen dabei Leistung, die entweder aus dem Netz oder aus der Batterie bereitgestellt wird. Ausschlaggebend für die Höhe der Bereitschaftsverluste ist neben der Höhe des Stand-by-Verbrauchs auch die Verweildauer der Batterie im vollgeladenen bzw. entladenen Zustand. Je nach Dimensionierung des PV-Speichersystems ist der Batteriespeicher üblicherweise 1250 bis 3500 Stunden im Jahr vollständig entladen [12]. Die Verweilzeit des Batteriespeichers im vollgeladenen Zustand ist hingegen mit rund 1000 bis 2000 Stunden im Jahr geringer [2].

Bild 4 stellt den Zusammenhang zwischen der Stand-by-Leistung und dem jährlichen Stand-by-Verbrauch in Abhängigkeit von der Verweilzeit im relevanteren, entladenen Zustand dar. Beträgt die Stand-by-Leistungsaufnahme aus dem Netz zum Beispiel 40 W und ist der Batteriespeicher 2000 Stunden im Jahr entladen, erhöht sich der jährlichen Strombezug aus dem Netz um 80 kWh/a. Bei einer Stand-By-Leistung von 10 W wären es nur ca. 20 kWh.

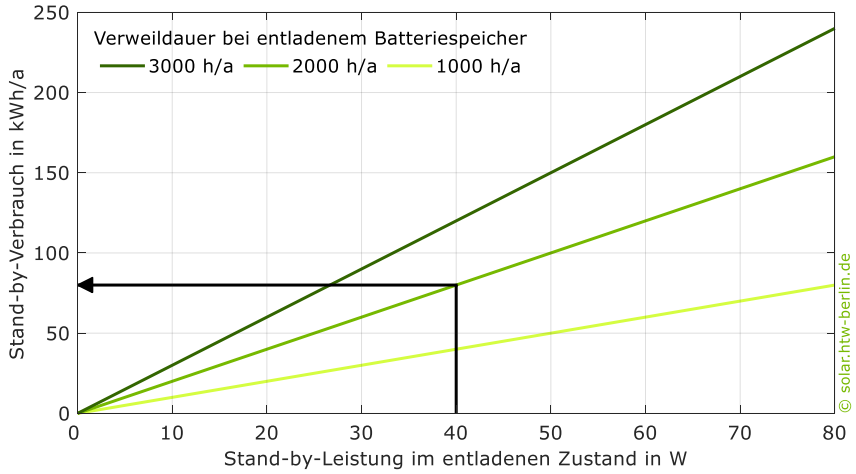

Bild 4 Stand-by-Verbrauch bei entladenem Batteriespeicher in Abhängigkeit von der Stand-by-Leistungsaufnahme eines PV-Speichersystems aus dem Netz. Grafik: HTW Berlin.

TiPP **Insgesamt sollte der Batteriespeicher unbedingt passend zur Höhe des Stromverbrauchs und zur Größe der PV-Anlage dimensioniert werden. Eine Überdimensionierung ist weder ökonomisch vorteilhaft noch ökologisch sinnvoll [3, 4]. Empfehlungen zur richtigen Dimensionierung von Speichern finden Sie im Faktencheck Speichergröße.**

DIE BANDBREITE DER SYSTEMEFFIZIENZ: GRÖßER ALS GEDACHT

Wie groß die Bandbreite der zuvor beschriebenen Verlustmechanismen ist und warum sich ein genauerer Blick auf die Effizienzeigenschaften unterschiedlicher Heimspeicher lohnt, zeigt Bild 5 [1].

Bild 5 Bandbreite der Labortestergebnisse in der Stromspeicher-Inspektion 2024 auf Basis des Vergleichs von 20 Solarstromspeichern. Grafik: HTW Berlin.

Insbesondere bei der Einschwingzeit, also der Zeit bis das Batteriesystem die richtige Leistung bereitstellt, und beim Stand-by-Verbrauch sind hier große Unterschiede zwischen Best- und Tiefstwerten zu verzeichnen. Aus Sicht der Verbraucher:innen besonders ernüchternd: Die technischen Eigenschaften der Wechselrichter und Batteriespeicher sind auf Datenblättern nicht immer vollständig, korrekt und transparent dargestellt. 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. [1].

Fazit: Auswahlkriterien für effiziente Speichersysteme

Die Systemeffizienz der Solarstromspeicher hat einen entscheidenden Einfluss auf den energetischen, ökonomischen und ökologischen Nutzen. Die folgende Liste enthält Kennzahlen, die ein hocheffizientes Solarspeichersystem auszeichnen und kann so bei der Auswahl eines guten Speichersystems helfen. Leider geben bisher nur wenige Hersteller alle relevanten Kennzahlen auf ihren Datenblättern an. Mehr Transparenz wäre wünschenswert. Wie ein Beispieldatenblatt aussehen sollte und wie es zu interpretieren ist, lässt sich dem Anhang der Stromspeicher-Inspektion 2022 entnehmen [8].

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

Vergleichen Sie nicht die maximalen Wirkungsgrade unterschiedlicher Hybridwechselrichter. 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.

Hinterfragen Sie auf dem Datenblatt fehlende Kennzahlen beim Hersteller oder Installateur. 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 10-15 Jahren im Service-Fall weiterhelfen kann.

LINK ZUR STROMSPEICHER-INSPEKTION 2024 UND ZUR FORSCHUNGSGRUPPE SOLARSPEICHERSYSTEME

Detailliertere Einblicke in die Verlustmechanismen sowie die ausführlichen Testergebnisse der 20 Photovoltaik-Heimspeicher, inkl. Ausweisung der Testsieger, stehen kostenfrei unter https://solar.htw-berlin.de/inspektion bereit. Weitere Informationen rund um die solare Gebäudeenergieversorgung und interaktive Online-Apps, die den Nutzen der solarelektrischen Energieversorgung von Gebäuden anschaulich darstellen, finden Sie auf: https://solar.htw-berlin.de

DANKSAGUNG

Die Stromspeicher-Inspektion 2024 wurde im Projekt „Perform“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

AUTOR:INNEN

- Nico Orth ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin und untersucht neben Photovoltaik-Batteriespeichersystemen auch die Effizienz von Wallboxen.
- Johannes Weniger initiierte im Jahr 2018 die Stromspeicher-Inspektion und promovierte zum Thema der Bewertung der Energieeffizienz von netzgekoppelten Photovoltaik-Batteriespeichersystemen.
- Lucas Meissner arbeitet seit 3 Jahren in der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme und forscht insbesondere zu Marktanalysen und Feldmessdaten von Photovoltaik-Anlagen und Batteriespeichern.
- Cheyenne Schlüter arbeitet ebenfalls in der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme und lehrt im Studiengang Regenerative Energien an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.

REDAKTIONELLE BEARBEITUNG

Stefan Hartmann, Verbraucherzentrale RLP e.V.

LINK ZUM BERATUNGSANGEBOT DER VERBRAUCHERZENTRALE RHEINLAND-PFALZ

- Beratungsaktion: Solarstrom selbst erzeugen und nutzen:

  https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/energie/beratungsaktion-solarstrom-selbst-erzeugen-und-nutzen-56789

- FaktenChecks Energie & Bauen:

  https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/energie/faktenchecks-energie-bauen-92406

Quellen

1. Weniger, J., Orth, N., Meissner, L., Schlüter, C., von Rautenkranz, J.: Stromspeicher-Inspektion 2024. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2024)
2. Weniger, J.: Bewertung der Energieeffizienz von netzgekoppelten Photovoltaik-Batteriesystemen in Wohngebäuden, (2019)
3. Weniger, J., Orth, N., Böhme, N., Quaschning, V.: Stromspeicher-Inspektion 2019. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2019)
4. Weniger, J., Orth, N., Lawaczeck, I., Meissner, L., Quaschning, V.: Stromspeicher-Inspektion 2021. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2021)
5. Munzke, N., Mast, M., Schwarz, B., Büchle, F., Beeh, L., Lux, S., Kevlishvili, N., Mademann, B., Klee Barillas, J., Döring, H.: Safety First – Sichere netzdienliche Heimspeicher. (2019)
6. Weniger, J., Maier, S., Orth, N., Quaschning, V.: Stromspeicher-Inspektion 2020. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2020)
7. Kulkarni, S.S., Büchle, F., Munzke, N., Heckmann, W., Giesen, N., Messner, C.: Effizienzleitfaden für PV-Speichersysteme - Wiederholbarkeit und Einfluss von Mess- und Auswerteparametern. (2022).
8. Orth, N., Weniger, J., Meissner, L., Lawaczeck, I., Quaschning, V.: Stromspeicher-Inspektion 2022. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2022)
9. Schlemminger, M., Ohrdes, T., Schneider, E., Knoop, M.: Dataset on electrical single-family house and heat pump load profiles in Germany. Sci Data. 9, 56 (2022).
10. Messner, C., Kathan, J., Mayr, J.: Effizienz und Effektivität von netzgekoppelten PV-Heimspeichersystemen - Erfahrungen und Erkenntnisse aus Labortests kommerzieller Produkte. In: 31. Symposium Photovoltaische Solarenergie. , Bad Staffelstein (2016)
11. Weniger, J., Maier, S., Kranz, L., Orth, N., Böhme, N., Quaschning, V.: Stromspeicher-Inspektion 2018. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2018)
12. Weniger, J., Orth, N., Meissner, L., Schlüter, C., Meyne, J.: Stromspeicher-Inspektion 2023. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2023)

IMPRESSUM

Herausgeber:
Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V.
Seppel-Glückert-Passage 10, 55116 Mainz
Telefon (06131) 28 48 0 | Telefax (06131) 28 48 683
energie@vz-rlp.de | www.verbraucherzentrale-rlp.de

Für den Inhalt verantwortlich: Heike Troue,
Vorständin der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V.

Texte und Redaktion: Forschungsgruppe Solarspeichersysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V.

Stand: 09/2024

Bildnachweis: Titelbild: dragonstock / adobestock.com

© Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V., Mainz

Gefördert durch:

RheinlandPfalz
MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE UND MOBILITÄT

htw Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences

verbraucherzentrale
Rheinland-Pfalz

BEI FRAGEN ZUM ENERGIESPAREN UND REGENERATIVEN ENERGIEN BERATEN WIR SIE GERNE:

Telefonisch kostenfrei unter: 0800 - 60 75 600
Montag 9 - 13 Uhr und 14 - 18 Uhr
Dienstag und Donnerstag 10 - 13 Uhr und 14 - 17 Uhr

Persönlich nach vorheriger Anmeldung an rund 70 Standorten in Rheinland-Pfalz.

Diese und weitere Beratungsangebote finden Sie im Internet unter
www.energieberatung-rlp.de

Wir behalten uns alle Rechte vor, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung. Kein Teil dieser Information darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Publikation darf ohne Genehmigung des Herausgebers auch nicht mit (Werbe-) Aufklebern o. ä. versehen werden. Die Verwendung der Information durch Dritte darf nicht zu absatzfördernden Maßnahmen geschehen oder den Eindruck der Zusammenarbeit mit der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V. erwecken.