

Ein Auswahlkriterium: Speichereffizienz

Systemvergleich: Die Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin hat über die Jahre 71 Photovoltaik-Speichersysteme von 25 Herstellern mit dem System Performance Index (SPI) analysiert, der ihre Energieeffizienz vergleichbar macht. In den diesjährigen Ergebnissen zeigen sich auch die veränderten ökonomischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, schreiben die Wissenschaftler.

In der diesjährigen Stromspeicher-Inspektion 2023 der HTW Berlin fiel der SPI für Batteriespeichersysteme in der Leistungs-kategorie mit zehn Kilowatt im Mittel um 0,9 Prozentpunkte höher aus als im Jahr zuvor. Die Abweichung lässt sich allerdings nicht auf eine Produktoptimierung seitens der Hersteller zurückführen. Tatsächlich wurde der System Performance Index an die regulatorischen und ökonomischen Rahmenbedingungen angepasst. Er ist damit nicht mehr mit den Werten der Vorjahre vergleichbar.

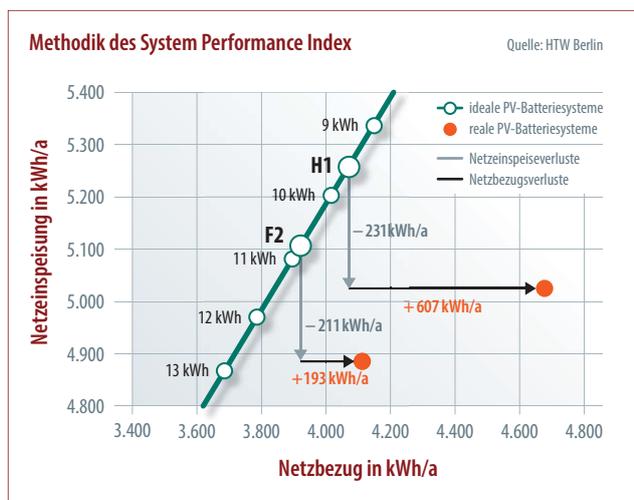
Wie kann Regulatorik die Effizienz eines Speichers verändern? Im Gegensatz zu anderen Bewertungsansätzen verfolgt der SPI das Ziel, die Systemeffizienz anhand der verlustbedingten Änderungen der Netzeinspeisung und des Netzbezugs zu bewerten. Warum das wichtig ist: Nur am Netzanschlusspunkt lassen sich sowohl bei AC- als auch DC-gekoppelten Systemen sämtliche Verlustmechanismen berücksichtigen.

Zusätzlich zu den in der Regel dominierenden Umwandlungs- und Bereitschaftsverlusten kommt es im Betrieb zu sogenannten Regelungsverlusten und Verlusten aufgrund der

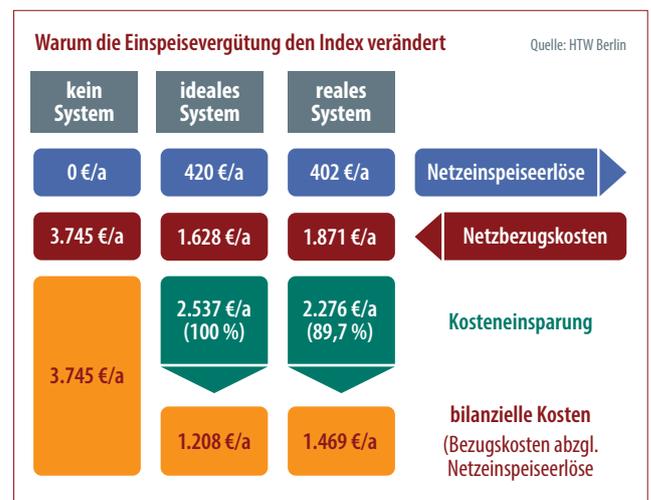
begrenzten Leistungsabgabe der Wechselrichter. In der Vergangenheit wurde die Einspeiseleistung vieler Photovoltaikanlagen aufgrund gesetzlicher Vorschriften auf 70 Prozent ihrer Nennleistung begrenzt. Die damit verbundenen Ertragsverluste reduzierten die Netzeinspeisung. Mit der Novelle des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) 2023 wurde diese technische Restriktion allerdings für neue Photovoltaikanlagen mit einer Leistung bis 25 Kilowatt abgeschafft.

Netzeinspeiseerlöse und Netzbezugskosten

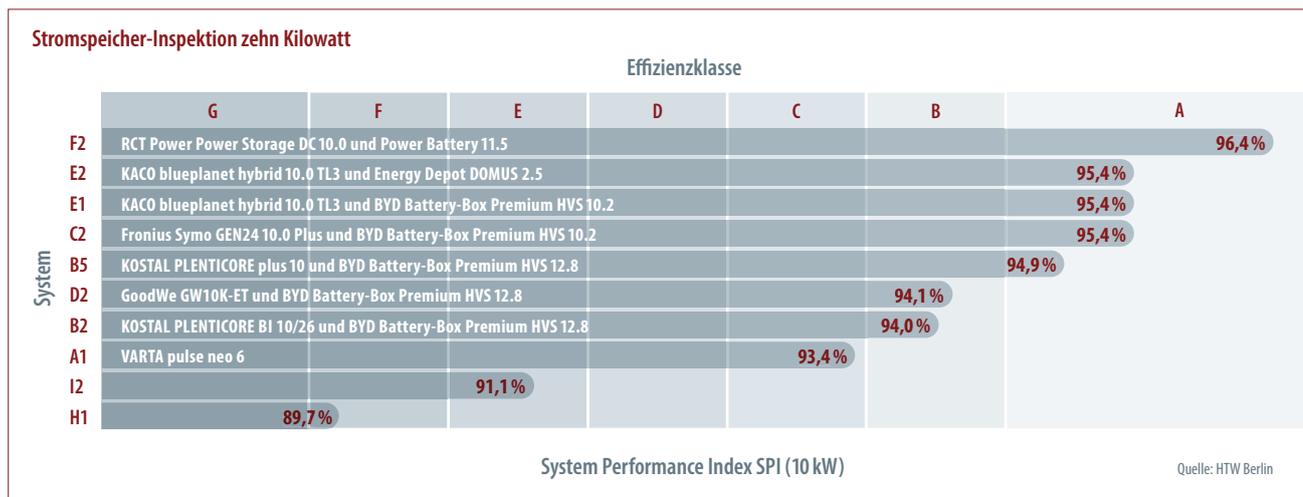
Für die Bestimmung des SPI gilt es, die unterschiedliche ökonomische Wertigkeit der in das Netz eingespeisten Energie und der aus dem Netz bezogenen Energie zu berücksichtigen. Aufgrund von aktuell hohen Netzbezugskosten und neuen Einspeisevergütungssätzen wurden auch die ökonomischen Rahmenbedingungen des SPI im Vergleich zu den Vorjahren angepasst. Mit der EEG-Reform 2023 gelten aktualisierte Vergütungssätze für den in das Netz eingespeisten Solarstrom neu errichteter Photovoltaikanlagen. Die Überschusseinspeisung



Grafik 1: Reduktion der Netzeinspeisung und Anstieg des Netzbezugs aufgrund der Systemverluste zweier Photovoltaik-Batteriesysteme. Die Kürzel F2 und H1 stehen für zwei Systeme, die in der Stromspeicher-Inspektion 2023 der HTW Berlin bewertet wurden. Rahmenbedingungen der Simulationsanalyse: Photovoltaikleistung zehn Kilowatt, Stromverbrauch 9.364 Kilowattstunden pro Jahr.



Grafik 2: Netzeinspeiseerlöse und Netzbezugskosten sowie erzielte Kosteneinsparung beim Einsatz des idealen, verlustfreien und des realen Beispielsystems H1 (Einspeisevergütung acht Cent pro Kilowattstunde, Netzbezugspreis 40 Cent pro Kilowattstunde).



Grafik 3: Rangfolge und Effizienzklassen der mit dem SPI (zehn Kilowatt) bewerteten Systeme unter Berücksichtigung der seit 2023 geltenden Rahmenbedingungen (keine 70-Prozent-Einspeisegrenze, Netzbezugskosten 40 Cent pro Kilowattstunde und Einspeisevergütung acht Cent pro Kilowattstunde).

von Solaranlagen mit einer Leistung bis zehn Kilowatt wird derzeit mit 8,2 Cent pro Kilowattstunde vergütet.

Der Haushaltsstrompreis ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen und lag im zweiten Halbjahr 2022 nach Angaben des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) im Mittel bei 40 Cent pro Kilowattstunde [2]. Unter Berücksichtigung dieser Vergütungs- und Kostenstruktur wurden für alle in der Stromspeicher-Inspektion 2023 analysierten Systeme die Netzeinspeiserlöse und Netzbezugskosten sowie die erzielte Kosteneinsparung beim Einsatz des idealen und realen Systems ermittelt. Grafik 2 stellt dies beispielhaft für den Heimspeicher H1 dar.

Netzeinspeiserluste und Netzbezugsverluste

Als Vergleichsgröße dient für jeden analysierten Heimspeicher dessen baugleiches, aber verlustfreies System. Das ideale und reale Betriebsverhalten wird mit einer Auflösung von einer Sekunde über einen Zeitraum von einem Jahr simuliert. Zur detaillierten Abbildung des realen Betriebsverhaltens werden Messwerte von unabhängigen Prüfinstituten verwendet, die nach dem Effizienzleitfaden für Photovoltaik-Batteriesysteme erfasst wurden [1].

Grafik 1 vergleicht die Auswirkungen der Effizienzverluste auf die jährlich in das Netz eingespeiste sowie aus dem Netz bezogene Energie zweier unterschiedlich effizienter Heimspeicher. Unter idealen Bedingungen, bei gleicher Photovoltaikleistung und identischem Stromverbrauch gilt: Je größer der Batteriespeicher ist, desto mehr Solarenergie wird gespeichert. Folglich wird mit steigender Speicherkapazität weniger Energie in das Netz eingespeist und weniger Energie aus dem Netz bezogen.

In der Bilanz verringern die Verluste im Beispielsystem mit dem Kürzel H1 die Netzeinspeisung um 231 Kilowattstunden pro Jahr. Gleichzeitig erhöhen sie den Netzbezug jährlich um mehr als 600 Kilowattstunden. Hauptverantwortlich sind hier die Umwandlungs- und Regelungsverluste. Die Netzeinspeiserluste des effizienteren Systems F2 liegen mit 211 Kilowattstunden pro Jahr zwar in einer ähnlichen Größenordnung, allerdings sind die Netzbezugsverluste um den Faktor drei geringer.

Ohne ein Solarspeichersystem ergeben sich für das Referenzgebäude mit Wärmepumpe, Elektroauto und einem elek-

trischen Energieverbrauch von jährlich 9.363 Kilowattstunden Netzbezugskosten in Höhe von 3.745 Euro pro Jahr (siehe Grafik 2). Wäre der Heimspeicher H1 verlustfrei, könnte der Netzbezug mit Hilfe der Zehn-Kilowatt-Photovoltaikanlage und einer Speicherkapazität von 9,2 Kilowattstunden auf 4.070 Kilowattstunden pro Jahr gesenkt und somit mehr als halbiert werden. Gleichzeitig werden 5.260 Kilowattstunden pro Jahr in das Netz gespeist (siehe Grafik 1). Für das idealisierte System ergeben sich so jährliche Ausgaben für den Netzbezug in Höhe von 1.628 Euro und Einnahmen aus der Netzeinspeisung von 420 Euro pro Jahr. Die bilanziellen Stromkosten des Haushalts bestimmen sich aus der Differenz der resultierenden Ausgaben und Einnahmen und belaufen sich für das verlustfreie System H1 auf 1.208 Euro pro Jahr. Sie betragen somit nur ein Drittel der bilanziellen Kosten des Haushalts ohne Solarspeichersystem, die hier aus den reinen Netzbezugskosten bestehen.

Aufgrund der Systemverluste des realen Heimspeichers ändern sich die ökonomischen Kennwerte. Da durch die Effizienzverluste weniger Energie in das Netz eingespeist wird, sinken die damit verbundenen Erlöse um 18 Euro pro Jahr. Die verlustbedingte Erhöhung des Netzbezugs steigert hingegen die Netzbezugskosten um 243 Euro pro Jahr. Die Folge: Die bilanziellen Kosten des realen Solarspeichersystems fallen um 261 Euro pro Jahr höher aus als beim idealen System. Über den Vergleich der bilanziellen Kosten des realen und des idealen Heimspeichers zum Referenzfall ohne Photovoltaikanlage und Speicher kann die jeweilige Kosteneinsparung bestimmt werden. Während das ideale System im Vergleich zum Referenzfall ohne Speichersystem die bilanziellen Kosten um 2.537 Euro pro Jahr reduziert, sind es beim realen System aufgrund der Verluste nur 2.276 Euro.

Link zur Stromspeicher-Inspektion 2023

Die ausführlichen Testergebnisse stehen kostenfrei unter <https://solar.htw-berlin.de/inspektion> bereit. Zudem ermöglicht die neue Web-Anwendung Stromspeicher-Inspektor <https://solar.htw-berlin.de/inspektor/> einen individuellen Vergleich der wichtigsten Effizienzeigenschaften von Heimspeichern unterschiedlicher Hersteller.

Bleibt noch die Division. Der SPI setzt die ermittelten Kosteneinsparungen, die mit Hilfe der beiden Heimspeicher erzielt werden, ins Verhältnis zueinander. Für das System H1 ergibt sich ein SPI (zehn Kilowatt) von 89,7 Prozent. Anders ausgedrückt: Ein SPI-Verlust von einem Prozentpunkt entspricht unter den genannten Rahmenbedingungen einem ökonomischen Nachteil von etwa 26 Euro pro Jahr.

Die Effizienztestesieger: Alte Bekannte

An der Stromspeicher-Inspektion 2023 haben sich insgesamt elf Unternehmen mit 18 Systemen beteiligt. Zehn Heimspeicher sind in der großen Leistungsklasse gegeneinander angetreten und wurden mit dem SPI (10 kW) bewertet. Wie Grafik drei zeigt, gibt es große Unterschiede in der resultierenden Effizienzkennzahl. Mit 96,4 Prozent erreicht ein DC-gekoppeltes System von RCT Power den höchsten SPI und einen um ein Prozentpunkt höheren SPI (10 kW) als die Geräte von KACO und Fronius. Während fünf der hier analysierten Geräte in die Effizienzklasse A fallen, erreichen zwei weitere Systeme die ebenfalls sehr gute Effizienzklasse B. Die Systeme I2 und H1, die anonym an der Studie teilnahmen, fallen hingegen mit einem SPI (10 kW) von 91,1 % und 89,7 % lediglich in die Effizienzklassen E und F. Auffällig: Wie bereits in den vergangenen Jahren stehen erneut nur Hybridwechselrichter in Kombination mit Hochvoltbatterien auf dem Siegertreppchen.

Die SPI-Verluste des Systems F2 von RCT Power sind im Vergleich zu System H1 um den Faktor drei geringer. Dies wirkt sich direkt auf die durch die beiden Heimspeicher erzielten jährlichen Kosteneinsparungen aus. Aufgrund der vergleichsweise hohen Effizienzverluste fallen diese bei System H1 um 261 Euro pro Jahr geringer aus als beim baugleichen, aber verlustfreien System. Beim hocheffizienten Gerät F2 betragen die Abweichungen hingegen nur 94 Euro pro Jahr. Hochgerechnet auf die ersten zehn Betriebsjahre summiert sich der durch die geringeren Effizienzverluste im Betrieb erzielte Kostenvorteil des effizienteren Heimspeichers somit auf fast 1.700 Euro. Bei der Systemauswahl sollte die Systemeffizienz also ein Auswahlkriterium sein.

Nico Orth, Johannes Weniger & Lucas Meissner

Die Autoren



Nico Orth ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.



Johannes Weniger initiierte die Stromspeicher-Inspektion im Jahr 2018 und hat zum Thema der Bewertung der Energieeffizienz von netzgekoppelten Photovoltaik-Batteriespeichersystemen promoviert.



Lucas Meissner ist Masterand an der HTW Berlin und arbeitet parallel in der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme.

Danksagung

Die Stromspeicher-Inspektion 2023 wurde im Projekt „Perform“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.