

Mercedes-Benz Energy stellt sich dem Vergleich



**Wählen Sie die nächsten Kandidaten
im Speicher-Effizienztest**

Marktübersicht und Trends Heimspeicher | Autarkie in Stadt und Haus
Mieterstrom | Wert von Solarmodulgarantien | Flachdachmontage
Energiewende weltweit | pv magazine award

Der System-Performance-Index

Speichernutzen: Die HTW Berlin hat den Index so entwickelt, dass er möglichst unabhängig von der Auslegung des Solar-Heimspeichers ist und sich auf die Wirtschaftlichkeit der Systeme bezieht.

Johannes Weniger und Tjarko Tjaden stecken auch angesichts der Komplexität eines Solar-Heimspeichersystems den Kopf erwießenmaßen nicht in den Sand. Auf den ersten Blick sieht es nämlich so aus, als ob ein vernünftiger Effizienzvergleich zwischen verschiedenen Systemen kaum möglich ist. Statt aufzugeben, zerlegen die Wissenschaftler der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme an der HTW Berlin das Speichersystem in seine Einzelteile und simulieren es. „Der Vorteil davon ist“, sagt Johannes Weniger, „dass man die Effizienz von unterschiedlichen Photovoltaikspeichern unter identischen Bedingungen in relativ kurzer Zeit vergleichen kann.“ Oder man dreht die Fragestellung um und simuliert, wie sich ein bestimmter Speicher in verschiedenen Haushalten mit unterschiedlichen Lastprofilen verhält. Mit Messungen ist das kaum möglich, denn sie sind aufwendig, kosten viel Geld und dauern je nach Ansatz zwischen einer Woche und einem Jahr (siehe auch Artikel Seite 46).

Speichersysteme sind, was die Bestimmung der Performance angeht, aus mehreren Gründen deutlich komplexer als Photovoltaikanlagen. Die Gesamtperformance setzt sich aus den Wirkungsgraden verschiedener Energiewandlungen zusammen. Man kann alle diese einzelnen Wirkungsgrade für die einzelnen Energiewandlungen messen, die die Elektrizität von

der Stromerzeugung bis zum Verbraucher durchläuft: die Wirkungsgrade der Wandlung vom Solargenerator in die Batterie, vom Solargenerator in das Netz, von der Batterie in das Netz, vom Netz in die Batterie (vor allem bei AC-gekoppelten Systemen), die Verluste in der Batterie bei Lade- und Entladevorgängen und die Selbstentladung der Batterie im Lauf der Zeit. Diese Werte sind nicht alle unabhängig voneinander. In AC-gekoppelten Systemen errechnet sich der Wert Solargenerator zur Batterie zum Beispiel aus dem Produkt Solargenerator in das Netz und Netz in die Batterie, der erste Wert ist dabei keine Eigenschaft des Batteriespeichers, den man kauft, sondern des unabhängig davon angeschafften Solarwechselrichters.

Als wäre das nicht kompliziert genug, sind diese Wirkungsgrade auch noch abhängig von der Leistung, mit der die jeweilige Wandlungsstufe betrieben wird. Man muss also nicht

„Die Gesamtperformance setzt sich aus den Wirkungsgraden verschiedener Energiewandlungen zusammen.“

Das Wichtigste in Kürze

Die HTW Berlin hat den System-Performance-Index entwickelt, nach dem der **pv magazine** Speicher-Effizienzvergleich funktioniert.

Der Index ist eine Größe, die die Effizienz weitgehend unabhängig vom Jahresstromverbrauch und von der Größe des Batteriespeichers beschreibt und so verschiedene Systeme vergleichbar macht.

Als Referenzsystem für die Solaranlagengröße werden fünf Kilowattpeak festgelegt.

Für die Berechnung des Index wird ein Speichersystem für den Referenzhaushalt zweimal simuliert. Einmal ohne Berücksichtigung der real auftretenden Verluste, einmal mit Berücksichtigung der Verluste.

Der Index beschreibt den Prozentsatz des ökonomischen Vorteils, den der reale Speicher im Vergleich zu einem idealen Speicher realisieren kann.

einzelne Zahlenwerte vergleichen, sondern Wirkungsgrad-Leistungs-Kennlinien. Betreibt der Batteriespeicher nur den Fernseher mit einigen Hundert Watt, fällt der Eigenverbrauch des Speichers auch stärker ins Gewicht, als wenn er die Wärmepumpe mit einigen Kilowatt speist. Dadurch ist dann der Wirkungsgrad bei der für den Fernseher gewandelten geringeren Leistung kleiner.

Es gibt noch weitere Effekte. Etwa wie schnell das Gerät die Versorgung hoch- oder runterfährt, wenn ein Verbraucher ein- oder ausgeschaltet wird. Oder wie genau die Regelung überhaupt funktioniert. Vermisst sich der Sensor am Hausanschlusspunkt und gibt einen Netzbezug an, wenn keiner besteht, entlädt sich eine Batterie unter Umständen kontinuierlich mit einigen zehn Watt ins Netz. Der Energiemanager versucht so, den ominösen Verbraucher mit Eigenstrom zu versorgen. Statt dass die Eigenversorgung steigt, steigt aber nur die

Netzeinspeisung und die Energie steht für die spätere Versorgung der Verbraucher nicht mehr zur Verfügung.

Nach den Vorgaben des Effizienzleitfadens werden für alle diese Effekte die relevanten Messwerte bestimmt. Nur der Stand-by-Verbrauch des Batteriemanagementsystems kann nicht ohne größeren Aufwand nachgemessen werden, da man dazu die Batterie auseinanderbauen müsste. Diesen muss der Hersteller angeben. Aus den Messungen im Prüflabor geht dann jedoch hervor, ob diese Angabe plausibel ist.

Der Index

Um den System-Performance-Index zu berechnen, nutzen die HTWler diese technischen Daten. Sie simulieren dazu die Energieflüsse eines Jahres mit einer realen Erzeugungskurve und realen Verbrauchslastgängen in Sekundenschritten. Wie das geht, haben sie in mehreren Publikation vorgestellt (zum Beispiel in „Vergleich verschiedener Kennzahlen zur Bewertung der energetischen Performance von PV-Batteriesystemen“, Johannes Weniger, Tjarko Tjaden, Volker Quaschnig, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Kloster Banz, Bad Staffelstein, 2017).

In einem ersten Schritt simulieren die Experten ein ideales System mit gleicher Auslegung bei einem Einfamilienhaus-Lastprofil mit 5.000 Kilowattstunden Jahresstromverbrauch. In einem zweiten Schritt berücksichtigen sie die realen Verluste anhand der technischen Daten aus den Messungen. Im Ergebnis sehen sie, welchen Einfluss die Verluste auf die Stromeinspeisung und den Strombezug haben. Daraus können sie die ökonomischen Auswirkungen bestimmen (Grafik 2). Erhöhter Strombezug schlägt mit einem Strompreis von 28 Cent pro Kilowattstunde zu Buche, verringerte Netzeinspeisung mit 12 Cent pro Kilowattstunde Einspeisevergütung. Das sind die aktuellen Werte.

Manchen ist die Ökonomie weniger wichtig als die Unabhängigkeit. Es ist auch möglich, aus den Simulationen Autarkiegrade und den Einfluss der Verluste darauf zu bestimmen. Bei einem idealen System der zugrunde gelegten Referenzauslegung ergibt sich mit dem Lastprofil eine Autarkie von 53 Prozent. Bei dem getesteten Batteriespeicher von Mercedes-Benz Energy, der einen SPI von 88,9 Prozent hat (Seite 34), sinkt diese Autarkie durch die Verluste auf 48,1 Prozent.

Der Einfluss der Auslegung und des Referenzhaushalts

Ein Vorteil der Simulationsmethode ist, dass schnell Ergebnisse für verschiedene Auslegungen und Referenzhaushalte gewonnen werden können. Einen fixen Wert anzugeben ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn er wenig von diesen Grundannahmen beeinflusst wird. Der Autarkiegrad hängt natürlicherweise stark von der Solaranlagengröße und der Batteriespeicherkapazität ab. „Daher lässt er sich schlecht für den Effizienzvergleich zwischen unterschiedlich dimensionierten Systemen verwenden“, sagt Weniger. Er hat dagegen gezeigt, dass sich der SPI auch bei anderen Grundannahmen nur wenig ändert.

In einer anderen Simulation haben die HTW-Wissenschaftler die Batteriespeicherkapazität von den fünf Kilowattstunden des Referenzhaushalts auf zehn Kilowattstunden erhöht. Der SPI sinkt dabei nur um 0,6 Prozentpunkte. „Im Vergleich zu anderen Kennzahlen wie dem Autarkiegrad oder AC-System-



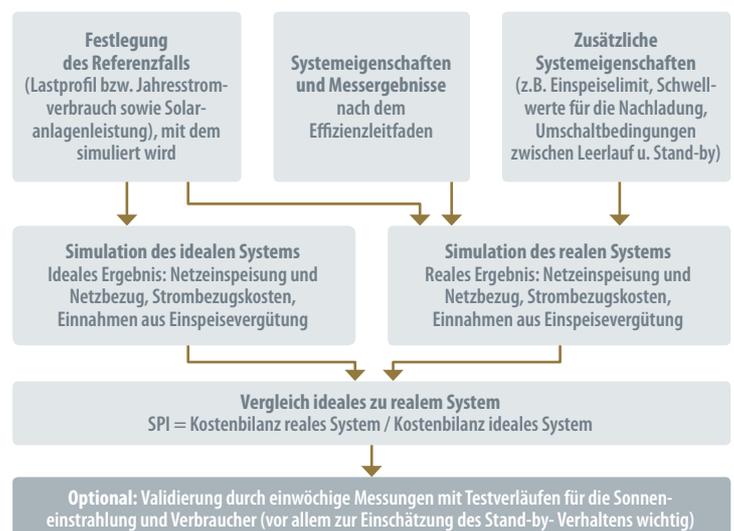
Grafiken: pv magazine/Harald Schütt; Quelle: HTW Berlin

Grafik 1: Logik des Speichervergleichs. Der Effizienzleitfaden erlaubt es, die Geräte im Labor einheitlich zu vermessen und daraus Datenblattangaben abzuleiten. Darauf aufbauend können die Experten das Speicherverhalten simulieren und Kennzahlen wie den System-Performance-Index errechnen. Im Prinzip könnte am Ende ein Effizienzlabel stehen.

temnutzungsgrad verändert sich der SPI bei Variation der Speicherkapazität nur wenig“, sagt Weniger. Er mache damit den Vergleich von Systemen unterschiedlicher Batteriegröße möglich. Die Größe der Solaranlage des Referenzhaushalts beeinflusst auch den SPI. Da muss man sich für einen Wert entscheiden. Für den Referenzhaushalt wird daher festgelegt, dass er eine Solaranlage mit fünf Kilowattpeak Leistung hat. Das ist ungefähr der Durchschnitt im Einfamilienhaussegment. Viele Anlagen werden in dieser Größenordnung gebaut und die meisten Solar-Heimspeichersysteme kommen damit gut zurecht.

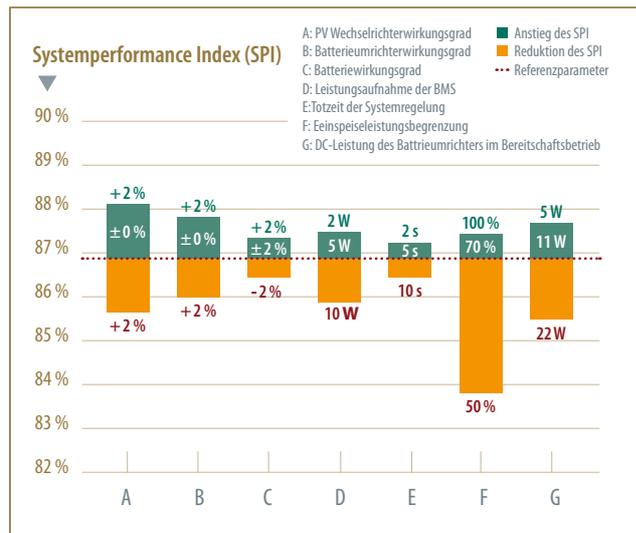
Warum nicht wie beim Auto-Sprittest?

Es gibt mehrere Einwände gegen das Verfahren. Ein Einwand bezieht sich darauf, dass der Nutzen nicht nur von der Effizienz der Komponenten, sondern von der Auslegung abhängt. Wenn



Grafik 2: Das Flussdiagramm zeigt, wie der SPI berechnet wird.

Speichereffizienz



Grafik 3: Die Grafik zeigt für ein Beispiel mit einem SPI von 86,9 Prozent, wie sich einzelne Verbesserungen oder Verschlechterungen an dem Wert bemerkbar machen. Verbessert sich der Batteriewirkungsgrad um zwei Prozentpunkte, verbessert sich der SPI nur um einen halben Prozentpunkt. Die Wechselrichter-Wirkungsgrade haben einen größeren Einfluss.

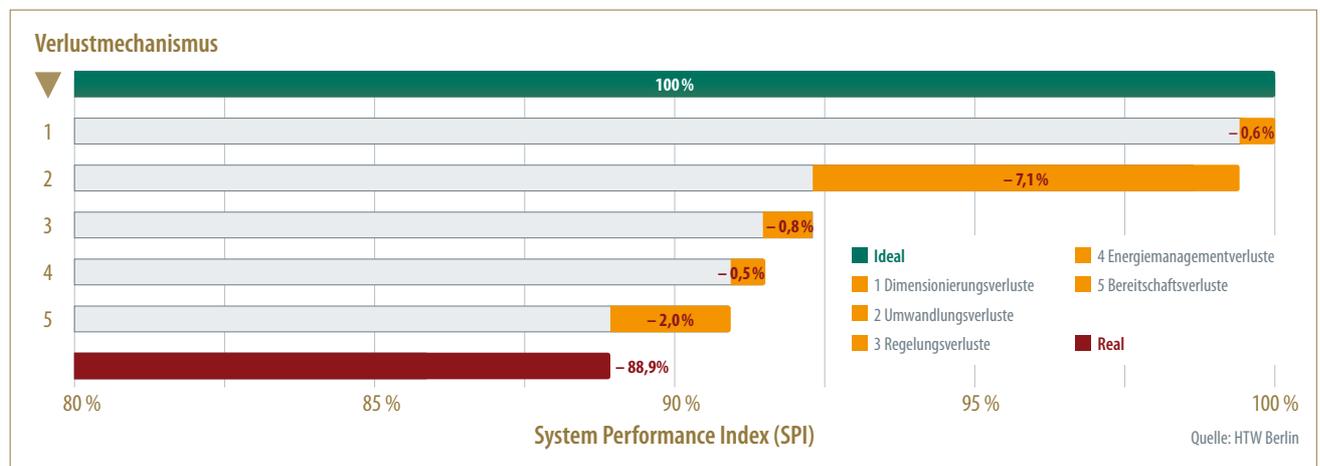
ein Zwei-Kilowattstunden-System dem Index nach effizienter ist als ein Zehn-Kilowattstunden-System, kann man den Nutzen des Zehn-Kilowattstunden-Systems trotzdem als höher einschätzen. Es führt zu höherer Autarkie und trägt unter Umständen mehr zur Energiewende bei. Es ist daher sinnvoll, sich unabhängig vom Index für eine Größe zu entscheiden.

Der andere Kritikpunkt bezieht sich darauf, dass es unmöglich ist, wirklich alle Effekte zu simulieren. Es stellt sich die Frage, wie genau die Berechnung ist. Ein Effekt ist zum Beispiel, dass der Wirkungsgrad der Batterieladung aus der Photovoltaikanlage von dem Ladezustand der Batterie abhängt. Dieser Effekt ist jedoch klein. Messungen zeigen, dass er maximal einen halben Prozentpunkt beträgt. Ein anderer Effekt ist, dass es in DC-gekoppelten Systemen sehr schwierig ist, jeden der drei Wirkungsgradpfade erst einzeln zu betrachten und dann Wechselwirkungen zwischen ihnen zu berücksichtigen. Das Ergebnis in einem Pfad hängt nämlich davon ab, mit welcher Leistung die anderen beiden Pfade gerade arbeiten. Daher gibt es den Index bisher nur für AC-gekoppelte Systeme. Johannes Weniger ist jedoch zuversichtlich, noch dieses Jahr eine validierte Lösung für DC-gekoppelte Systeme gefunden zu haben.

Der Index soll es ja gerade möglich machen, alle Systemarten miteinander zu vergleichen.

„Die SPI-Methode erlaubt noch viel mehr, als den Index festzustellen.“

Andreas Piepenbrink, Geschäftsführer von E3/DC, meint allerdings, dass es wegen dieser kleinen Effekte sinnvoller wäre, ein Speichersystem wie ein Auto auf einen Prüfstand zu stellen und mit vorgegebenen Erzeugungs- und Lastkurven zu testen. „Sie können es gar nicht simulieren, weil Sie gar nicht wissen, wie sich das Fahrzeug wirklich verhält, was es für Wank- und Nickverluste hat, was die Reifen für einen Rollwiderstand haben“, sagt er. „Die Verbrauchstests beim Auto zeigen gerade die Anfälligkeit solcher Tests“, sagt Weniger. Am Ende wür-



Grafik 4: Diese Verlustmechanismen führen beim getesteten Speichersystem (Mercedes-Benz Energy/SMA Sunny Island) zu einem SPI von 88,9 Prozent.

den Hersteller die Systeme auf die vereinfachten Testsequenzen am Teststand optimieren. Er stellt auch die Frage, was gegen die simulationsbasierten Effizienztests spricht, wenn die Modellvalidierung zeige, dass alle wesentlichen Effekte in der Simulation abgebildet sind.

Johannes Weniger und Tjarko Tjaden haben, um die kleinen, nicht simulierbaren Effekte zu untersuchen, an einigen Speichersystemen ihre Simulationen mit gemessenen Betriebsdaten kontrolliert. „Validierung“ nennen sie das. Die Abweichungen waren gering. Wenn es welche gab, dann lag es daran, dass in einem Fall die Batterie gealtert war und sich in anderen Fällen die Stand-by-

Automatik anders verhielt als erwartet. Trotzdem: Um den SPI wasserdicht zu machen, empfehlen sie eine Woche Teststand zur Validierung.

Die SPI-Methode erlaubt noch viel mehr, als den Index festzustellen. Das Simulationstool zeigt auch, welche Verlustmechanismen wie viel zur Reduktion des SPI beitragen (Grafik 3) und wie sich Veränderungen an dem System auf den SPI auswirken. Daran sieht man, dass die Effizienz der Batterie eine kleinere Rolle spielt, als man vielleicht annimmt. Die größte Rolle spielen bei den technischen Parametern der Stand-by- und Leerlaufverbrauch und der Solarwechselrichter-Wirkungsgrad.

Michael Fuhs

Für die Energiewende und den Kundennutzen

Gordon Gaßmann, Chief Technology Officer bei Mercedes-Benz Energy, erläutert, warum das Unternehmen den pv magazine Effizienzvergleich unterstützt.

Warum ist Ihnen Effizienz bei Batteriespeichersystemen wichtig?

Gaßmann: Erstens sind Batteriespeicher eine Technologie, die die Energiewende unterstützen soll. Da ist das Vermeiden von Ineffizienzen einfach aus sich heraus geboten. Zweitens bedeutet schlechte Effizienz, dass sich eine Wärmequelle im System befindet. Eine Wärmequelle führt immer zu einer schnelleren Alterung des Systems, wenn man nicht in eine zusätzliche Kühlung investiert. Das wollen wir auch nicht. Der dritte Punkt ist für uns vielleicht am charakteristischsten. Wir kommen aus der Automobilindustrie, und da ist Effizienz keine abstrakte Größe. Sie ist für den Kunden in Form der Reichweite eines Elektroautos direkt erlebbar. Somit ergibt sich aus hoher Effizienz ein großer Kundennutzen. Das ist für uns ein großer Antrieb.

Vermuten Sie deutliche Unterschiede bei den erhältlichen Systemen bezüglich der Effizienz?

Es gibt deutliche Unterschiede zum Beispiel durch die Systemtopologie. Wie die Zellen aufgebaut sind oder wie verschiedene Komponenten wie Schütze und Sicherungen benutzt werden, hat einen großen Einfluss.

Was waren die entscheidenden Stellen in der Entwicklung, wo Sie etwas für eine hohe Effizienz getan haben?

In Batterie gibt es drei Stellhebel. Einmal ist es der Eigenverbrauch der aktiven Komponenten des Batteriemangementesystems. Über eine gute Auswahl der Komponenten und eine gute Auslegung lässt sich der Eigen- oder Stand-by-Verbrauch weit nach unten bringen. Das Zweite ist die Auswahl von Zellen mit einem geringen Innenwiderstand. Der dritte Punkt ist, wie man die Zellen verschaltet. Wir setzen auf Schweißverbindungen zwischen den Zellen. Das hat nicht nur in der Anfangsphase einen geringen Übergangswiderstand zur Folge, sondern auch nach zehn Jahren. Diese Eigenschaft bleibt dauerhaft erhalten. Auch in dieser Hinsicht gibt es Unterschiede zu anderen Systemen.

Warum lassen Sie sich auf den Vergleich des Mercedes-Speichers mit anderen Systemen ein und beauftragen sogar die Messungen an zwei Wettbewerbsgeräten?

Ich freue mich auf den Vergleich. Das ist eine gute Sache. Der Verbraucher braucht Orientierung. Von daher stellen wir uns gerne dem Wettbewerb. Damit bringen wir schließlich auch die Branche nach vorne.

Das Gespräch führte Michael Fuhs.

WIR BIETEN LÖSUNGEN

ADLERSOLAR²

Besuchen Sie uns vom 31.05.–02.06.
auf der Intersolar. Stand A4.190.

ADLER Solar ist führender Full-Service-Dienstleister für die Solarbranche.

Als unabhängiger PV-Experte bieten wir ein umfangreiches Spektrum an technischen Lösungen und Dienstleistungen aus einer Hand an, die ein hohes Performance-Niveau Ihrer Photovoltaik-Anlage während des gesamten Lebenszyklus gewährleisten.

Unsere Kernkompetenzen „Made in Germany“ umfassen:

- 🔧 After-Sales Services
- 🔧 Repowering
- 🔧 Wechselrichter Services
- 🔧 Schadenmanagement
- 🔧 Logistik
- 🔧 Engineering
- 🔧 Fehleranalyse

ADLER Solar Services GmbH
www.adlersolar.de
vertrieb@adlersolar.de

Ingolstädter Str. 1-3
D 28219 Bremen
+49 421 835 701 00