

Auf dem Weg zur Klimarettung

Das Post-EEG-Zeitalter und seine Techniktrends

CO₂-Einsparung durch Batteriespeicher | Solare Stromversorgung in der Industrie
Finanzierung förderfreier Anlagen | Mehr Ertrag mit bifazialen Modulen
Smart Home und Energiemanagement | Ü20-Anlagen | Stecker-Solar-Geräte

Sind Solarstromspeicher Klimaschützer?

Batteriesysteme: Ob der Betrieb von Heimbatteriesystemen in Gebäuden mit Photovoltaikanlagen die CO₂-Emissionen verringert, hängt maßgeblich von der Speichersystemeffizienz ab. Zu diesem Ergebnis kommt die „Stromspeicher-Inspektion“ 2019, wie das Autorenteam der HTW Berlin erläutert.

Um es vorwegzunehmen: In dieser Untersuchung wurden die CO₂-Emissionen, die bei der Herstellung der Batteriespeicher anfallen, nicht berücksichtigt. Der wesentliche Grund hierfür ist die schwere Zugänglichkeit der erforderlichen Daten für die unterschiedlichen am Markt erhältlichen Produkte. Vielmehr geht es daher darum, die möglichen Einsparungen der Speichersysteme in einem Betriebsjahr zu ermitteln. Im Fokus steht dabei die Frage: Kann die Ergänzung eines Photovoltaiksystems um einen Batteriespeicher zur Verringerung der CO₂-Emissionen beitragen? Indirekt lässt sich daraus auch ableiten, wie hoch die bei der Batterieproduktion anfallenden Emissionen sein dürfen, damit diese durch den Betrieb des Speichers wieder kompensiert werden können.

CO₂-Wirkung der Speicher

Batteriesysteme in Wohngebäuden mit Photovoltaikanlagen leben davon, tagsüber Solarstromüberschüsse zu speichern und dadurch in den Abend- und Nachtstunden den Strombezug aus dem Netz zu verringern. Zur Mittagszeit, wenn viele

Solarstromanlagen in das Netz einspeisen, sind die CO₂-Emissionen des Strommix in Deutschland geringer als in den Abendstunden (siehe Grafik 1). Durch die Stromspeicherung reduziert sich tagsüber die in das Netz eingespeiste Photovoltaik-Energie.

Abends sind häufig mehr konventionelle Kraftwerke im Einsatz. Eine Kilowattstunde Solarstrom, die tagsüber verlustfrei gespeichert wird und am Abend Netzstrom ersetzt, kann dadurch mehr CO₂-Emissionen vermeiden. Kurz gesagt: Die Batteriesysteme profitieren davon, dass die CO₂-Emissionen des Strommix im Tagesverlauf variieren.

„Sehr effiziente Speichersysteme können im Betrieb bereits heute zur Verringerung der CO₂-Emissionen in Deutschland beitragen.“

Das Wichtigste in Kürze

Eine Kilowattstunde Solarstrom, die mittags in das Netz eingespeist wird, kann durchschnittlich 400 Gramm CO₂ vermeiden. Nachts sind es dagegen oft 500 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde. Daher kann ein Heimspeicher im Eigenverbrauchsbetrieb zur CO₂-Einsparung beitragen.

Sehr effiziente Systeme können im Betrieb sogar die CO₂-Emissionen, die während der Produktion der Batterie entstanden sind, kompensieren.

Dagegen sind Photovoltaik-Batteriesysteme mit hohen Umwandlungs- und Standby-Verlusten im Vergleich zu Photovoltaik-Systemen ohne Batteriespeicher nicht in der Lage, eine positive CO₂-Bilanz zu erzielen.

Im Sinne des Klimaschutzes sollte daher bei der Auswahl eines Speichersystems auf eine hohe Effizienz und Langlebigkeit geachtet werden.

Die erzielbare CO₂-Einsparung der Batteriespeicher wird in Zukunft noch steigen.

Ob ein Speichersystem die zeitlichen CO₂-Unterschiede ausnutzen kann, hängt allerdings maßgeblich von der Höhe der Speicherverluste ab. Dieser Zusammenhang lässt sich einfach erklären: Wird in einem AC-gekoppelten Batteriesystem Photovoltaik-Energie mit einem mittleren Umwandlungswirkungsgrad von 80 Prozent gespeichert, können beispielsweise vom Batteriesystem nur acht Kilowattstunden abgegeben werden, wenn zuvor zehn Kilowattstunden aufgenommen worden sind. Liegt der mittlere CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix während des Ladevorgangs bei 400 Gramm pro Kilowattstunde, müssen während des Entladevorgangs mindestens 500 Gramm pro Kilowattstunde durch die Energieabgabe des Batteriesystems vermieden werden, damit die Speicherverluste durch die tageszeitlichen CO₂-Unterschiede kompensiert werden. Im betrachteten Beispiel muss demnach der mittlere Emissionsfaktor im Entladebetrieb mindestens um ein Viertel höher als im Ladebetrieb sein.

Unterschiede in den Speicherverlusten

Die zuvor dargestellte Abschätzung der CO₂-Effekte von AC-gekoppelten Batteriesystemen ist bei DC-gekoppelten Batteriesystemen nicht ganz so einfach durchzuführen. Schließlich verringert die Speicherung des Solarstroms tagsüber die Auslastung des Wechselrichters, der dadurch häufiger im weniger effizienten Teillastbereich betrieben wird. Dagegen kann bei gleichzeitiger Leistungsabgabe des Photovoltaik-Generators und Batteriespeichers der Wechselrichterwirkungsgrad in der Regel gesteigert werden.

Im Rahmen der Studie „Stromspeicher-Inspektion 2019“ wurde die CO₂-Wirkung von zwei unterschiedlich effizienten DC-gekoppelten Photovoltaik-Batteriesystemen verglichen [1]. Beide Systeme haben eine nutzbare Speicherkapazität von 5,7 Kilowattstunden. Die wichtigsten Effizienzparameter des hocheffizienten Systems (Systemkürzel in der Studie D3) und des weniger effizienten Systems (Systemkürzel in der Studie F1) sind in Tabelle 1 gegenübergestellt.

Die mittleren Wirkungsgrade der einzelnen Energieumwandlungspfade fallen bei dem auf Effizienz getrimmten Speichersystem um 1,9 bis 5,6 Prozentpunkte höher aus. Dagegen kann das zweite System mit einem um 2,4 Prozentpunkte höheren Batteriewirkungsgrad punkten. Die Effizienzunterschiede zwischen den beiden Systemen werden auch beim Vergleich des Stand-by-Verbrauchs und der Einschwingzeit der Systemregelung ersichtlich. In Anbetracht dessen wird deutlich, wie groß die Effizienzunterschiede zwischen den am Markt erhältlichen Produkten sein können.

Erzielbare CO₂-Einsparungen der Speicher

Um die CO₂-Einsparung der Batteriesysteme im Betrieb zu ermitteln, wurden die durch den Strombezug aus dem Netz verursachten CO₂-Emissionen mit den durch die Netzeinspeisung vermiedenen CO₂-Emissionen bilanziert. In Grafik 2 sind die Berechnungsergebnisse dargestellt, die auf Basis des stündlichen CO₂-Emissionsfaktors des deutschen Strommix für das Jahr 2017 ermittelt wurden. Als Vergleich dienen die bilanziellen CO₂-Emissionen eines Wohngebäudes mit einem elektrischen Energieverbrauch von rund 5.000 Kilowattstunden pro Jahr und einem Fünf-Kilowatt-Photovoltaik-System, die sich auf 592 Kilogramm pro Jahr summieren. Im Vergleich dazu kann das zuvor betrachtete hocheffiziente Speichersystem pro Jahr rund 35 Kilogramm CO₂ zusätzlich vermeiden. Das zeigt: Sehr effiziente Speichersysteme können im Betrieb bereits heute zur Verringerung der CO₂-Emissionen in Deutschland beitragen.

Je höher allerdings die Verluste eines Photovoltaik-Speichersystems sind, desto weniger Solarstrom lässt sich in das Netz einspeisen. Zudem muss mehr Strom aus dem Netz bezogen werden. Die Höhe der Effizienzeinbußen wirkt sich somit unmittelbar auf die erzielbaren CO₂-Einsparungen aus. Bei weniger effizienten Speichersystemen mit hohen Umwandlungs- und Stand-by-Verlusten sieht die Bilanz daher schlechter aus. Selbst wenn die CO₂-Emissionen für die Batterieherstellung nicht berücksichtigt werden, können ineffiziente Photovoltaik-Speichersysteme gegenüber Anlagen ohne Speicher keine positive CO₂-Bilanz vorweisen. Der positive Beitrag der Speicher zum Klimaschutz geht dann durch die hohen Effizienzverluste verloren.

	Hocheffizientes PV-Speichersystem	Weniger effizientes PV-Speichersystem
mittlere Umwandlungswirkungsgrade		
PV-Einspeisung (PV2AC)	95,5 %	93,6 %
PV-Batterieladung (PV2BAT)	93,2 %	87,6 %
AC-Batterieentladung (BAT2AC)	92,9 %	87,4 %
Batteriewirkungsgrad	94,8 %	97,2 %
Systemverbrauch im Standby-Modus	11 W	42 W
Einschwingzeit	5,0 s	12,6 s

Tabelle 1: Die Tabelle gibt einen Überblick über die Systemeigenschaften von zwei DC-gekoppelten Photovoltaik-Batteriesystemen, die in der Stromspeicher-Inspektion 2019 analysiert wurden. Dargestellt sind die im Effizienzleitfaden für Photovoltaik-Speichersysteme (Version 2.0) festgelegten wichtigsten Effizienzparameter, die zukünftig auch auf den Datenblättern angegeben werden sollen.

Systemeffizienz ist relevanter als Speicherkapazität

Aus den Analysen für die „Stromspeicher-Inspektion 2019“ geht auch hervor, dass die Höhe der erzielbaren CO₂-Einsparungen weniger von der Speichergröße, sondern vielmehr von der Systemeffizienz abhängt. Die CO₂-Emissionen, die bei der Produktion der Lithium-Batteriespeicher anfallen, hängen unter anderem von der Zusammensetzung des Strommix und dem Strombedarf der Batterieherstellung ab. Eine Analyse der Forschungsstelle für Energiewirtschaft FfE kommt zu dem Ergebnis, dass durch die Batterieherstellung zwischen 62 und 212 Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde Batteriekapazität emittiert werden [2]. Je mehr erneuerbarer Strom in der Batterieherstellung eingesetzt wird, desto geringer sind die anfallenden CO₂-Emissionen.

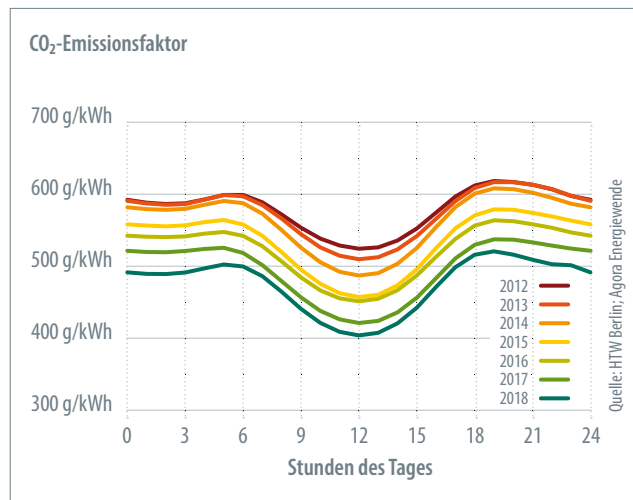
Unter der Annahme von gleichbleibenden Bedingungen muss der Batteriespeicher des hocheffizienten Systems im optimistischsten Fall mindestens zehn Jahre betrieben werden, um die produktionsbedingten CO₂-Emissionen durch die CO₂-

Foto: Pixabay/Adam Derewecki



Der Perito-Moreno-Gletscher in Argentinien. Mit sehr effizienten Batteriespeichern lässt sich das Klima schützen.

5 Techniktrends



Grafik 1: Die Darstellung zeigt den mittleren Tagesverlauf des CO₂-Emissionsfaktors, der sich für den Strommix in Deutschland ergibt. Da der Anteil der erneuerbaren Energien in den vergangenen Jahren gestiegen ist, sind die mittleren CO₂-Emissionsfaktoren gesunken. Deutlich zu erkennen ist auch der Einfluss der Solarstromerzeugung, wodurch die CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde im Mittel zur Mittagszeit am geringsten ausfallen. Die Darstellung basiert auf Daten des Agoramerter der Agora Energiewende.

Einsparungen im Betrieb auszugleichen. Langlebige Speichersysteme sind somit auch für eine positive Gesamtbilanz der Batteriespeicher entscheidend.

Blick in die Zukunft

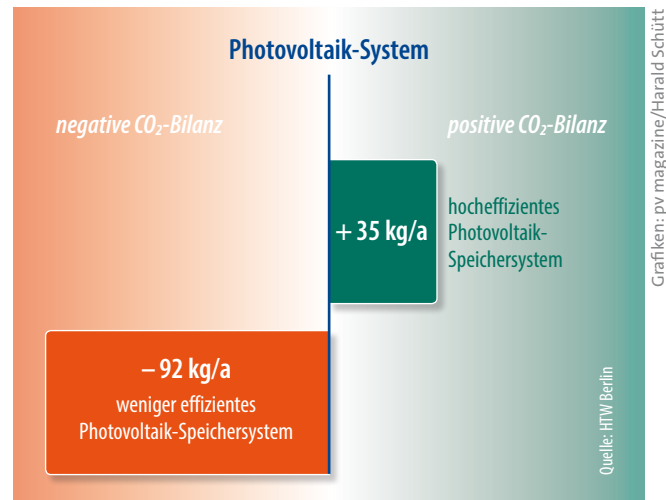
Je mehr Photovoltaikanlagen in Deutschland installiert sind und zur Mittagszeit in das Netz einspeisen, desto größer werden die Unterschiede zwischen den CO₂-Emissionsfaktoren am Tag und in der Nacht sein. Können die Batteriespeicher in Zukunft zudem vermehrt die Abregelung von Solarstromüberschüssen vermeiden, wirkt sich dies positiv auf deren CO₂-Bilanz aus.

„Die durch die Speicher erzielbaren CO₂-Einsparungen können zukünftig noch weiter steigen.“

Die durch die Speicher erzielbaren CO₂-Einsparungen können somit zukünftig noch weiter steigen. Unabhängig davon

Die Autoren

Johannes Weniger, Nico Böhme, Nico Orth und Volker Quaschnig forschen an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin zur effizienten Speicherung von Solarstrom. Mehr unter: <https://pvspeicher.htw-berlin.de/>



Grafik 2: Die Grafik vergleicht die bilanziellen CO₂-Emissionen von einem Haus mit unterschiedlich effizienten Photovoltaik-Speichersystemen im Jahr 2017. Hierzu wurden die durch den Netzbezug verursachten Emissionen mit den vermiedenen Emissionen aufgrund der Netzeinspeisung bilanziert. Die CO₂-Emissionen zur Herstellung der Systemkomponenten wurden dabei nicht berücksichtigt. Im Vergleich zu einem Photovoltaik-System ohne Batteriespeicher kann ein hocheffizientes Photovoltaik-Speichersystem CO₂-Einsparungen vorweisen. Hohe Umwandlungs- und Bereitschaftsverluste von weniger effizienten Photovoltaik-Speichersystemen können allerdings zu einer negativen CO₂-Bilanz führen.

wird deutlich, dass sehr effiziente und langlebige Speichersysteme die höchsten CO₂-Einsparungen vorweisen können. Wer somit beim Speicherkauf auf hohe Umwandlungswirkungsgrade und geringe Stand-by-Verluste achtet, tut auch dem Klima etwas Gutes.

Johannes Weniger, Nico Böhme, Nico Orth, Volker Quaschnig

Danksagung

Die „Stromspeicher-Inspektion 2019“ wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert. Acht Systemanbieter haben die Untersuchung mit Messdaten von unabhängigen Prüflaboren unterstützt; darunter BYD, Kostal, LG Chem, RCT Power, Siemens, SMA und Sonnen.

Literaturverweise

1. Weniger, J., Orth, N., Böhme, N., Quaschnig, V.: Stromspeicher-Inspektion 2019. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin (2019)
2. Regett, A., Mauch, W., Wagner, U.: Klimabilanz von Elektrofahrzeugen – Ein Plädoyer für mehr Sachlichkeit. Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) e.V., München (2019)

Teilnahme und mehr Informationen

Anbieter und Hersteller von Speichersystemen können sich noch bis Ende 2019 an der nächsten Ausgabe des Speichervergleichs beteiligen. Mehr Informationen dazu sowie kostenfreier Download der Studie unter: www.stromspeicher-inspektion.de