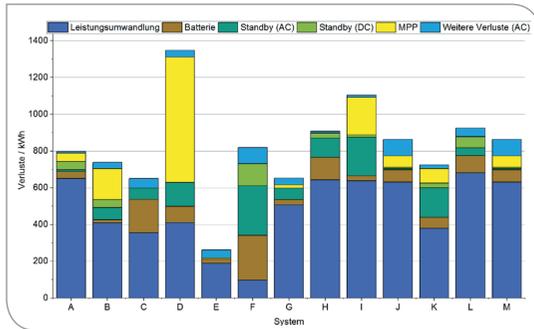


den Standby-Verbräuchen und der Systemdimensionierung abhängig. Zur Systemdimensionierung gehören u.a. die nutzbare Batteriekapazität, die Größe der Leistungselektronik sowie die PV-Anlagengröße. Die gemessenen Systemwirkungsgrade variieren zwischen 78,5 % und 94,1 %.

### Wirtschaftlichkeit

Die Minimierung der Energieverluste ist für die Wirtschaftlichkeit eines Systems ausschlaggebend. Anhand der Typtagemessungen können diese für ein Referenzjahr bestimmt und den einzelnen Einflussfaktoren zugeordnet werden. Aufsummiert ergeben sich Verluste von 262 – 1.347 kWh pro Jahr (inkl. MPP-Wirkungsgradverluste).



Energieverluste für ein Referenzjahr nach VDI 4655

### Intelligente Ladestrategie

Lithium-Ionen Batterien, die sich über eine lange Zeit in einem sehr hohen Ladezustand befinden, altern schneller als Batterien, deren Verweildauer in diesem Zustand kürzer ist. Durch eine intelligente Steuerung des Speichers kann dies vermieden werden. Zudem kann verhindert werden, dass die Batterie bereits vor der Mittagszeit vollständig geladen ist und die gesamte Überschussleistung zur Mittagszeit ins Netz eingespeist bzw. unter Umständen sogar gekappt wird. Somit kann die eingespeiste Leistung in das Netz geglättet werden, was zu einer höheren Netzdienlichkeit der Systeme führt. Von den getesteten Systemen verfügen ca. 25 % über eine intelligente Ladesteuerung.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



### Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Projekt Competence E (PCE)

Herrmann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Telefon: +49 721 608 26844  
E-Mail: office@competence-e.kit.edu  
www.competence-e.kit.edu



### Herausgeber

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka  
Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2017



100 % Recyclingpapier mit dem Gütesiegel „Der Blaue Engel“

# Vergleich von Heimspeichern: Performance und Netzdienlichkeit im Test

## COMPETENCE E



## Heimspeicher auf dem Prüfstand – das Projekt „SafetyFirst“

Die Qualität von Lithium-Ionen-Heimspeichern unterscheidet sich vor allem in den Bereichen Sicherheit, Performance und Netzdienlichkeit. Untersuchungen dazu sind Bestandteil des Projekts „SafetyFirst“, in dem über zwanzig verschiedene kommerzielle Heimspeichersysteme getestet und unter Realbedingungen betrieben werden. Das Projekt SafetyFirst wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit knapp 4 Mio. Euro für drei Jahre gefördert und vom KIT koordiniert. Projektpartner sind das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung in Ulm.

Zur Untersuchung der Speicher werden diese in eine Hardware-in-the-Loop Testumgebung integriert und verschiedene Tests durchgeführt. Die Messungen hierzu finden u.a. auf Basis von Typtagen statt, wofür reale Photovoltaik (PV)-Messdaten aus einer Teilanlage des 1 MW Solarspeicherparks am KIT und Lastdaten aus der VDI 4655 und des Projekts „ADRES-CONCEPT“ der TU Wien verwendet werden. Der jährliche Strombedarf der Referenzhaushalte liegt bei 4.200 kWh (VDI 4655) sowie 3.500 und 4.100 kWh (ADRES-CONCEPT) mit einer PV-Anlage von 3,5 kWp. Daneben finden auch Messungen der Energiewandlungspfade (Batterieladen, Batterieentladen, PV-Direkteinspeisung), des Batteriewirkungsgrades und der Regelgüte gemäß dem Effizienzleitfaden für Heimspeichersysteme des Bundesverbands Energiespeicher (BVES) und Bundesverbands Solarwirtschaft (BSW Solar) statt.

**Die Performance eines Heimspeichersystems sowie der vom Betreiber erreichbare Autarkiegrad werden durch viele Faktoren beeinflusst: die Wirkungsgrade der Systemkomponenten, die Standby-Verbräuche, die Reaktionsgeschwindigkeit des Speichers auf Änderungen in der Last und Erzeugung sowie die Intelligenz der Gesamtsystemsteuerung.**

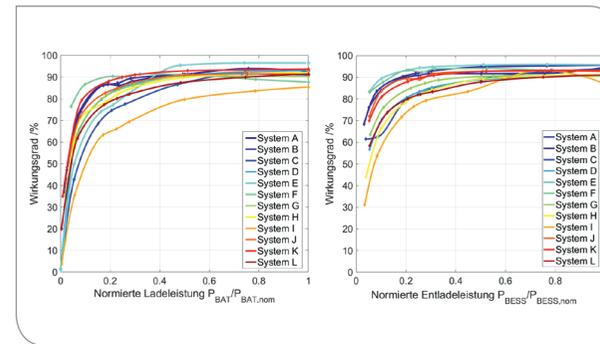
### Batteriewirkungsgrad

Aus den Messungen auf Basis von Typtagen lässt sich der Batteriewirkungsgrad für ein synthetisches Jahr bestimmen. Damit lassen sich Rückschlüsse auf den realen Betrieb eines Speichers ziehen. Der Batteriewirkungsgrad wird neben der Qualität der eingesetzten Zellen u.a. davon beeinflusst, wieviel Energie das Batteriemanagementsystem (BMS) benötigt und ob diese aus der Batterie bezogen wird. Auch der allgemeine Aufbau der

Batterie wie bspw. die Zellverbindungstechnik spielt eine Rolle. Bei den getesteten Systemen variiert der Batteriewirkungsgrad zwischen 78,2 % und 98,4 %.

### Wirkungsgrad der Leistungselektronik

Der Wirkungsgrad der Leistungselektronik wird anhand der Energiewandlungspfade (Effizienzleitfaden) bestimmt. Der Vergleich der Pfade „Batterieladen“ und „Batterieentladen“ zeigt deutlich, dass die Wirkungsgrade vor allem im Teillastbereich sehr große Unterschiede aufweisen.

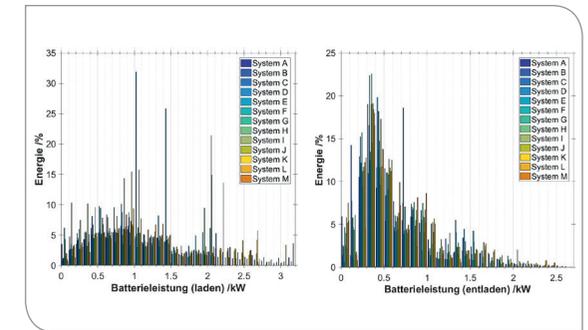


Wirkungsgrad des Leistungswandlungspfades Batterieladen (links) und Batterieentladen (rechts) in Abhängigkeit der Bemessungsausgangsleistung

Vergleicht man zusätzlich die Verteilung der Energie beim Batterie-laden bzw. Batterieentladen für ein synthetisches Jahr, so wird deutlich, dass bei allen Haushalten mit einem Jahresstrombedarf von 3.500 kWh bis 4.500 kWh ein Großteil der geflossenen Leistung unter 1 kW liegt. Beim Entladen ist der Anteil noch deutlich höher als beim Laden. Dadurch werden die Systeme je nach Auslegung größtenteils im Teillastbereich mit geringeren Wirkungsgraden betrieben.

### Eigenverbrauch im Standby-Modus

Für die Bestimmung des Eigenverbrauchs wird die Leistungsaufnahme im Leerlauf (Idle-Modus) und im Standby (Bereitschafts-Modus) gemessen. Hierzu wird die Last und die Erzeugung auf Null gesetzt und die Batterieleistung und der Netzbezug über mindestens drei Stunden gemittelt. Des Weiteren weisen die Systeme einen unterschiedlich hohen Standby-Verbrauch je nach Ladezustand der Batterie (state-of-charge - SOC) auf. Die gemessenen Verbräuche liegen zwischen < 3 und 72 Watt (SOC min). Diese werden entweder aus der Batterie oder aus dem Netz gedeckt.



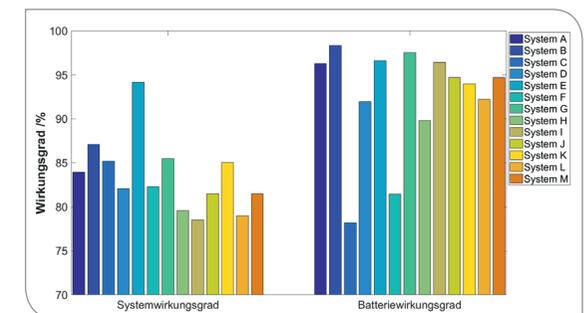
Verteilung der Energie beim Batterieladen (rechts) und Batterieentladen (links) für ein synthetisches Jahr

### Reaktionsgeschwindigkeit auf Änderungen in der Last und Erzeugung

Auch die Güte der Regelung beeinflusst die Performance eines Systems. Diese besteht vor allem in der Dauer der Tot- und der Einschwingzeit. Durch längere Tot- und Einschwingzeiten kommt es zu einem unnötigen Austausch von Energie mit dem Netz. Aktuelle Messungen haben Totzeiten zwischen < 0,2 und 21,7 Sekunden und Einschwingzeiten zwischen 1,5 und 71,9 Sekunden ergeben.

### Systemwirkungsgrad

Unter dem Systemwirkungsgrad wird der Wirkungsgrad des Gesamtsystems verstanden, welcher auch die Verluste der Direkteinspeisung (Eigenverbrauch und Netzeinspeisung) von PV-Strom berücksichtigt. Der Systemwirkungsgrad ist neben dem Batteriewirkungsgrad von einer Vielzahl weiterer Faktoren, wie dem Wirkungsgrad der Leistungselektronik,



Systemwirkungsgrad und Batteriewirkungsgrad für ein Referenzjahr nach VDI 4655