

## Lithium-, Salzwasser- und Hochtemperaturbatterien im Vergleich

# DIE ALTERNATIVEN SIND NOCH NICHT AUSGEREIFT

In der neuesten Ausgabe ihres Stromspeichertests nahm die Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin nicht nur Lithium-Ionen-Batteriesysteme unter die Lupe. Erstmals analysierte sie zusammen mit dem Karlsruher Institut für Technologie KIT auch sogenannte Salzwasser- und Hochtemperaturbatterien. Das Fazit: In puncto Energieeffizienz sind die seit vielen Jahren etablierten Lithium-Ionen-Batterien den alternativen Batterietechnologien derzeit noch deutlich überlegen.

*Die Stromspeicher-Inspektion der HTW Berlin ist in diesem Jahr in ihrer 6. Auflage erschienen. Die Berliner Forscher geben jährlich diesen Bericht heraus, der auf diesem Sektor praktisch zum Leitwerk geworden ist. In diesem Jahr ist nun das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dabei.*



Neben den etablierten Lithium-Ionen-Batterien stehen weitere Batterietechnologien in den Startlöchern. Im vierten Schwerpunkt der Stromspeicher-Inspektion 2023 wurden daher gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) erstmals auch alternative Batterien, die nicht auf Lithium basieren, untersucht. Am KIT wurden Natrium-Ionen- und Natrium-Nickelchlorid-Systeme, die umgangssprachlich auch als Salzwasserbatterien und Hochtempera-

turbatterien bezeichnet werden, vermessen. Die Laborergebnisse zeigen: Die Stromspeicherung der alternativen Systeme ist im Vergleich zur Speicherung in Lithium-Ionen-Batterien von deutlich höheren Verlusten geprägt.

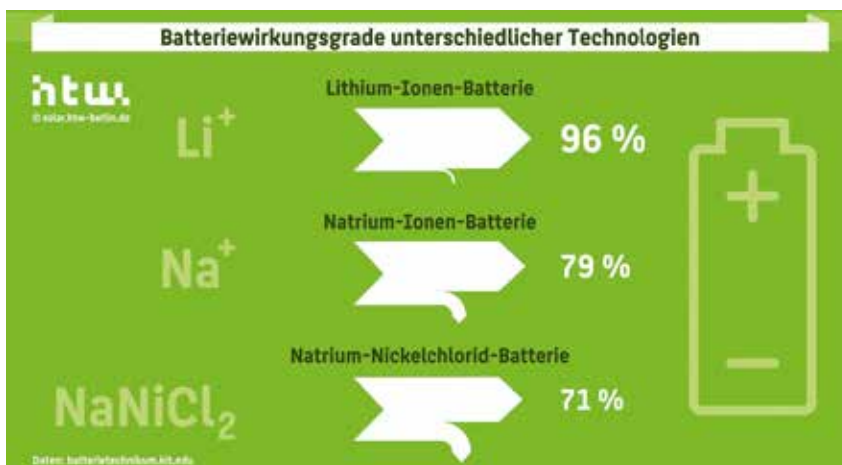
### Lithium-Batterien um Vielfaches effizienter

Die Grafik veranschaulicht die im Labor ermittelten Batteriewirkungsgrade des Natrium-Nickelchlorid- und

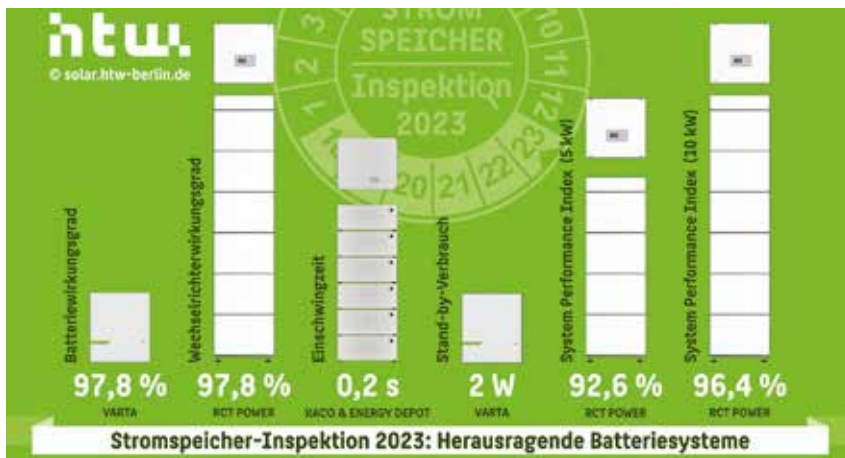
Natrium-Ionen-Speichers. Der Batteriewirkungsgrad beschreibt das Verhältnis der DC-seitig abgegebenen zur DC-seitig zugeführten Energiemenge. Im Vergleich zu einer Lithium-Ionen-Batterie sind die Umwandlungsverluste in den alternativen Batteriespeichern deutlich größer. Während der Speicherung gehen in der Natrium-Ionen-Batterie im Mittel 21 % verloren. Beim Natrium-Nickelchlorid-Batteriespeicher wird zusätzlich Energie für die integrierte Heizung und zur Einhaltung des zulässigen Batterietemperaturbereichs benötigt. Dadurch betragen die Verluste sogar 29 %, so dass ein mittlerer Batteriewirkungsgrad von 71 % resultiert. Dagegen liegt der Wirkungsgrad des untersuchten Lithium-Ionen-Batteriespeichers mit 96 % um 25 Prozentpunkte höher. Der Batteriewirkungsgrad von Lithium-Ionen-Batteriespeichern beträgt durchschnittlich 96 %.

### Geringere Leistungsfähigkeit

Die Analysen zeigen darüber hinaus, dass insbesondere die Natrium-Ionen-Batterien eine geringe Leistungsfähigkeit aufweisen, die zudem mit sinkendem Ladezustand annähernd



Batteriewirkungsgrade unterschiedlicher Technologien. Die Speicherverluste der Natrium-Nickelchlorid-Batterie sind um das Siebenfache höher als die der Lithium-Ionen-Batterie.



Gleich mehrere Geräte erzielten in den verschiedenen Effizienz kategorien der Stromspeicher-Inspektion 2023 neue Bestwerte.

linear abnimmt. Ist die Natrium-Ionen-Batterie zur Hälfte entladen, kann sie nur noch 40 % der Maximalleistung abgeben. Lithium-Ionen-Batterien können hingegen fast während des gesamten Entladevorgangs die volle Leistung zur Verfügung stellen. Darüber hinaus ist die Energiedichte der genannten Batterietechnologien im Vergleich zu Lithium-Ionen-Batterien häufig deutlich geringer. Weitere technische Unterschiede und Optimierungspotenziale der verschiedenen Batterietechnologien sind in der Studie Stromspeicher-Inspektion 2023 unter <https://solar.htw-berlin.de/inspektion> zu finden.

**Ungleiche Ausgangslage**

Bei der Analyse sollte allerdings auch berücksichtigt werden, dass die Lithium-Ionen-Technologie bereits seit mehreren Jahrzehnten intensiv erforscht, optimiert und auf dem Markt

etabliert wurde. Natrium-Ionen-Zellen rückten erst in den vergangenen 10 Jahren vermehrt in den Fokus der Forschung und Industrie und befinden sich daher noch in einer frühen Entwicklungsphase. Aufgrund der hohen Verfügbarkeit und der geringen Kosten des Rohmaterials bleiben Natrium-Ionen-Batterien im Fokus von Forschungsaktivitäten. Weitere Verbesserungen hinsichtlich der verwendeten Materialien, der erreichbaren Energiedichten, der Leistungsfähigkeit sowie der Langlebigkeit sind zu erwarten. Darüber hinaus lassen sich deutliche Effizienzsteigerungen erzielen, wenn die Batterien mit effizienteren Niedervolt-Batteriewechselrichtern kombiniert werden.

**Neue Bestwerte aufgestellt**

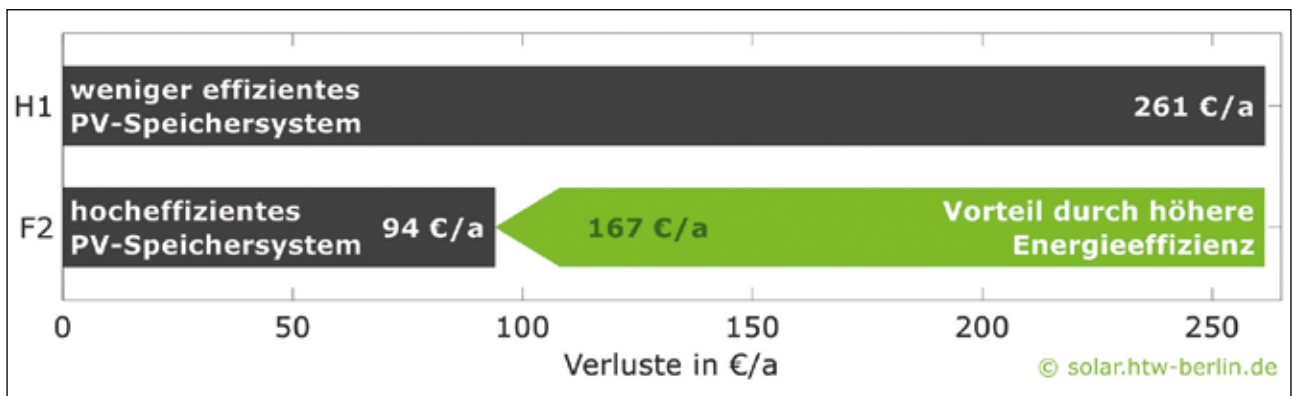
Zum sechsten Mal in Folge bewertet die Stromspeicher-Inspektion 2023 darüber hinaus die Energieeffizienz

von Solarstromspeichern. An der diesjährigen Ausgabe beteiligten sich erneut namhafte Hersteller wie BYD, Fronius, Kostal, Varta und Viessmann.

Auch bei der Systemeffizienz wurden in diesem Jahr neue Bestwerte erzielt. Das System von Varta überzeugt mit einem hohen Batteriewirkungsgrad von 97,8 % und mit einem Stand-by-Verbrauch von lediglich 2 W. Der mittlere Wirkungsgrad der 18 untersuchten Lithium-Ionen-Batteriespeicher liegt bei 96 %. RCT Power punktet hingegen mit einem exzellenten Wechselrichterwirkungsgrad im Entladebetrieb von 97,8 %. Mit einer Einschwingzeit von unter 200 Millisekunden stellte der Hybridwechselrichter von Kaco ebenfalls einen neuen Bestwert auf.

**Systemeffizienz ist entscheidend**

Eine weitere Grafik in diesem Bericht zeigt die monetären Verluste zweier DC-gekoppelten Systeme, die aus dem Vergleich der bilanziellen Kosten des jeweiligen idealen, verlustfreien sowie realen PV-Speichersystems resultieren. Effizienzverluste reduzieren den finanziellen Nutzen eines PV-Speichersystems, da sie zum einen die Netzbezugskosten erhöhen und zum anderen die Netzeinspeiserlöse verringern. Aufgrund der vergleichsweise hohen Effizienzverluste fällt die erzielbare Kosteneinsparung bei dem weniger effizienten System um 261 €/a geringer aus als beim baugleichen, aber verlustfreien System. Beim hocheffizienten Gerät weicht sie hingegen lediglich um 94 €/a von der theoretisch erzielbaren



Monetäre Einbußen aufgrund der Effizienzverluste zweier unterschiedlich effizienter PV-Speichersysteme sowie Kostenvorteil eines hocheffizienten PV-Speichersystems gegenüber einem weniger effizienten Gerät.

<b>A1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTAS Powerline 4</b> Batterieanbindung: AC Speicherkapazität: 5,8 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: - Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>B1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTA POWER HP plus 4.4 10 und 15W</b> Batterie-Anschluss: HTS 7.7 Batterieanbindung: AC Speicherkapazität: 7,4 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: - Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>B2 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTA PLANTSTORE 10 100W und 15W</b> Batterie-Anschluss: HTS 11.8 Batterieanbindung: AC Speicherkapazität: 11,3 kWh Entladeleistung: 10,0 kW PV-Ausgangsleistung: - Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>B3 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTA POWER HP plus 4.4 10 und 15W</b> Batterie-Anschluss: HTS 7.7 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 7,4 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: 4,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>B4 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTA PLANTSTORE plus 10 und 15W</b> Batterie-Anschluss: HTS 11.8 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 7,3 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: 5,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>B5 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTA PLANTSTORE plus 10 und 15W</b> Batterie-Anschluss: HTS 11.8 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 11,3 kWh Entladeleistung: 6,4 kW PV-Ausgangsleistung: 6,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>
<b>C1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>Trinax Power Storage DC 6.3 Plus und 8W</b> Batterie-Anschluss: HTS 7.7 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 7,4 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: 6,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>C2 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>Trinax Power Storage DC 6.3 Plus und 8W</b> Batterie-Anschluss: HTS 10.2 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 5,8 kWh Entladeleistung: 6,3 kW PV-Ausgangsleistung: 10,0 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>D1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>Trinax Power Storage DC 6.3 Plus und 8W</b> Batterie-Anschluss: HTS 7.7 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 7,3 kWh Entladeleistung: 4,8 kW PV-Ausgangsleistung: 5,0 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>D2 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>Trinax Power Storage DC 6.3 Plus und 8W</b> Batterie-Anschluss: HTS 10.2 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 11,2 kWh Entladeleistung: 10,0 kW PV-Ausgangsleistung: 10,0 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>E1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTA Powerline 10.3 11.3 und 15W</b> Batterie-Anschluss: HTS 11.8 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 6,7 kWh Entladeleistung: 10,0 kW PV-Ausgangsleistung: 10,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>E2 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>VESTA Powerline 10.3 11.3 und 15W</b> Batterie-Anschluss: HTS 11.8 Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 11,3 kWh Entladeleistung: 7,3 kW PV-Ausgangsleistung: 6,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>
<b>F1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>HT Power Power Storage DC 6.3 und Power Battery 7.4</b> Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 7,0 kWh Entladeleistung: 5,3 kW PV-Ausgangsleistung: 5,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>F2 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>HT Power Power Storage DC 10.3 und Power Battery 11.3</b> Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 10,6 kWh Entladeleistung: 5,3 kW PV-Ausgangsleistung: 10,0 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>G1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>100Watt Powerline HTS Typ 4.4.4</b> Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 7,9 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: 4,3 kW Effizienzkategorie: <b>3</b>	<b>H1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>DC-gespeistes System eines anderen Herstellers</b> Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 9,2 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: 10,1 kW Effizienzkategorie: <b>1</b>	<b>I1 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>DC-gespeistes System eines anderen Herstellers</b> Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 4,4 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: 4,3 kW Effizienzkategorie: <b>2</b>	<b>I2 STROMSPEICHER</b> Inspektion 2023  <b>DC-gespeistes System eines anderen Herstellers</b> Batterieanbindung: DC Speicherkapazität: 9,3 kWh Entladeleistung: 5,8 kW PV-Ausgangsleistung: 7,8 kW Effizienzkategorie: <b>1</b>

Der Stromspeicher-Inspektor soll Privatkunden bei der Suche und Wahl eines Stromspeichersystems unterstützen und für mehr Transparenz auf dem Speichermarkt sorgen. Die Web-Anwendung ist unter <https://solar.htw-berlin.de/inspektor> zu finden.

ren Kosteneinsparung ab. Aufgrund der höheren Systemeffizienz ergibt sich somit ein jährlicher Kostenvorteil des effizienteren Systems von fast 170 €. Hochgerechnet auf die ersten 10 Betriebsjahre summiert sich der durch die geringeren Effizienzverluste erzielte Kostenvorteil eines hocheffizienten PV-Speichersystems somit auf 1700 €. Bei der Anschaffung eines PV-Speichersystems sollte die Systemeffizienz also ein entscheidender Faktor sein: Je höher die Gesamtsystemeffizienz eines PV-Speichersystems ist, desto höher ist auch die jährliche Kosteneinsparung.

**Neues Tool: Stromspeicher-Inspektor**  
Um Privatpersonen bei der Suche nach einem effizienten Heimspeicher zu unterstützen, entwickelte die Forschungsgruppe der HTW Berlin den Stromspeicher-Inspektor (<https://solar.htw-berlin.de/rechner/stromspeicher-inspektor/>), der auf

den Ergebnissen der Studie aufbaut. Mit der neuen Web-Anwendung können Endkunden die wichtigsten Effizienzeigenschaften von PV-Speichersystemen unterschiedlicher Hersteller miteinander vergleichen. Was den Stromspeicher-Inspektor besonders macht: Alle aufgelisteten Kennwerte wurden von unabhängigen Prüfinstituten ermittelt und auf Plausibilität geprüft. Der Stromspeicher-Inspektor wird ab sofort kontinuierlich um Produktneuheiten erweitert und macht diese somit schneller vergleichbar.

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

Danksagung: Die Stromspeicher-Inspektion 2023 wurde im Projekt „Per-

form“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Link zur Studie: Die ausführlichen Testergebnisse der Stromspeicher-Inspektion 2023 stehen kostenfrei unter folgendem Link bereit: <https://solar.htw-berlin.de/inspektion>

Bilder: HTW Berlin