

# SPEICHERSYSTEME: EFFIZIENT & SICHER

## DAS VERBUNDVORHABEN SPEISI HILFT BEI DER BEWERTUNG VON NETZGEKOPPELTEN PHOTOVOLTAIK(PV)-SPEICHERSYSTEMEN

Von 2014 bis Mitte dieses Jahres untersuchte die DGS im Verbundvorhaben „Speisi“ zusammen mit dem TÜV, dem Fraunhofer ISE und dem ZSW<sup>1)</sup> die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Speichersystemen bzw. Batteriespeichersystemen. Performanceaspekte und Lebensdaueranalysen von verschiedenen Batterien und der eingesetzten Leistungselektronik spielten dabei eine große Rolle. Die DGS lieferte dem Projekt vor allem Inhalte als Verbraucherschützer und Praktiker. Auch die Erfahrung der Gutachter leisteten einen wertvollen Beitrag zum Gesamtergebnis. Die anderen Projektpartner fokussierten sich auf Laborversuche und nahmen die Systeme oder Komponenten in Lang- und Kurzzeittests im wahrsten Sinne des Wortes unter die Lupe. Die Tests gingen so weit, dass Systeme am Ende gezielt in unsichere Zustände gebracht wurden, um zum einen zu sehen, welches Ausmaß der Schaden hatte und zum anderen die Effektivität von Gegenmaßnahmen wie Brandbekämpfung zu untersuchen. In den fünf Jahren Bearbeitungszeit konnte einiges Wissen angesammelt werden. Wie die DGS solche Projekte bearbeitet und welches die wichtigsten Erkenntnisse aus diesem konkreten Projekt sind, wird im Folgenden weiter ausgeführt.

### Notwendigkeit – noch ein Forschungsprojekt?

Die PV hat, allen Skeptikern zum Trotz, in den letzten 20 Jahren eine rasante Preisreduktion hinter sich. Dazu kommt ein – zwar für die Erreichung der Klimaziele viel zu niedriger – kontinuierlicher Ausbau. Heute können wir bereits mehr als 10% des deutschen Bruttostromverbrauchs allein durch die PV decken (Stand: Ende 2018). Alle EE zusammen genommen kommen auf knappe 38%. Die dezentrale Energieerzeugung hat viele Vorteile, jedoch kommen mit der Umstellung des Energiesystems auch neue Herausforderungen auf uns zu. So wird etwa das Thema Netzausbau immer wieder heiß diskutiert. Der Einsatz von

dezentralen, an die Erzeugungseinheit gekoppelten Speichersysteme, kann die Netze entlasten. Auch ist es möglich bei gleicher Übertragungsleistung der Netze eine größere Leistung der EE-Erzeugungseinheiten zu installieren. Dabei ist es wichtig, dass PV-Anlagen mit Speicher bei der Netzregelung gemäß der VDE-AR-N 4105 die Wirkleistung bei Über- und Unterfrequenz netzstabilisierend anpassen.

Es entspricht allen Erwartungen, ab einem bestimmten Anteil EE an der Stromversorgung den Speicherausbau voranzutreiben. Dies hat auch die Politik erkannt, so wurden zwischen 2013 und 2018 Speicher durch die KfW gefördert, auch gibt es derzeit in vielen Bundesländern eigene Speicherförderprogramme, die den Gedanken fortführen. Ähnlich wie beim Ausbau der PV, beginnt auch der Ausbau der Speicher beim Endkunden. Dieser hatte schon seit je her ein großes Interesse an Speichersystemen. In Deutschland ist dies auf das EEG und die Eigenverbrauchsregeln und die tendenziell steigenden Preise für Strom für Endverbraucher zurückzuführen. Aber auch nicht-monetäre Motivationen wie Interesse an der Technologie sowie der Wunsch nach Unabhängigkeit und „etwas Nachhaltiges zu tun“ spielen eine Rolle.

Endkunden investieren jedoch nur, wenn Akzeptanz und Vertrauen gegenüber der Technologie vorhanden sind. Genau hier setzte das Forschungsvorhaben an. Die sogenannten Heimspeichersysteme sollen sicher und möglichst ökonomisch über die gesamte Betriebsdauer der Anlage, auch unter Berücksichtigung der Komponentenalterung, funktionieren. Da die Anwendung, relativ große Batterien im Wohnbereich mit PV-Anlagen zu koppeln neu war, gab es keine Produkte und auch keine weitgehende Erfahrung aus der Praxis. Umso wichtiger war es, dass kurz nach dem Start des KfW-Programms für Batteriespeicher ein ordentliches Forschungsprogramm initialisiert wurde, um die Qualitätsstandards der Branche schnell nach oben zu treiben.

Es sollte dabei durchaus erwähnt werden, dass am Markt, v.a. bei den bekannten Systemherstellern, schon heute sichere Produkte zu finden sind. Das erkennt man auch daran, dass es so gut wie keine größeren Zwischenfälle gibt. Dies innerhalb der kurzen Zeit zu erreichen spricht für sich. Denn sowohl die politische Unterstützung für Heimspeichersysteme als auch der Markt für Heimspeichersysteme ist gerade mal sechs Jahre alt.

### Zielstellung

Oberstes Ziel war es herauszufinden, wie die Produkte beschaffen sein müssen, um einen möglichst wirtschaftlichen und absolut sicheren Betrieb zu gewährleisten. Dazu wurden Batteriesysteme im Labor und im Feld in allen denkbaren Einsatzszenarien untersucht. Die gesammelten Erkenntnisse wurden publiziert oder auf Veranstaltungen präsentiert und mit der Fachöffentlichkeit diskutiert. Letztendlich ging es darum, mit den gewonnenen Erkenntnissen für große Akzeptanz zu sorgen.

Dazu sollte das Verbundprojekt die Marktteilnehmer unterstützen und wenn möglich mit Lösungsvorschlägen behilflich sein. So war es möglich die Sicherheit der damals noch neuartigen „PV-Anlagen mit Speichersystemen“ in Bezug auf ihre Gefahren zu optimieren und vorhandene Defizite bei sicherheitstechnischen Handlungsanweisungen oder Anwendungsregeln zu erkennen.

Der wohl nachhaltigste Schritt, aber auch der langwierigste, ist die Umsetzung der Erkenntnisse in Normen. Bei der Planung, Installation und Umsetzung von Speichersystemen müssen Sicherheitskonzepte und Netzanschlusskriterien, Schutzkonzepte, Schutztechnik, Transport, Lagerung, Handling, bauliche Anforderungen und Brandschutz beachtet werden. So sind beim Einsatz von Lithium-Ionen-Zellen ein abgestimmtes Batteriemangement sowie Segmentierungen der Zellen und angepasste Schutzeinrichtungen sicherheitsrelevant. Auch für Einsatzkräfte, die technische

Hilfe oder Brandbekämpfung leisten, typischerweise Feuerwehren, ändern sich die Einsatzbedingungen durch die neuen Technologien. Lithium-Ionen-Speicher können leichtentzündliche Stoffe bei hohen Brandlasten enthalten und bei Beschädigung und Brand einen ganzen Cocktail von Gefahrstoffen freisetzen. Außerdem liegen bei Photovoltaikanlagen mit den Speichereinheiten zusätzliche nichtabschaltbare Spannungsquellen vor, die eine erhöhte Gefährdung verursachen können. Hier konnte die DGS zusammen mit den Feuerwehren und Ausbildungsstätten mehrere Workshops abhalten, um passende Strategien zu erarbeiten und das Wissen an die Einsatzkräfte zu bringen.

Für viele Bereiche in der Photovoltaik, insbesondere für die Solarmodule, wurden bereits viele Normen und Anwendungsvorschriften entworfen. In Bezug auf Speicher in Verbindung mit PV-Systemen fehlten bei Projektstart noch viele wichtige Rahmenbedingungen für den sicheren Betrieb der Systeme. Da die Normungsarbeit langwierig ist und auch die „fertigen“ Normen immer wieder auf ihre Aktualität geprüft werden müssen, liegt hier auch nach Projektende noch viel Arbeit für die DGS.

### Umsetzung

**Status Quo von gestern bis heute:** Zu Beginn der Bearbeitung wurden alle regulatorischen Anforderungen und Normen, die für Transport, Lagerung, Installation oder Betrieb von Batterien relevant sind zusammengetragen. Besonders bei Lithium-Ionen-Batterien konnten hier große Lücken aufgefunden werden. Eine Übersicht kann auf der Projektwebsite eingesehen werden<sup>2)</sup>.

Auch der Markt und die Entwicklung der Produkte wurden regelmäßig vom Projekt analysiert. So konnten 2018 über 360 verschiedene Systeme von 26 Herstellern ausgemacht werden. Interessant ist auch, dass anfangs mehr Blei-basierte Systeme verbaut wurden und derzeit nahezu ausschließlich Li-Ionen-basierte Systeme auf dem Heimspeichermarkt angeboten und vertrieben werden. Diese werden, anders

als viele Bleibatterien, als Systeme mit Leistungselektronik und Überwachungs- und Steuerungselektronik verkauft. Der Grund liegt in der hohen Energie- und Leistungsdichte, hier müssen die Hersteller mit geeigneten Maßnahmen sichere Produkte produzieren. So werden beispielsweise von einzelnen Batteriezellen Spannung, Strom und Temperatur durch ein Batteriemanagementsystem (BMS) überwacht. Dieses verhindert auch bei einer Unterschreitung des minimal zulässigen Ladezustands den Weiterbetrieb.

Durch die Auswertung der Betriebsdaten konnten vor allem performancerelevante Aspekte ausgemacht werden. So liegt der Round-Trip-Wirkungsgrad (er beinhaltet eine Ladung und eine Entladung) je nach Anwendung bei 70 bis größer 90 %. Hauptsächlich sind dafür die teilweise hohen Stand-By-Verbräuche und eine nicht optimale Systemauslegung verantwortlich. Positiv ist zu erwähnen, dass viele Hersteller sich hier kontinuierlich verbessern und dass in den ersten Jahren der Produktentwicklung der Fokus vor allem auf der Entwicklung von sicheren Produkten lag. Die Auswertung der Schadensfälle zeigt auch, dass die Schadensquote sehr gering ist. Die Zwischenfälle, welche von Speichersystemen ausgegangen sind, wurden vor allem durch unsachgemäße Installation, wie sie bei „Selbstbau-Anlagen“ zu finden ist, verursacht.

Nach wie vor besteht derzeit noch Nachholbedarf in der Aufklärung der Betreiber bezüglich des Recyclings und der Rückführung von Batterien. Im Rahmen der Befragung wurde festgestellt, dass Betreiber von ihrem Installationsbetrieb im Allgemeinen nicht zum Thema Recycling oder Entsorgung aufgeklärt werden. Jedoch dürfen Batterien nicht im normalen Hausmüll entsorgt werden. Deshalb sollte für die Demontage und Entsorgung ein Installationsbetrieb hinzugezogen werden, welcher sich mit dem Hersteller abstimmt. Die Entsorgung ist für Betreiber kostenlos, da der Vertreiber die Altbatterien von Betreiber gemäß dem deutschen Batteriesgesetz unentgeltlich zurücknehmen muss. Es können aller-

dings Entsorgungskosten für die weiteren Systemkomponenten entstehen.

**Betriebliche Sicherheit:** Eine der wichtigsten Aspekte für die betriebliche Sicherheit betrifft die Software. So konnte festgestellt werden, dass die Standardpasswörter der Geräte häufig nicht geändert werden. Dadurch können Einstellungen, welche durch den Installationsbetrieb vorgenommen wurden, nachträglich vom Betreiber oder anderen Personen geändert werden. Dies kann vor allem für den Installationsbetrieb problematisch werden, da dieser unter anderem für die korrekte Einstellung der Abregelung garantiert.

Wichtige Normen und Handlungsanweisungen für Planung, Installation und Betrieb sowie Empfehlungen der DGS sind in den DGS-Fachregeln veröffentlicht und können auf der Projektwebsite<sup>2)</sup> heruntergeladen werden.

### Monitoring – was bleibt im Dunkeln?

Neben den energetischen Größen wie PV-Produktion, Eigenverbrauch und Autarkie des PV-Speichersystems, ist die Alterung (Restkapazität) der installierten Batterien von großem Interesse. Zum einen möchte man wissen, wie viel „Batterie“ noch zur Verfügung steht und zum anderen geht es auch um mögliche Garantieansprüche. Viele Hersteller garantieren eine Restkapazität von 80 % nach 10 Jahren Betriebszeit. Doch wie findet man die Restkapazität heraus, wenn keine Angaben dazu im Monitoring-Portal zu finden sind, bzw. wie können diese Angaben überprüft werden? Hier konnte die DGS feststellen, dass es grundsätzlich möglich ist, aus diesen Monitoringdaten die Alterung des Systems (State of Health – SoH) zu ermitteln. Voraussetzung ist allerdings eine mehrjährige Datenbasis sowie die entsprechende Fachkompetenz zur Datenanalyse.

### Leistungsvermögen und Zuverlässigkeit

Wird über die Performance von Batterien oder Batteriesystemen gesprochen, wird meist der (maximale) Wirkungsgrad

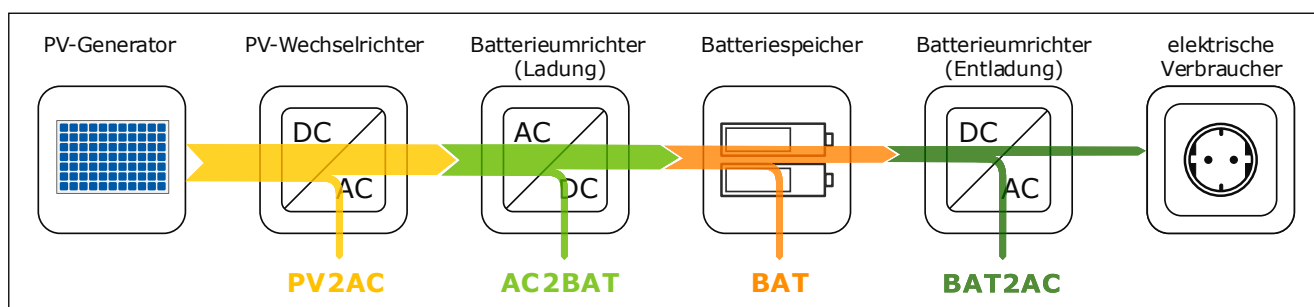


Bild 1: Umwandlungsverluste in AC gekoppelten Batteriespeichern<sup>4)</sup>

Quelle: HTW Berlin<sup>4)</sup>

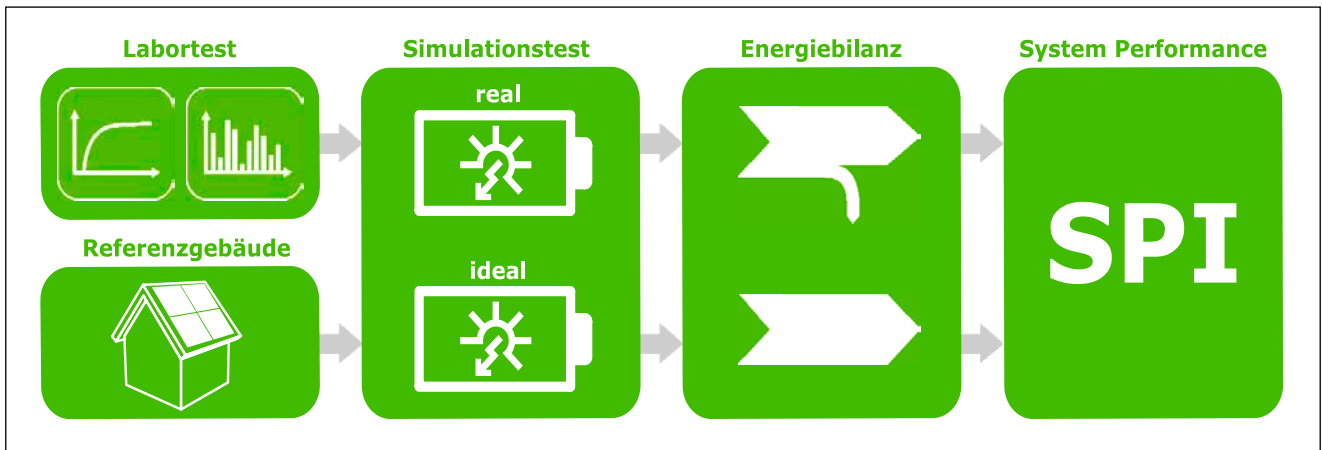


Bild 2: Vereinfachtes Blockdiagramm zur simulationsbasierten Systembewertung mit dem System Performance-Index <sup>3)4)</sup>

der Batterie angegeben. Dieser liegt oft über 95%. Abgesehen davon, dass die Batterie häufig außerhalb ihres optimalen Betriebspunktes arbeitet, ergeben sich größere Verluste in anderen Systemkomponenten. Interessanter als die Verluste in der Batterie, ist die Summe aller im Speichersystem auftretenden Verluste – die sogenannten Systemverluste. Diese setzen sich u.a. aus Umwandlungsverlusten, siehe Bild 1, und Regelträgheiten sowie Stand-By-Verlusten zusammen. Besonders die Stand-By-Verluste haben bei den ersten Speichersystemen die Vorteile völlig aufgehoben. Ein Speichersystem mit einem Stand-By-Verbrauch von 15 W benötigt im Jahr 130 kWh. Dies entspricht, bei einem Bezugspreis von 0,3 €/kWh, 40 € im Jahr. Unter Berücksichtigung anderer Betriebsmodi wie „Leerlauf“, die eine höhere Leistungsaufnahme zur Folge haben, steigt der Betrag noch weiter an. Es kann deshalb festgehalten werden, dass die Verluste in den Wandlungspfaden und der Stand-By-Verbrauch mehr Einfluss auf die Performance eines Speichersystems haben, als einige Prozent Unterschiede im Batteriewirkungsgrad.

Da es selbst Experten schwer fällt mit genauen Angaben zu den Pfad-Wirkungsgraden und Regelträgheiten Aussagen zu treffen, welchen Einfluss diese auf den eigentlichen Betrieb der Systeme haben, wurde im „Effizienzleitfaden für PV-Batteriesysteme“ die Grundlage für den Speicher-Performance-Index gelegt. In der SPI-Kennzahl werden sämtliche Energieverlustmechanismen von PV-Batteriespeichersystemen berücksichtigt. Dabei wird die durch das PV-Batteriesystem realisierte Kosteneinsparung mit dem theoretisch möglichen Einsparungspotenzial ins Verhältnis gesetzt. So wurde eine Vergleichskennzahl geschaffen, anhand derer sich Interessierte, ähnlich dem Verbrauchskennwert eines Fahr-

zeugs, orientieren können. Die wesentliche Einschränkung liegt im individuellen Last- und Erzeugungsprofil des Speichernutzers. Hier liegt die Schwäche der Kennzahl. Weicht dieses zu stark vom für die SPI-Bestimmung zugrunde gelegten Last- und Erzeugungsprofil ab, kann es im Betrieb zu Ergebnissen kommen, die den angegebene SPI nicht widerspiegeln. Als Vergleichsgröße schafft es der SPI jedoch im Sinne des Verbraucherschutzes, die komplexen Systeme vergleichbar zu machen.

### Allein die Zellchemie gibt keinen Aufschluss über die Sicherheit.

Bei Bleibatterien liegt das Risiko eines sicherheitsrelevanten Zwischenfalls vor allem in der elektrischen Installation und den hohen möglichen Strömen in Batterieanlagen. Des Weiteren müssen Lüftungsanforderungen eingehalten werden, um eine zu hohe Wasserstoffkonzentration und die damit einhergehenden Gefahren zu unterbinden. Auch der Umgang mit Schwefelsäure bei Zellen mit flüssigem Elektrolyten erfordert entsprechende Sicherheitsmaßnahmen. Bei Li-Ionen-Batterien liegt die Gefahr in der chemisch gebundenen Energie und einer möglichen exothermen Reaktion. Grundsätzlich ist das Risiko eines Brandes eines gut designten Li-Ionen-Batteriesystems als gering einzustufen. Wie ernsthaft ein Hersteller sich bemüht, seine Systeme sicher zu machen, kann durch entsprechende Konformitätserklärungen und Nachweise beurteilt werden. Es sollten nur Li-Ionen-Speichersysteme eingesetzt werden, die sich konform zum „Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Heimspeicher“ oder zur VDE AR 2510-50 verhalten. Planende und Installierende sollten bei der Auswahl eines Speichersystems prüfen, ob der Hersteller eine entsprechende Erklärung oder besser über ein entsprechendes Prüfzertifikat eines Prüf-

labors verfügt. Werden die entsprechenden Anforderungen eingehalten, kann von einem sicheren System ausgegangen werden.

### Nachrüstbarkeit

Besteht die Möglichkeit, dass eine Erweiterung der Speicherkapazität innerhalb der Betriebszeit des Speichers nötig oder gewünscht wird, sollte diese bereits bei der Planung und Produktauswahl berücksichtigt werden. Batteriemodule (neu und bereits in Betrieb) können oft nicht ohne weiteres zusammengeschaltet werden. Die Möglichkeit und in welchem Zeitraum diese umgesetzt werden können, sollten mit dem Hersteller oder den Installierenden besprochen werden. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass es nach einem halben Jahr Betriebszeit schwierig wird, die Kapazität aufzustocken. Je länger der Speicher in Betrieb ist, desto schwieriger wird es.

### Fußnoten

- 1) TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, TÜV Rheinland LGA und Products GmbH, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung
- 2) [www.speichersicherheit.de](http://www.speichersicherheit.de)
- 3) <https://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/Stromspeicher-Inspektion-2018.pdf>
- 4) [https://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/2017/03/WENIGER-2017\\_03-Vergleich-verschiedener-Kennzahlen-zur-Bewertung-der-energetischen-Performance-von-PV-Batteriesystemen.pdf](https://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/2017/03/WENIGER-2017_03-Vergleich-verschiedener-Kennzahlen-zur-Bewertung-der-energetischen-Performance-von-PV-Batteriesystemen.pdf)

### ZUM AUTOR:

► Kevin Gajkowski  
Projektingenieur

kg@dgs-berlin.de