

# FLEXIBEL UND LANGLEBIG, EFFIZIENT UND SICHER

## UNTERNEHMEN ENTWICKELN BATTERIESPEICHER MIT INTEGRIERTEM WECHSELRICHTER

Den eigenen Solarstrom zu Hause zu speichern, ist heute Standard. Wurden 2014 in Deutschland 10.000 Geräte installiert, waren es nach Angaben des Bundesverbands Solarwirtschaft im vergangenen Jahr fast 600.000 – vornehmlich in privaten Wohnhäusern. Technisch durchgesetzt haben sich Batterien aus Lithium-Ionen-Zellen. Ihre Speicherdichte ist hoch, ihr Gewicht gering. Innerhalb kurzer Zeit sind kompakte Geräte mit hoher Speicherkapazität auf den Markt gekommen. Die zunehmende Massenfertigung der Batteriezellen hat die Kosten gesenkt und ließ die Preise für Zellen abschmelzen.

Zu Ende entwickelt sind Speichersysteme aus Lithium-Ionen-Zellen aber noch lange nicht. Im Gegenteil: Gewisse Schwächen der Systeme bestehen fort, weil ihre Bauweise nicht verändert wurde. Üblich ist, dass mehrere Speicherzellen in Reihe geschaltet werden – ähnlich den Solarzellen in Modulen. Mehrere solcher Speichermodule können in einem Gerät stecken und sind wiederum in Reihe geschaltet. Ein zentraler Wechselrichter wird mit dem Speicher verbunden – ebenfalls analog zu Photovoltaikanlagen. Er steuert den Lade- und Entladevorgang und kann Gleichstrom zu Wechselstrom wandeln.

### Reihenschaltung von Batteriezellen mit Nachteilen verbunden

Dieses Konzept birgt Nachteile. Punkt 1: In einer Reihenschaltung bestimmt die schwächste Zelle die elektrischen Parameter aller anderen. Deswegen sollten die einzelnen Zellen dieselben Kennwerte haben. Aber im Betrieb verändern sich die elektrischen Eigenschaften jeder Zelle. Verringern sich Spannung oder Kapazität einer Zelle stärker, können auch die anderen Zellen nicht mehr ihr volles Potenzial ausschöpfen und somit weniger Strom speichern. Ein Batteriemanagementsystem (BMS) im Speicher sorgt zwar dafür, dass die Zellen möglichst gleichmäßig ge- und entladen wer-

den. Gegen die individuellen Alterungsprozesse jeder Zelle kann das BMS aber nichts ausrichten.

Punkt 2: Ein zentraler Wechselrichter senkt die Effizienz des Systems stärker, als es sein muss. Ein Gerät arbeitet nicht mit einem fixen Wirkungsgrad. Sondern dieser hängt von der Höhe der Eingangsspannung ab, die der Speicher liefert. Die Ausgangsspannung ist hingegen normiert – sie beträgt 230 Volt. Je näher nun Eingangsspannung und Ausgangsspannung beieinander liegen, desto verlustärmer läuft die Wandlung.

Punkt 3: Damit Lithium-Speicherzellen sicher betrieben werden können, kontrolliert das BMS die Spannung und die Temperatur der Zellen. Besteht Gefahr, dass sich eine Batteriezelle überhitzt oder Spannungsgrenzen verletzt werden, schaltet es das System ab. Gleichwohl schützt ein BMS nicht in jedem Fall – in den vergangenen Jahren ist es aus verschiedenen Gründen zu Bränden von Heimspeichern gekommen.

### Multi-Level-Umrichter für mehr Effizienz, Lebensdauer, Flexibilität

Die genannten Schwächen lassen sich nicht völlig abstellen, aber weiter reduzieren. Die sogenannte Multi-Level-Umrichter-Technologie verspricht eine längere Lebensdauer, höhere Effizienz, mehr Flexibilität bei der Nutzung von Batteriespeichern und mehr Sicherheit im Betrieb.

Wie der Name vermuten lässt, gibt es bei Batteriespeichern mit Multi-Level-Umrichtern keinen zentralen Wechselrichter. Vielmehr wird die Leistungselektronik in die Batterie verlagert. Der Speicher stellt eingespeicherte Energie direkt in Form von Wechselstrom bereit. Ein solches Gerät lässt sich damit zu jeder bestehenden PV-Anlage nachrüsten; in neuen Anlagen ist es mit jedem Solarwechselrichter kompatibel. Für den bidirektionalen Betrieb am öffentlichen Stromnetz eignet sich das System ebenso, da der Stromzähler zwischen Speicher und Netzanschluss sitzt und die Stromflüsse aus dem und in das Netz erfassen kann.

Verschiedene Firmen arbeiten an solchen Speichern. Es lassen sich zwei Gruppen unterscheiden: Entweder wird die Leistungselektronik auf Modulebene verankert. Die Zellen im Modul werden aber weiter in Reihe geschaltet. Oder jede Zelle bekommt ihre eigene Leistungselektronik und ist völlig unabhängig von allen anderen Zellen im System.

### Verteilte Leistungselektronik auf Modulebene der Batterie

Befindet sich die Leistungselektronik auf Modulebene, bekommt jedes Batteriemodul eigene Leistungshalbleiter, die die elektrische Spannung modulieren. Die einzelnen Modulspannungen ergänzen sich dabei zur gewünschten Zielspannung der ganzen Batterie. Wie sich die Leistungshalbleiter zu verhalten haben, damit die Zielspannung eine Sinusform annimmt, bestimmt eine Steuerungseinheit in jedem Modul im Zusammenspiel mit einer übergeordneten Steuerung. Ein Batteriemanagementsystem auf Modulebene überwacht weiterhin alle Zellen einzeln.

Somit bedingen die einzelnen Module einander nicht elektrisch und lassen sich auswechseln. Es können Module mit Zellen unterschiedlicher Eigenschaften verwendet werden; innerhalb eines Moduls sollten sie sich aber gleichen. Da auf Modulebene mit kleinerer Spannung gearbeitet wird, können Leistungshalbleiter und magnetische Bauteile verwendet werden, mit denen sich eine höhere Effizienz erreicht lässt. Dafür braucht es für die verteilte Elektronik mehr Halbleiter. Stellt das BMS bei einer Zelle einen kritischen Zustand fest, kann das ganze Modul bei ausreichenden Reserven überbrückt werden, während die anderen Module weiterarbeiten. Das erhöht die Sicherheit des Systems.

Am Markt sind seit 2022 die einphasigen Batteriespeicher von Sax Power mit bis zu 7,7 Kilowattstunden Speicherkapazität, gedacht für Eigenheimbesitzer, die mehr eigenen Solarstrom zu Hause nutzen wollen. Ein anderer Anbieter ist

STABL Energy. Das Unternehmen konzentriert sich auf Gewerbekunden.

### Leistungselektronik für jede Batteriezelle

Bekommt jede Speicherzelle ihre eigene Leistungselektronik, bedeutet das ein Maximum an Leistungshalbleitern. Die Zielspannung setzt sich hier aus noch mehr einzelnen Teilen zusammen als bei einem Multi-Level-Umrichter auf Modulebene. Angesteuert werden die Halbleiter einer Zelle durch eine zentrale Steuerungseinheit, die auch das Batteriemanagementsystem beinhaltet. Eine einzelne Zelle in kritischem Zustand kann durch diese verteilte Elektronik überbrückt werden, ohne dass dies das Speichersystem spürbar beeinträchtigt. Eine einzelne defekte Zelle kann auch ausgetauscht werden, wenn der Hersteller das vorsieht.

Bei gleichen Kosten wie bei einem zentralen Umrichter lassen sich Kostenvorteile durch niedrigere Kosten beim Einkauf der Zellen erreichen. Die Zellen bestimmen bei Systemen über 100 Kilowattstunden Speicherkapazität immerhin zu 60 bis 80 % die Kosten für einen Batteriespeicher. Sind sie elektrisch nicht einfach in Reihe geschaltet, brauchen sie nicht in ihren elektrischen Eigenschaften übereinzustimmen. „Wir können mit Zellen arbeiten, die zurzeit statt 50 Euro bloß 40 Euro pro Kilowattstunde kosten, weil sie höhere Kapazitätstoleranzen haben“, sagt Gerold Schulze, geschäftsführender Gesellschafter der Firma p&te power & energy.

p&te gehört zu den Firmen, die Batteriespeicher mit Leistungselektronik auf Zellebene entwickeln. Gerade hat sie zur Messe The Smarter E einen Prototypen mit bis zu 1.500 Volt Ausgangsspannung vorgestellt. Da es keinen zentralen Wechselrichter mit begrenzter Eingangs- und Ausgangsspannung gibt, lässt sich ein Batteriespeicher mit maßgeschneiderter Spannung und Leistung bauen. Ein solches Gerät eignet sich auch, um Schiffe und Nutzfahrzeuge anzutreiben, oder Elektrolyseure und Brennstoffzellen bei schnellen Lastwechseln zu unterstützen, wenn es gerade nicht genügend Wind- oder Sonnenstrom gibt.

Ein anderer Hersteller der Multi-Level-Technologie, der bereits IEC-zertifizierte Systeme auf Zellebene anbietet, ist die australische Firma Relectrify.

### Nachweise für längere Lebensdauer

Bis heute ist unklar, welche Lebensdauer Batteriespeicher aus Lithium-Ionen-Zellen haben. Die Hersteller halten sich mit detaillierten Erfahrungswerten zurück. Auf Datenblättern geben sie häu-

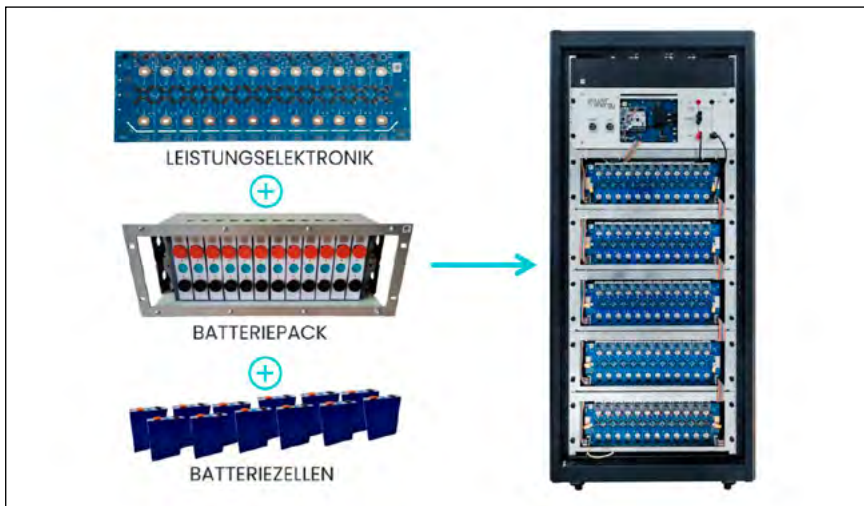


Bild 1: Zwölf Batteriezellen bilden bei p&te ein Modul. Die Platine mit der Leistungselektronik für jede Zelle wird vorgeschaltet. Elf Module bedeuten eine Speicherkapazität von 18 kWh

fig die Zyklenfestigkeit an, also die Zahl der Lade- und Entladevorgänge, die ein Speicher absolvieren kann. Gute Systeme am Markt weisen eine Zyklenzahl auf, die einen Speicherbetrieb mit Solarstrom über 20 Jahre bei 250 Zyklen im Jahr erlauben. Steigt die Anzahl der Ladezyklen, etwa im Zusammenspiel mit dynamischen Stromtarifen, kann sich dies anders darstellen.

Angaben zum zweiten Alterungsmechanismus bei Speicherzellen – der kalendrischen Alterung – sind dagegen rar. Gemeint ist damit, dass Materialien in der Zelle ihre Funktion zunehmend schlechter erfüllen. Die Temperatur, der die Zellen ausgesetzt sind, spielt dabei eine entscheidende Rolle. Sie sollte stabil sein: bei den heute gängigen Batterien aus Lithium-Eisenphosphat-Zellen mit Graphitanode (LFP/C) nicht über 25 °C liegen, aber im Ladebetrieb nicht unter 20 °C fallen. Die Batterie sollte nicht längere Zeit vollgeladen bleiben.

Unabhängige Tests zur Alterung gibt es kaum, von 2016 bis 2022 lief einer am ITP Renewables' Battery Test Centre in Australien. Die Speicher, die zwischen 2.000 und 3.000 Ladezyklen absolviert hatten, verfügten noch über 75 bis 79 %

ihrer ursprünglichen Speicherkapazität. Seither wurde die Haltbarkeit der Batteriezellen aber gesteigert.

Wenn Anbieter von Batteriespeichern mit Multi-Level-Umrichter sagen, ihre Systeme erreichen eine längere Lebensdauer, so verfügen sie ebenso wenig über unabhängige Langzeittests, sondern berufen sich auf die Physik. Da Zellen oder Module individuell gesteuert werden, können starke Zellen oder Module länger stark bleiben. Das Risiko, dass die schwächste Batteriezelle die Gesamtleistung des Systems bestimmt, ist kleiner.

### Weitere Informationen:

- [storage.googleapis.com/itp-renewables-website/documents/Battlab\\_Report\\_12\\_Final.pdf](https://storage.googleapis.com/itp-renewables-website/documents/Battlab_Report_12_Final.pdf)
- [p-and-e.com](http://p-and-e.com)
- [relectrify.com](http://relectrify.com)
- [sax-power.net](http://sax-power.net)
- [stabl.com](http://stabl.com)

### ZUR AUTORIN:

► Ines Rutschmann  
Freie Journalistin und Energieeffizienz-expertin für Wohngebäude  
[info@inesrutschmann.de](mailto:info@inesrutschmann.de)

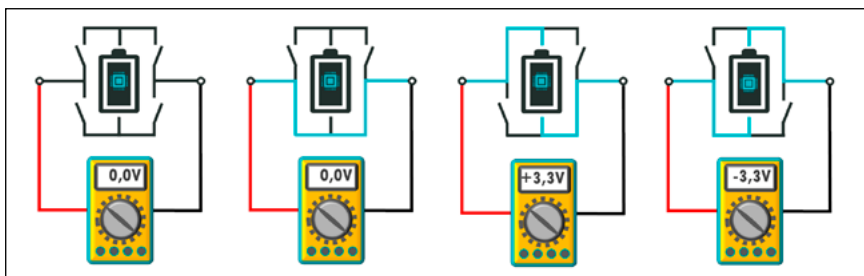


Bild 2: Jede Speicherzelle verfügt über vier Leistungshalbleiter in Form einer H-Brücke. Von links nach rechts sind ihre möglichen Zustände dargestellt: Die Stufe ist spannungsfrei; der Strom wird an der Zelle vorbeigeführt, am Ausgang der Stufe liegen eine positive und eine negative Spannung an

Grafik: p&te power & energy GmbH

Grafik: p&te power & energy GmbH