



# Speichertechnologien

Schwerpunkt Photovoltaik



# Speichertechnologien 2014

Technologien | Anwendungsbereiche | Anbieter

DCTI

Deutsches CleanTech Institut



---

DCTI

[Speichertechnologien 2014](#)

Mai 2014

ISBN 978-3-942292-20-7 | © DCTI 2014

Das vorliegende Werk ist insgesamt sowie hinsichtlich seiner Bestandteile (Text, Grafik, Bilder und Layout) urheberrechtlich geschützt. Die teilnehmenden Unternehmen zeichnen für ihre Anzeigen und Beiträge selbst verantwortlich. Die Rechte an den Anzeigen und Beiträgen – und, soweit nicht abweichend bezeichnet, die Rechte an Grafiken und Bildmaterial – liegen ebenfalls bei den Unternehmen bzw. den Urhebern der jeweiligen Werke.

---

# Speichertechnologien 2014

Technologien | Anwendungsbereiche | Anbieter

DCTI

Deutsches CleanTech Institut

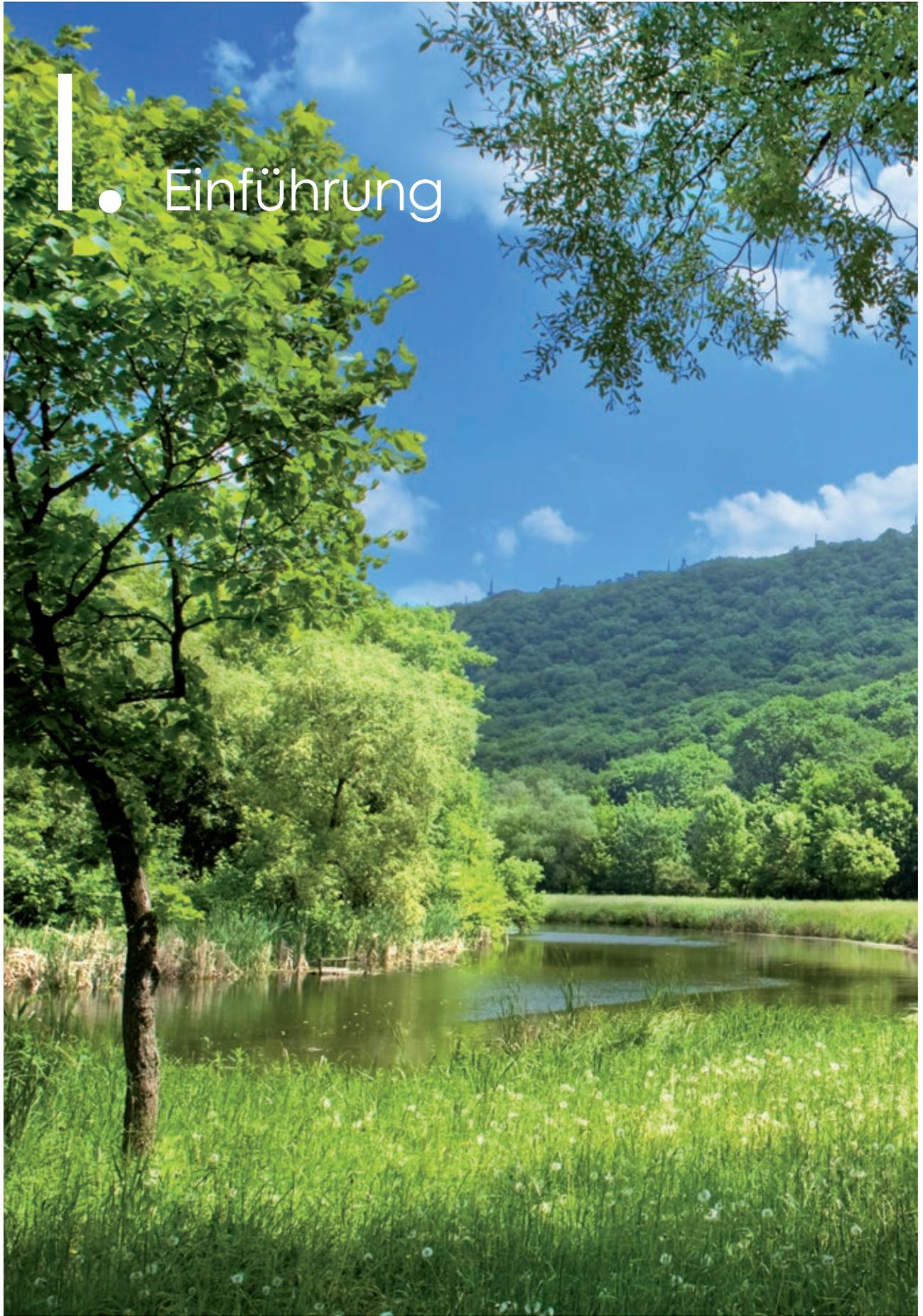
# Gliederung

## Gliederung

I.	Einführung	6
II.	Funktionsprinzip und Aufgaben von Speichern	10
II.1	Netzgeführter Einsatz	12
II.2	Verbrauchsgesteuerter Speichereinsatz	15
III.	Technologien	16
III.1	Kenngroßen von Speichern	18
III.2	Mechanische Speicher	22
III.2.1	Pumpspeicher	22
III.2.2	Druckluftspeicher	23
III.2.3	Schwungmassenspeicher	25
III.3	Elektrochemische Speicher	25
III.3.1	Akkumulatoren	26
III.3.2	Hochtemperatur-Batterien	31
III.3.3	Redox-flow-Akkumulator	32
III.3.4	Metall-Luft-Akkumulator	33
III.3.5	Chemische Speicher – Wasserstoff / Methan	33
III.4	Elektrische Speicher	34
III.4.1	Supraleitende magnetische Energiespeicher	34
III.4.2	Doppelschichtkondensatoren	35
IV.	Speicher- und Anwendungsklassen	36
IV.1	Speicherzeit	37
IV.2	Nicht-stationäre Speicher	38
IV.3	Stationäre Speicher	39
IV.3.1	Zentral	39
IV.3.2	Dezentral / Lokal / Off-Grid	40
V.	Speicher für Photovoltaikanlagen	42
V.1	Funktionsprinzip	47
V.2	Förderung & Wirtschaftlichkeit	52
V.2.1	Förderprogramme für Solarspeicher	52
V.2.2	Rendite und Wirtschaftlichkeit	55
V.2.3	Speichervermarktung im Markt für Regelenergie	60

---

V.3	Sicherheit	61
V.4	Rechtlicher Rahmen	62
V.5	Garantie und Gewährleistung	63
V.6	Recycling	63
VI.	Absatzmärkte für Stromspeicher	66
VII.	Stromspeicher als Baustein der Energiewende – ein Ausblick	71
VIII.	Verzeichnisse	74
VIII.1	Literaturverzeichnis	74
VIII.2	Abbildungsverzeichnis	77
VIII.3	Bildverzeichnis	78
IX.	Experteninterview mit Germany Trade & Invest	80
X.	Unternehmensverzeichnis	84
XI.	Unternehmensvorstellungen	86
XII.	Impressum	109



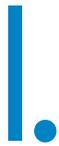
# 1. Einführung



## I. Einführung

Mit dem Voranschreiten der Energiewende auf nationaler und internationaler Ebene gewinnt das Thema Energiespeicherung an Bedeutung, da Energieerzeugung und -verbrauch sich zunehmend entkoppeln. Bis 2025 strebt die Bundesregierung einen Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung von 40 bis 45 Prozent an, zehn Jahre später sollen regenerative Energien bereits 55 bis 60 Prozent des deutschen Bruttostromverbrauchs decken. Dies bedeutet gegenüber dem aktuellen Stand - 2013 lag in Deutschland der Beitrag der regenerativen Energiequellen zur Bruttostromerzeugung nach Schätzungen der AG Energiebilanzen bei rund 24 Prozent – einen deutlichen Anstieg, dem die auf zentrale Erzeugungseinheiten ausgelegte Energieinfrastruktur nicht gewachsen ist [AGEB: 2014, S. 1]. Neben dem Aus- und Umbau der Stromnetze zu intelligenten und an die veränderte Erzeugungsrealität angepassten Netzen, der verstärkten Nutzung von Instrumenten zur Nachfragesteuerung und der Umstrukturierung des Kraftwerksparks bilden Speichertechnologien die vierte Säule der Energiewende, welche das Energiesystem mit der benötigten Flexibilität ausstatten kann. Speicher sind in der Lage, das Stromangebot zeitlich zu verlagern und so mit der Nachfrage in Einklang zu bringen. Außerdem können sie Regelenergieleistung bereitstellen und damit Frequenz und Höhe der Spannung im Stromnetz stabilisieren.

Die erste Auflage des „Branchenfürers Speichertechnologien“ erschien im Mai 2013, zeitgleich mit der deutschlandweiten Einführung eines Förderprogramms für Batteriespeicher, das in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage genutzt werden kann. Im vergangenen Jahr wurden insgesamt rund 5.000 Speichersysteme, die ihren Strom von einer Solaranlage beziehen, in Deutschland neu installiert, darunter bis Ende November 2013 2.300 Systeme, welche die Förderung der KfW beziehen. Damit nimmt Deutschland - wie bereits mit dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz bei der Nutzung regenerativer Energien - auch im Bereich der Marktentwicklung für neue Speichertechnologien und -anwendungsbereiche eine Vorreiterrolle im weltweiten Vergleich ein. Schon jetzt steht fest, dass die Förderung 2014 fortgeführt wird und nach derzeitigem Stand bis Ende 2015 befristet ist.



# Einführung

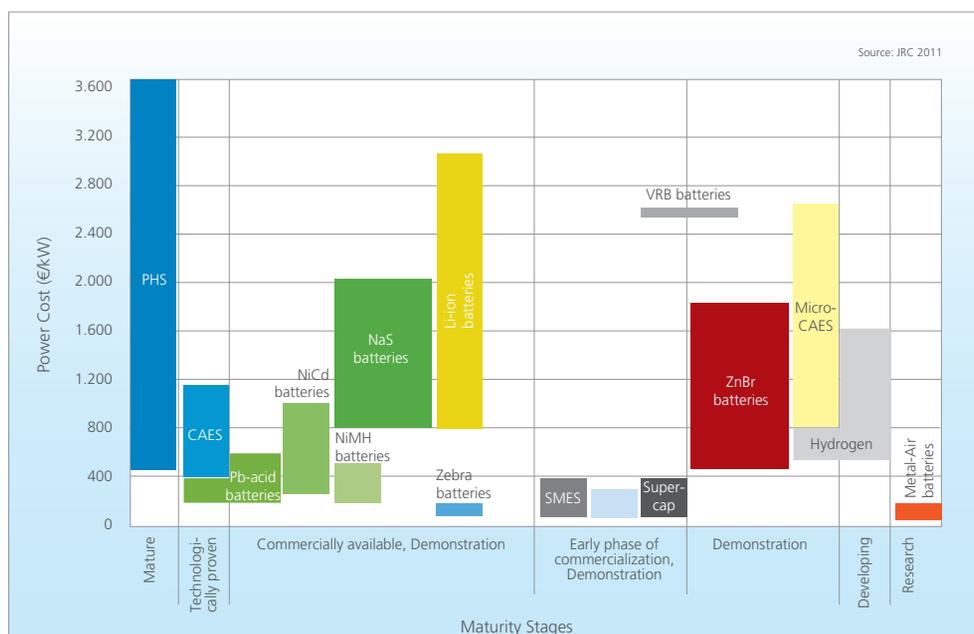
## Einführung

Auch andere Staaten räumen dem Thema Stromspeicher mehr politischen Raum ein. So hat Kalifornien im Herbst vergangenen Jahres mit einer Zubauverpflichtung von Speichern deutlich gemacht, dass diesen in Zukunft eine größere Rolle im Energiesystem zukommen soll und weitere Staaten wie beispielsweise Japan und Italien bereiten derzeit den regulativen Rahmen für eine stärkere Nutzung und Einbindung von Speichern politisch vor.

Fand Stromspeicherung in der Vergangenheit vor allem in zentralen (Pump-)Speichern statt, ist derzeit bei den Speichertechnologien ein starker Trend hin zur Nutzung in mobilen und dezentralen Anwendungsbereichen zu beobachten. Elektromobilität und die Einbindung von Speichern in kleinere, lokale Erzeugungseinheiten, die erneuerbare Energiequellen nutzen, führen dazu, dass sich die Aufgaben und die Anforderungen an die Stromspeicher wandeln und die Entwicklungsabteilungen der Unternehmen und die Forschungseinrichtungen auf diese neuen Herausforderungen und Nutzungsbereiche reagieren müssen.

Während beispielsweise Pumpspeicher als erprobte Technologie gelten, die bereits seit langem erfolgreich eingesetzt wird, befindet sich eine Vielzahl an elektrochemischen und elektrischen Speicherkonzepten noch in der Entwicklungsphase beziehungsweise durchschreitet die Demonstrationsphase, die den kommerziellen Markteintritt vorbereitet. Die folgende Grafik 1 bietet einen Überblick über den Reifegrad der verschiedenen Technologien und die derzeitige Kostenspanne umgelegt auf die elektrische Leistung.

< Grafik 1 Kosten und Marktreife ausgewählter Speichertechnologien im Vergleich

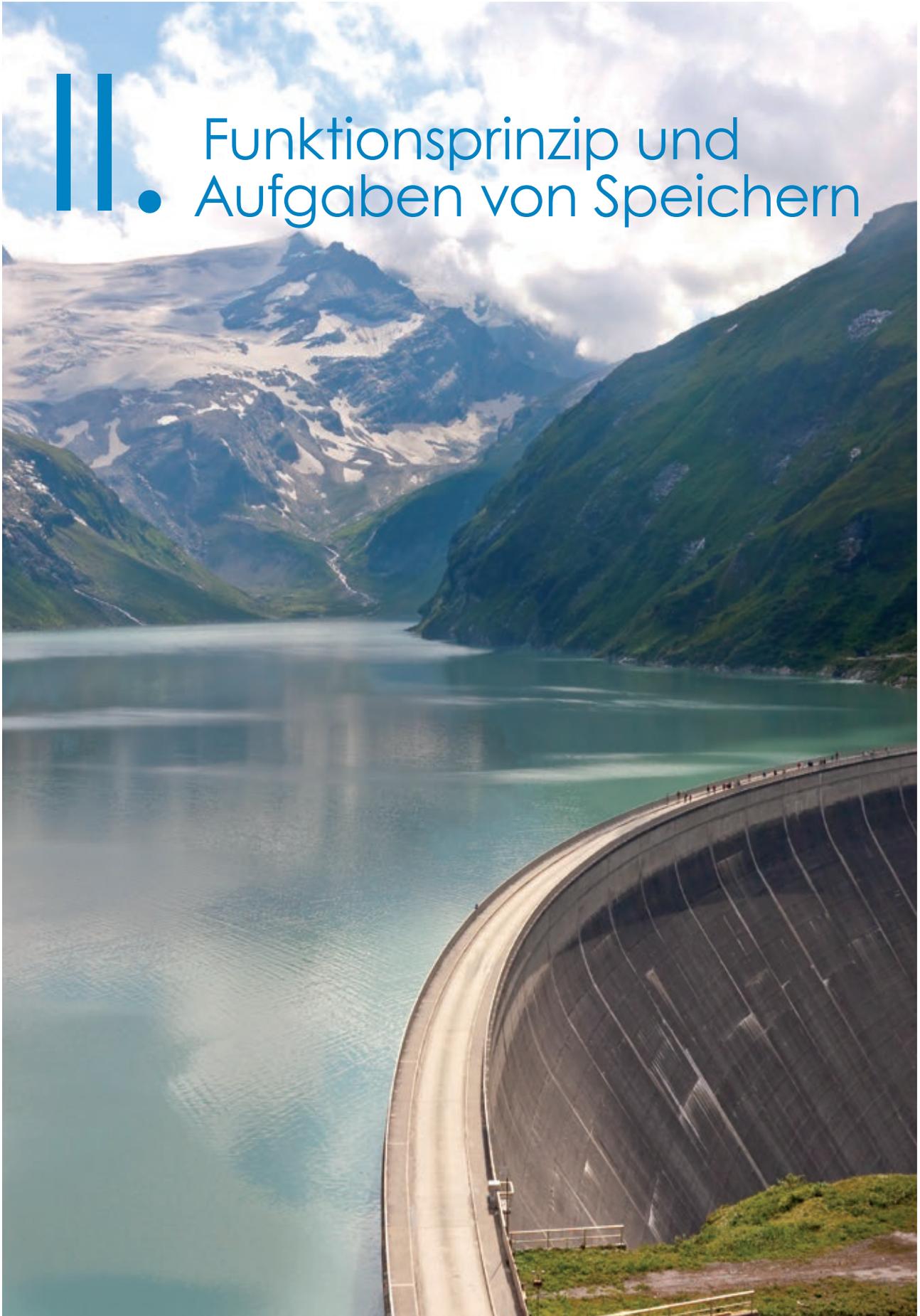


Batteriehersteller, Großhändler, Wechselrichterhersteller und Installateure erkennen verstärkt das Marktpotential von dezentralen Speicherlösungen, die im Verbund mit erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen wie Photovoltaiksystemen genutzt werden. Auf Anbieterseite lassen sich derzeit verstärkt Kooperationen und die Aufnahme neuer Speicherangebote in die Produktportfolios beobachten. Für den Einsatz mit Photovoltaikanlagen werden vor allem Lithium-Ionen-Akkumulatoren und Blei-Batterien angeboten und gegenüber dem Vorjahr ist die Angebotsvielfalt deutlich gewachsen, so dass interessierten Kunden eine breite Produktpalette mit entsprechenden Lösungen für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen zur Verfügung steht. Bereits zwei von drei deutschen Installateuren bieten derzeit laut einer Befragung des Marktforschers EuPD Research bereits Speichersysteme an.

Anders als bei der Verschiebung von Nachfragelasten durch Preissignale findet bei Speichern eine Verlagerung des Energieangebots auf der Zeitachse statt. Die Speicherdauer kann dabei auf sehr kurze Zyklen (zum Beispiel bei Pump- und Batteriespeichern) ausgelegt sein, aber auch die Langzeitspeicherung von Energie beispielsweise über die Umwandlung von Strom in Methan, das ins Erdgasnetz eingebracht wird, ist möglich. Da der Wirkungsgrad bei der Langzeitspeicherung relativ niedrig ausfällt, dürften solche chemischen Speicher für den Ausgleich saisonaler Schwankungen erst dann wirtschaftlich interessant werden, wenn der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung den oberen zweistelligen Bereich erreicht.

Ziel dieser Veröffentlichung ist es, die Bandbreite der derzeit bekannten Technologien und mögliche Anwendungsbereiche aufzuzeigen. Wengleich technisch machbar, ist für viele Spielarten der Speichertechnologien zum heutigen Stand noch kein wirtschaftlich tragfähiger Einsatz möglich. Der Schwerpunkt liegt daher auf den Bereichen, die heute bereits im Projektgeschäft mit entsprechenden Renditeerwartungen zum Einsatz kommen. Neben zentralen Großprojekten beispielsweise in Form von Pumpspeicherkraftwerken gewinnen auch die Märkte für mobile Speicher durch den Einsatz in Elektrofahrzeugen und für dezentral-stationäre Speicher, wie sie zunehmend für Besitzer von Photovoltaikanlagen interessant werden, an Bedeutung. Mit dem Erreichen der Netzparität für Solarstrom auf Verbraucherebene steigt der Anreiz, den Anteil des Eigenverbrauchs mit Hilfe von Speicherlösungen zu steigern, da die Stromgestehungskosten für den selbst erzeugten Strom unter den Bezugskosten für Strom beim Energieversorger liegen.

# II Funktionsprinzip und Aufgaben von Speichern





## II. Funktionsprinzip und Aufgaben von Speichern

Speicher sind mit einer Steuerungseinheit verbunden, welche nach festgelegten Regeln Be- und Entladevorgänge auslöst. Die Optimierung des Speicherbetriebs kann dabei sowohl nach netzgeführten als auch nach verbrauchsgesteuerten Kriterien erfolgen. Die Erlösmodelle bei beiden Varianten unterscheiden sich deutlich. Beim netzgeführten Einsatz richten sich die Lade- und Entladephasen an der Situation im Stromnetz aus und es kann zwischen der Bereitstellung von Regelenergie und dem Lastausgleich unterschieden werden. In diesem Fall leisten sie einen Beitrag zur Versorgungssicherheit im Stromnetz und stellen eine Systemdienstleistung zur Verfügung.

Ein typisches Beispiel für eine verbrauchsorientierte Steuerung bildet der Einsatz von Speichern in Photovoltaikanlagen, da die Steuerung hier das Ziel verfolgt, den Eigenverbrauch des selbst erzeugten Stroms zu maximieren. Der Speicher hilft dabei, eine größtmögliche Deckung zwischen dem individuellen Lastprofil und der solaren Erzeugungskurve zu erreichen. Prinzipiell können solche dezentralen Energiespeicher so die Einspeisung in die lokalen Verteilnetze verringern, allerdings bedeutet eine Maximierung des Eigenverbrauchs nicht zwangsläufig auch eine netzverträgliche Betriebsführung. So kann es bei der Eigenverbrauchsoptimierung bei vollen Speichern durchaus auch zu hohen Einspeisespitzen kommen.

Im Energiehandel werden Speicher eingesetzt, um Preisdifferenzen zu nutzen. Dazu wird der Strom in Zeiten mit niedrigem Verbrauch und damit niedrigen Strompreisen gespeichert und zu den sogenannten Peak-Zeiten, in denen eine hohe Nachfrage zu steigenden Strompreisen führt, wieder verkauft. Die Refinanzierung erfolgt über die Preisdifferenz, auch als Spread bezeichnet, zwischen dem Bezugspreis, beziehungsweise den Stromgestehungskosten, und dem Verkaufspreis. Gewinn mindernd wirken sich dabei die Betriebskosten sowie wirkungsgradbedingte Verluste aus, die beim Laden und Entladen auftreten.

# II.

## Funktionsprinzip und Aufgaben von Speichern

### II.1 Netzgeführter Einsatz

Bisher sichert in Deutschland das Zusammenspiel von Grundlast-, Mittellast- und Spitzenlastkraftwerken und die Bereithaltung entsprechender Reserven und Pumpspeicherkraftwerke ein funktionierendes Stromnetz, in dem das Stromangebot zu jedem beliebigen Zeitraum der Stromnachfrage entspricht. Der steigende Anteil regenerativer Energiequellen am Strommix erschwert jedoch zunehmend die Einsatzplanung. Beim Stromangebot aus erneuerbaren Energien lässt sich bei der Windkraft und der Photovoltaik über den Jahresverlauf eine gewisse Regelmäßigkeit im sich ändernden Stromangebot beobachten. Für die Photovoltaik gelten zudem typische Angebotschwankungen, die einem Tag-Nacht-Zyklus unterliegen. Klimatische Faktoren können jedoch dazu führen, dass über mehrere Tage oder Wochen deutliche Abweichungen von den stochastisch zu erwartenden Erträgen auftreten und trotz der weit entwickelten Prognosemodelle unterliegt die Entwicklung von Schlüsselfaktoren wie Sonneneinstrahlung und Windintensität einer Unschärfe. Speicher haben in einem Energiesystem die Aufgaben, Energie zu speichern und zu einem späteren Zeitpunkt direkt oder über das Stromnetz den Verbrauchern zur Verfügung zu stellen. Sie sind in der Lage, unterschiedliche Aufgaben bei der Bereitstellung von Strom zu übernehmen, die sich hinsichtlich der Häufigkeit und der Dauer des Einsatzes unterscheiden lassen. Speicher können Leistung zeitnah abrufbar bereitstellen und so das Stromnetz stützen.

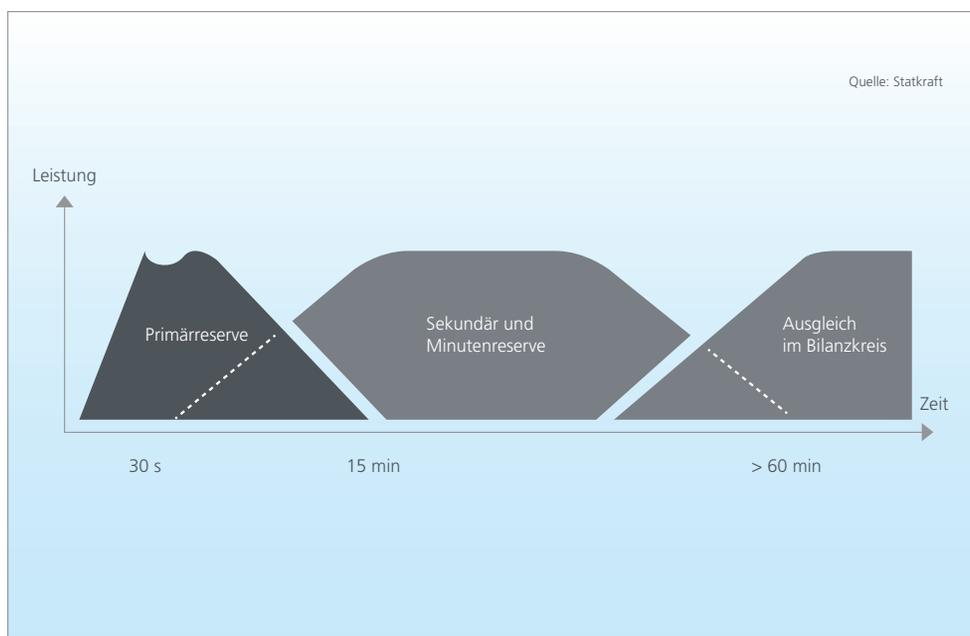
Eine weitere Aufgabe, die Speichern zufällt, ist der Lastausgleich. Dabei werden Abweichungen zwischen Erzeugung und Verbrauch, die nicht in Abweichungen von der Prognose begründet sind, ausgeglichen. Können also Kraftwerke den erforderlichen Strombedarf zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht erzeugen oder überschreitet die Stromerzeugung von Kraftwerken den aktuellen Strombedarf, ohne dass ein Herunterfahren oder Abregeln dieser Kraftwerke möglich wäre, so können Speicher die Funktion des Lastausgleichs übernehmen. Neben dem kurzfristigen Ausgleich von Lastschwankungen, beispielsweise zwischen Tag und Nacht, spielt auch der langfristige Lastausgleich eine Rolle, der beispielsweise saisonale Unterschiede zwischen Sommer und Winter abbildet. Die stärkere Einbindung von Speichern in die Strominfrastruktur kann durch das Abfedern von Lastabweichungen dazu beitragen, den Netzausbaubedarf zu reduzieren. Gleichzeitig sinkt die Fluktuation der Einspeisung und erleichtert damit auch die Fahrplanerstellung für fossile Kraftwerke.

Die Übertragungsnetzbetreiber sind für die Erhaltung der Frequenz in ihren Netzen verantwortlich. Ein Überangebot von elektrischer Leistung bewirkt einen Anstieg der Frequenz. Liegt das Stromangebot zu einem bestimmten Zeitpunkt unterhalb der Stromnachfrage, so sinkt die Frequenz unter die normale Netzfrequenz, die in Europa auf 50 Hz festgelegt ist. Um die Abweichung zu minimieren stellen entsprechende Reserven Regelleistung zur Verfügung. Je nach Reaktionszeit und Dauer der Bereitstellung wird hier zwischen Primär- und Sekundärregelleistung sowie Minutenreserveleistung unterschieden. Die Netzbetreiber halten entsprechende Regelleistungen vor bzw. kaufen diese bei den zugelassenen Anbietern von Regelleistung über eine Internetplattform ein. Unterschieden werden muss hier zwischen positiver und negativer Regelleistung. Positive Regelen-



ergie bedeutet, dass zusätzlicher Strom in die Netze eingespeist wird, bei negativer Regelleistung steht einem hohen Stromangebot eine schwache Nachfrage gegenüber, so dass dem Netz Strom entnommen werden muss, um die Frequenz stabil zu halten. Gerade im Bereich der Sekundärregelleistung und der Minutenreserven bieten mittlerweile mehrere Dienstleister den Betreibern kleinerer Speicher, welche die Mindestvoraussetzungen nicht erfüllen, die zentrale Vermarktung und Teilnahme am Regelleistungsmarkt über einen Pool an.

< Grafik 2 Zeitlicher Ablauf des Einsatzes von Regelennergie



### Primärregelleistung

Bei der Primärregelung findet ein Ausgleich von Leistungsangebot und -nachfrage innerhalb des Verbundnetzes statt. Ziel ist es, eine stabile Netzfrequenz sicherzustellen. Um diese Regelleistung bereitzustellen, liegt die Einsatzhäufigkeit eines Speichers bei mehreren Zyklen pro Tag bzw. pro Stunde. Die Dauer der Leistungsbereitstellung liegt jedoch im Bereich weniger Sekunden oder Minuten. Aufgrund der im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken sehr kurzen Startphase, eignen sich beispielsweise Pumpspeicher, die in ein Pumpspeicherkraftwerk eingebunden sind, für diese Aufgabe. Speicher können dabei eine unterstützende Funktion bei der Primärreglung von Leistung und Frequenz in Netzen übernehmen. Um am Primärregelenergiemarkt teilnehmen zu können beträgt die minimale Leistung, die (auch in Form eines Pools) zur Verfügung gestellt wird, 1 MW und muss spätestens nach 30 Sekunden abrufbar sein. Insgesamt sind in Deutschland derzeit 20 Unternehmen für den Primärregelenergiemarkt präqualifiziert.

# II.

## Funktionsprinzip und Aufgaben von Speichern

### Sekundärregelleistung

Sekundärregelleistung trägt dazu bei, Frequenz und Übergabeleistungen zwischen verschiedenen Regelzonen auf die Sollwerte zu bringen. Ausgelöst werden diese Abweichungen durch den Einsatz der Primärregelleistung. Die Reaktionszeiten sind deutlich länger als bei der Primärregelleistung, so dass vom Erkennen einer Abweichung bis zum endgültigen Ausregeln einige Minuten vergehen können. Die Mindestleistung, die auch als Pool erreicht werden kann, liegt in diesem Markt bei 5 MW. In Deutschland bieten derzeit 25 Anbieter Sekundärregelleistung an.

### Minutenreserveleistung

Wenn die Sekundärregelleistung zum Ausgleich von Leistungsabweichungen nicht ausreicht, übernimmt die Minutenreserveleistung eine unterstützende Funktion. Außerdem stellt sie das freie Sekundärregelband wieder her und trägt damit zum Ausgleich im Bilanzkreis bei. Für die Teilnahme am Markt für Minutenreserve muss mindestens eine Leistung von 5 MW angeboten werden und diese spätestens 15 Minuten nach der Anforderung zur Verfügung stehen. In Deutschland erfüllen derzeit 35 Anbieter die Voraussetzung für die Teilnahme am Markt für Minutenreserveleistung. Auch bei der Minutenreserve gilt, dass die Mindestvorgaben auch durch den Zusammenschluss mehrerer Speicher erfüllt werden können, die jedoch alle in der gleichen Regelzone betrieben werden müssen.

### Spannungserhaltung

Neben der Frequenzerhaltung kommt auch dem Spannungserhalt eine wichtige Rolle bei der Sicherstellung der Versorgung zu. Die Blindleistung von Speichern kann zum Spannungserhalt genutzt werden, Voraussetzung ist jedoch, dass diese den mit dem Übertragungsnetzbetreiber vereinbarten Blindleistungsbereich mehrmals innerhalb von nur wenigen Minuten durchfahren können und die Bereitstellung lokal erfolgt. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn mehrere Speicher in einem Pool zusammengeschlossen werden, um die Mindestanforderungen zu erfüllen.

### Wiederaufbau der Versorgung

Bricht nach größeren Störungen die Stromversorgung zusammen (Blackout), müssen in den Regelzonen der Übertragungsnetzbetreiber ausreichend schwarzstartfähige Erzeugungsanlagen zur Verfügung stehen. Unter den Speichertechnologien kommen hier in erster Linie Pumpspeicherkraftwerke in Frage, die nach der Resynchronisation des Verbundnetzes durch die Bereitstellung von negativer Regelleistung eine zu hohe Frequenz absenken können.

In der Regel werden Investoren den Standort und die Betriebsführung ihres Speichers sowie ihrer Kraftwerke strikt an Kriterien der Wirtschaftlichkeit ausrichten. Für eine stärkere Orientierung an den Bedürfnissen des Stromnetzes müssen diese über entsprechende Anreizsysteme oder Regeln in das Marktdesign eingebunden werden. In diesem Zusammenhang wird auch die Schaffung von sogenannten Kapazitätsmärkten diskutiert. Derzeit lässt sich der deutsche Strommarkt als Energy-



Only-Markt beschreiben, auf dem Strommengen gehandelt und zu Marktpreisen vergütet werden. Beim Kapazitätsmarktdesign erhalten Anlagenbetreiber neben der Vergütung der Stromproduktion auch eine Vergütung dafür, dass sie Kapazitäten vorhalten.

## II.2 Verbrauchsgesteuerter Speichereinsatz

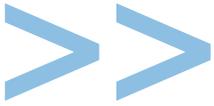
Beim verbrauchsgesteuerten Einsatz von Speichern kommen drei Motivationsfelder ins Spiel. Zum einen können Speicher in Form von Akkumulatoren oder Kondensatoren eine unterbrechungsfreie Stromversorgung sicherstellen, indem sie bei einer Störung im Stromnetz die Verbraucher weiterhin mit Energie versorgen, bis die Störung behoben ist. Solche Systeme finden in erster Linie in kritischen Systemen wie Krankenhäusern, Rechenzentren oder Verkehrsleitstellen Verwendung, wo bereits kurze Stromausfälle schwere Risiken bedeuten können. Steht die unterbrechungsfreie Stromversorgung im Vordergrund, ist der Einsatz des Speichers nur unregelmäßig erforderlich, er muss allerdings abhängig von der Dauer der Versorgungsunterbrechung in der Lage sein, den Strombedarf möglicherweise auch über mehrere Stunden zu decken.

Herstellende Unternehmen mit hohem Strombedarf nutzen Speicherlösungen um teure Leistungsspitzen durch eine Pufferung des Strombezugs zu reduzieren. Bei diesem sogenannten Load Levelling findet ein Ausgleich zwischen Hoch- und Schwachlastzeiten statt. Speicher können dabei mehrere Lade- und Entladephasen pro Tag absolvieren und den Strombedarf im Minuten- und Stundenbereich abdecken. Dies eignet sich für Kunden, die mit ihrem Versorgungsunternehmen einen Vertrag mit Zeittarifen haben oder ihren Strom direkt über die Strombörse beziehen. Sie können mit Hilfe von Speichern die Nachfrage in Spitzenzeiten reduzieren und dadurch Strombezugskosten einsparen.

Ein weiterer verbrauchsgesteuerter Einsatzbereich ist die Steigerung des Eigenverbrauchsanteils von Strom aus dezentralen Energiesystemen wie Photovoltaik- und Kleinwindanlagen. Hier bestimmen das Angebot von selbst erzeugtem Strom und das jeweilige Verbrauchsverhalten die Zyklen des Speichers. Fällt die Stromerzeugung - wie bei Photovoltaikanlagen - vor allem auf die Tages- und Mittagstunden während die Bewohner außer Haus sind, können Speicher den Stromüberschuss aufnehmen und am Abend und in den Morgenstunden wieder bereitstellen. Auf diese Weise lässt sich der Bezug von Haushaltsstrom aus dem öffentlichen Stromnetz reduzieren und damit auch der Autarkiegrad erhöhen. Einen Sonderfall stellen sogenannte Off-grid Systeme dar, bei denen die Kombination von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und einem Speicher die kontinuierliche Stromversorgung in netzfernen Regionen ermöglicht.

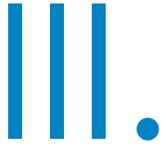
# III. • Technologien





### III. Technologien

Bei den Speichertechnologien lässt sich eine große Bandbreite hinsichtlich der verwendeten Technologien, dem Grad der Marktreife und der jeweiligen Anwendungsgebiete beobachten. Dementsprechend gibt es keine Speichertechnologie, die in allen Belangen überlegen wäre, gleichwohl weisen einzelne Technologien klare Alleinstellungsmerkmale beispielsweise hinsichtlich ihrer Anforderungen an den Standort oder ihrer Einsatzmöglichkeiten als Kurz- oder Langzeitspeicher auf. Unterschiede lassen sich anhand der im Folgenden beschriebenen Kriterien identifizieren.



# Technologien

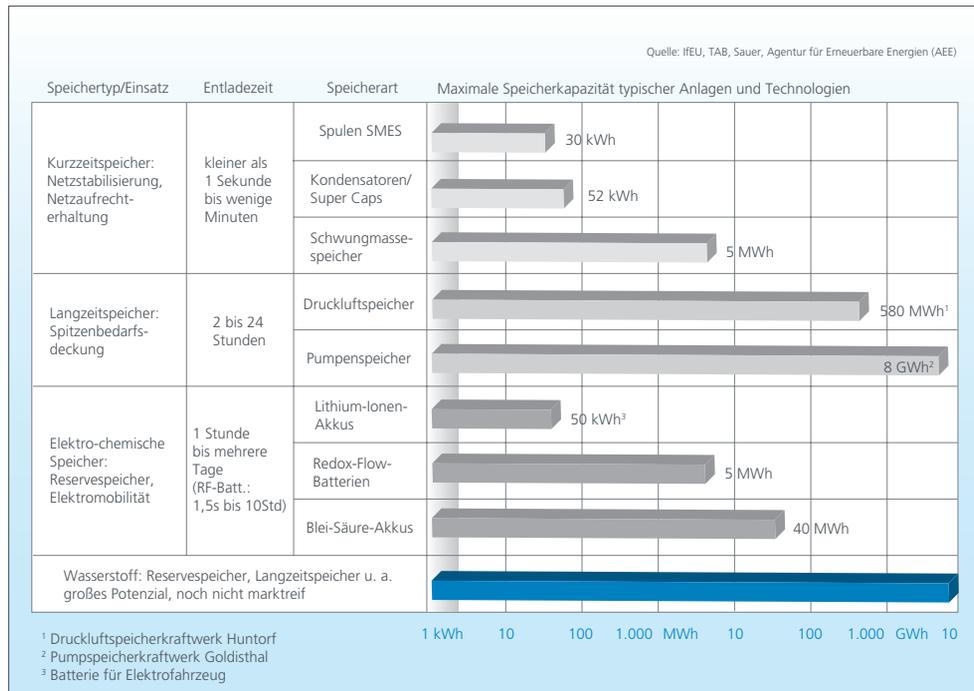
## Technologien

### III.1 Kenngrößen von Speichern

#### Nenn- und Nutzkapazität

Die Kapazität eines Speichers bestimmt, wie viel Strom gemessen in kWh maximal gespeichert werden kann. Die Technologien unterscheiden sich hinsichtlich der derzeit möglichen Speicherkapazitäten. Batteriezellen eignen sich zur modularen Vergrößerung und ermöglichen dadurch den Zusammenschluss in skalierbare Großspeicher. Dadurch lässt sich ein breites Spektrum an Speicherkapazitätsbedarf abdecken. Einige Batteriesysteme lassen sich durch den Einbau weiterer Module erweitern, wenn der Speicherbedarf steigt. Die tatsächliche Nutzkapazität eines Speichers in kWh kann von der Nennkapazität in kWh abweichen und bestimmt sich aus dem Produkt von Nennkapazität und Entladetiefe. Betragen die Nennkapazität eines Stromspeichers beispielsweise 7 kWh und die Entladungstiefe 80 Prozent, so verringert sich die tatsächlich zur Verfügung stehende Nutzkapazität des Speicher auf 5,6 kWh.

< Grafik 3 Typische Speicherkapazität verschiedener Stromspeicher



### Entladetiefe

Bei den meisten Batterietechnologien gelten Grenzen für die Entladetiefe, da Tiefentladung die Batterie beschädigen kann. Typischerweise gilt beispielsweise für Blei-Batterien eine Entladetiefe von rund 50 Prozent und für Lithium-Ionen-Akkumulatoren von 70 bis 100 Prozent. Werden die Vorgaben der Hersteller zur Entladetiefe nicht eingehalten, kann dies die erwartete Entladezyklenzahl deutlich reduzieren.

### Lebensdauer

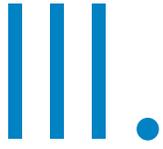
Speicherlösungen verfügen über eine unterschiedliche Lebensdauer in kalendarischer Hinsicht und in Bezug auf die Zahl der Lade- und Entladezyklen. Bei einigen Lösungen (z.B. Schwungmassespeicher / Pumpspeicher) ist die Zyklenzahl nahezu unbegrenzt. Bei den elektrochemischen Systemen hingegen begrenzt die Degradation, d.h. die Verringerung der Kapazität durch Nutzung oder Lagerung, die Zyklenzahl. Bei diesen Batterien hängt die Lebensdauer maßgeblich von den Nutzungs- und Einsatzbedingungen ab. Faktoren wie Tiefentladung, Überladung sowie die Ladegeschwindigkeit können die Lebensdauer beeinflussen. Beim Betrieb in einer Solaranlage durchlaufen Batterien täglich einen vollständigen Zyklus. Nimmt man eine 20-jährige Betriebszeit der Anlage an, entspricht dies rund 7.000 Zyklen. Während einige Lithium-Ionen-Batterien auf diese Zyklenzahl ausgelegt sind, müssen bei Blei-Batteriesystemen die Akkumulatoren innerhalb der Lebensdauer der Solaranlage ausgetauscht werden.

### Energie und Leistung

Bei den einzelnen Technologien unterscheidet sich die erreichbare Energiedichte und damit das Gewicht und Volumen eines Speichers, um eine definierte Leistung bereitzustellen. Dieses Kriterium ist besonders für portable und mobile Anwendungen von Relevanz. Die Energiedichte wird in Wattstunde pro Kilogramm (Wh/kg) gemessen. Leistungsspeicher stellen eine hohe Leistung für einen kurzen Zeitraum bereit und absolvieren dabei in der Regel eine hohe Anzahl von Zyklen. Dem stehen Energiespeicher gegenüber, die typischerweise Energie über einen längeren Zeitraum bereitstellen und nur wenige Zyklen pro Tag oder Jahr absolvieren.

### Wirkungsgrad

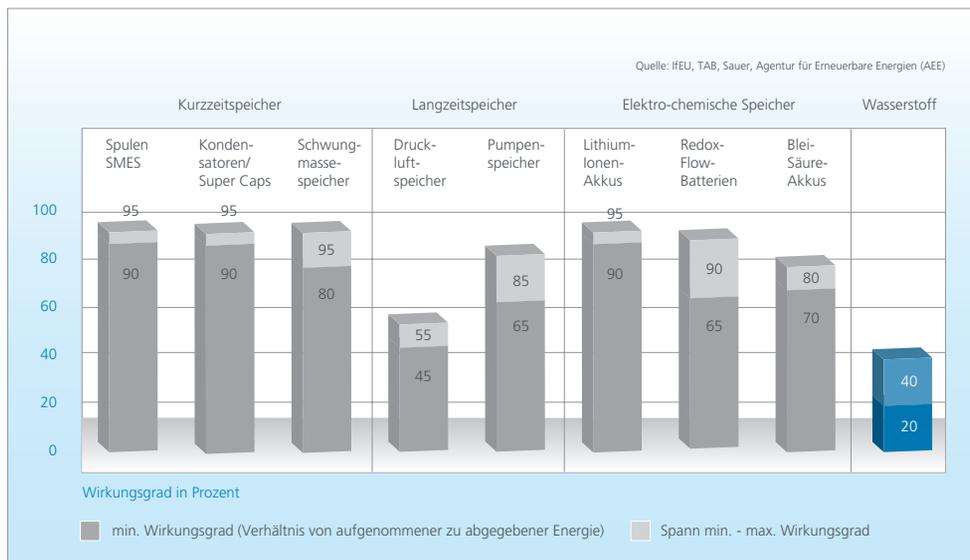
Beim Speichern von Energie kommt es während der Konversion zu Energieverlusten. Auch wenn Energie über einen längeren Zeitraum gelagert werden soll, kommt es bei einigen Technologien zur Selbstentladung und damit zu weiteren Verlusten. Ist der Speicher in eine Photovoltaikanlage eingebunden, so muss zusätzlich zum Wirkungsgrad des Batteriespeichers auch der Wirkungsgrad des Wechselrichters bzw. des Batterieumrichters berücksichtigt werden. Der Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis zwischen zugeführter und entnommener Energie.



# Technologien

## Technologien

< Grafik 4 Wirkungsgrad unterschiedlicher Stromspeichertechnologien



### Zeitspanne für Lade- und Entladevorgang

Die Zeitspanne bis zur effektiven Aufnahme oder Abgabe von Strom fällt bei den jeweiligen Technologien unterschiedlich aus. Kurze Reaktionszeiten sind vor allem für die Sicherung der Netzqualität beziehungsweise im Bereich der unterbrechungsfreien Stromversorgung eine relevante Kenngröße. Für eine schnelle Ladung des Speichers und die Freisetzung hoher Leistung im Verhältnis zur gespeicherten Energiemenge müssen Speicher über eine hohe Strombelastbarkeit verfügen.

### Ladeelektronik

Die Ladeelektronik ist unverzichtbarer Bestandteil eines Speichersystems, da die Betriebsführung die Lebensdauer des Speichers mitbestimmt. Zudem verarbeitet die Elektronik eine Vielzahl an Informationen wie aktuelle Strombezugpreise, momentane Verbraucherlast, Fehlerfälle im Stromnetz oder den aktuellen Ladestand und gibt darauf basierend entsprechende Steuerbefehle, welche die Be- und Entladung des Speichers auslösen.

### Betriebstemperatur

Für einige Speichertechnologien, vor allem im elektrochemischen Bereich, spielt die Betriebstemperatur eine entscheidende Rolle für die Funktionsfähigkeit des Systems. Neben Hochtemperaturspeichern sind allerdings auch konventionelle Speicher je nach Einsatzort Umwelteinflüssen und Temperaturschwankungen ausgesetzt, welche die chemischen Prozesse negativ beeinflussen können. Dies gilt insbesondere für Speicher, die im Außeneinsatz be- und entladen werden.

### Investitions- und Betriebskosten für Speicher

Die Kosten für den laufenden Betrieb von Speichern fallen gegenüber den anfänglichen Investitionskosten relativ niedrig aus. Je nach Technologie fallen sowohl die anfänglichen Investitionskosten je Watt wie auch die laufenden Betriebskosten unterschiedlich hoch aus. Maßgeblich für den Kostenvergleich von Speicherlösungen innerhalb einer Technologie oder zwischen verschiedenen Technologien sind weniger die reinen Investitionskosten, sondern vielmehr die Kosten für jede gespeicherte kWh.

### Verwendete Materialien & Recycling

Bei einigen Speichertechnologien, vor allem bei den elektrochemischen Systemen, werden zum Teil potentiell umweltgefährdende Stoffe wie Schwermetall verwendet, die sowohl während des Betriebs, aber auch bei der Entsorgung nach Ablauf der Lebensdauer problematisch sein können. In Deutschland regelt das Batteriegesetz die Rücknahme von Batteriespeichern, deren Nutzungszeit abgelaufen ist.

### Mobile versus stationäre Anwendung

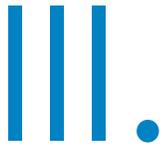
Die Nutzung von Speichern kann mobil/portabel (beispielsweise im Rahmen von Elektromobilität oder von Unterhaltungselektronik) erfolgen oder stationär als fest verbauter oder aufgestellter Speicher. Vor allem die Anforderungen an die Energiedichte unterscheiden sich bei den Anwendungsbereichen.

### Wartung

Wenn die Lebensdauer von Speichern nicht der Nutzungszeit des Systems entspricht, in das der Speicher eingebunden ist oder aber turnusmäßige Wartungsarbeiten anfallen, dann kann dies hohe Wartungskosten verursachen. Dies gilt vor allem für Speichersysteme, die wie beispielsweise Mobilfunksysteme oder Messstationen in von menschlichen Siedlungsgebieten entfernten Regionen eingesetzt werden.

### Sicherheit

Spezifische Speichertechnologien bergen unter Umständen entsprechende Risiken. So kann bei Schwunghmassespeichern die Lagerung ausbrechen und die Masse unkontrolliert Schäden anrichten. Auch bei elektrochemischen Speichern kann es durch thermische oder mechanische Einwirkungen oder eine Fehlkonstruktion des Systems zu Schäden in Folge von Ausgasungen, Brand oder Explosion kommen. Um Gefahren auszuschließen, müssen die entsprechenden Installations- und Betriebsvorschriften berücksichtigt werden.



# Technologien

## Technologien

### III.2 Mechanische Speicher

Mechanische Speicher übernehmen derzeit als effiziente und großtechnisch erprobte Speicher die kurzfristige Speicherung von Strom und zeichnen sich durch große absolute Speicherkapazitäten aus. Hinsichtlich der Kosten stellen sie die derzeit wirtschaftlichsten Technologien zur Speicherung von Elektrizität dar. In Deutschland sind derzeit mehr als 30 Pumpspeicher und ein Druckluftspeicher in Betrieb.

#### III.2.1 Pumpspeicher

Pumpspeicher speichern Energie in Form von Lageenergie und benötigen dafür ein Ober- und ein Unterbecken. Ist die Stromnachfrage niedrig, so wird mit Hilfe einer Pumpe Wasser vom Unterbecken auf ein höheres Niveau gebracht. Zu einem späteren Zeitpunkt wird das Wasser über einen Druckschacht vom Speichersee zum Unterwasser und dabei durch Turbinen geleitet, die dadurch angetrieben werden. Die Entladezeit kann dabei mehrere Stunden betragen. Der in den angeschlossenen Generatoren erzeugte Strom fließt anschließend in das Stromnetz. Pumpspeicher, die abhängig vom Volumen der Becken und der Fallhöhe zwischen Ober- und Unterbecken ein Speichervolumen im Gigawattbereich erreichen können, zeichnen sich durch sehr hohe Kapitalkosten bei der Errichtung und niedrige Kosten bei den Betriebszyklen aus. Sie eignen sich, um Regelenergie und Blindleistung bereitzustellen, da Start und Steuerung einen sehr kurzen Vorlauf benötigen. Da Pumpspeicher keine externe Stromquelle zum Start benötigen, eignen sie sich auch, um bei Stromausfällen das Stromnetz wieder aufzubauen und andere Kraftwerke anzufahren. Diese Eigenschaft wird auch als schwarzstartfähig bezeichnet.

Pumpspeicher verwenden eine erprobte Technologie, die Verfügbarkeit geeigneter Standorte begrenzt jedoch das Potential für neue Pumpspeicher. Aber auch das Gefälle in unterirdischen Kavernen oder stillgelegten Bergwerken lässt sich für Pumpspeicher nutzen und bietet so weiteres Potential für Pumpspeicher, ohne dass ein sichtbarer Eingriff in die Landschaft notwendig wäre. Zudem besteht prinzipiell die Möglichkeit, existierende Speicherseen mit einem Pumpsystem nachzurüsten. Die Leistungskapazität der in Deutschland aktiven Pumpspeicherkraftwerke liegt derzeit bei rund 7 GW. Der Wirkungsgrad erreicht Werte zwischen 75 und 85 Prozent. Der VDE zählt Pumpspeicherkraftwerke zu den derzeit kostengünstigsten Speichertechnologien mit Kosten, die im günstigsten Fall bei rund 3 Ct/kWh liegen. Da sich jedoch durch den starken Zubau an Photovoltaikanlagen die Preisspanne zwischen Hoch- und Niedrigpreisen am deutschen Strommarkt deutlich verringert hat, sinken in diesem Betriebsmodus die Margen der Betreiber von Pumpkraftwerken.

Eine hinsichtlich Kapazität und geologischen Voraussetzungen deutlich flexiblere Alternative zu konventionellen Pumpspeichern sind unterirdische Pumpspeicher, bei denen während des Ladevorgangs ein Kolben in einem tiefen vertikalen Schacht angehoben wird. Dieser Kolben speichert die



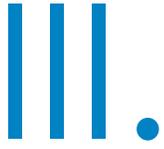
eigentliche Energie, Wasser dient als hydraulische Flüssigkeit, welche die Energie überträgt. Diese Lageenergie wird bei Bedarf freigesetzt, so dass sich der Kolben durch sein Eigengewicht senkt und das darunter befindliche Wasser durch eine Turbine drückt, in der Strom erzeugt wird. Bei vergleichbarer Kapazität und Wirkungsgrad benötigt dieser Ansatz weniger Fläche und verringert damit den Eingriff in die Umwelt. Erste potentielle Standorte für die Technologie sind bereits identifiziert.

### III.2.2 Druckluftspeicher

Druckluftspeicher nutzen überschüssige elektrische Energie, um Luft mit Hilfe eines Kompressors zu verdichten und gekühlt in unterirdischen Hohlräumen, sogenannten Kavernen, zu lagern. Dadurch sind die sichtbaren Auswirkungen auf die Landschaft sehr gering. Für die spätere Nutzung wird das Gas dekomprimiert und in einer Gasturbine verstromt. Um eine Vereisung der Turbinen während der Expansionsphase zu verhindern, muss der Luft Wärme zugeführt werden, was beispielsweise durch die Beimischung von brennbarem Gas erfolgen kann. Durch den Kühlbedarf während der Kompression und die Notwendigkeit, die Luft während des Expansionsphase zu erwärmen, ist bei dieser Variante des Druckluftspeichers der Wirkungsgrad mit 42 bis 54 Prozent rund 20 Prozentpunkte niedriger als bei Pumpspeicherkraftwerken [RWE: 2010, S. 4].

Mit Hilfe eines Rekuperators lässt sich die bei der Gasbefeuerung auftretende Abgaswärme zurückgewinnen und anschließend für die Erwärmung der zu dekomprimierenden Luft verwenden. Damit lässt sich der Effizienzgrad des Systems steigern. Eine technische Variante sind die sogenannten adiabatischen Druckluftspeicher, welche die während der Kompressionsphase auftretende Abwärme zwischenspeichern und diese beim Entladen des Speichers zum Erwärmen der verdichteten Luft nutzen [Deutsche Bank: 2012, S. 9].

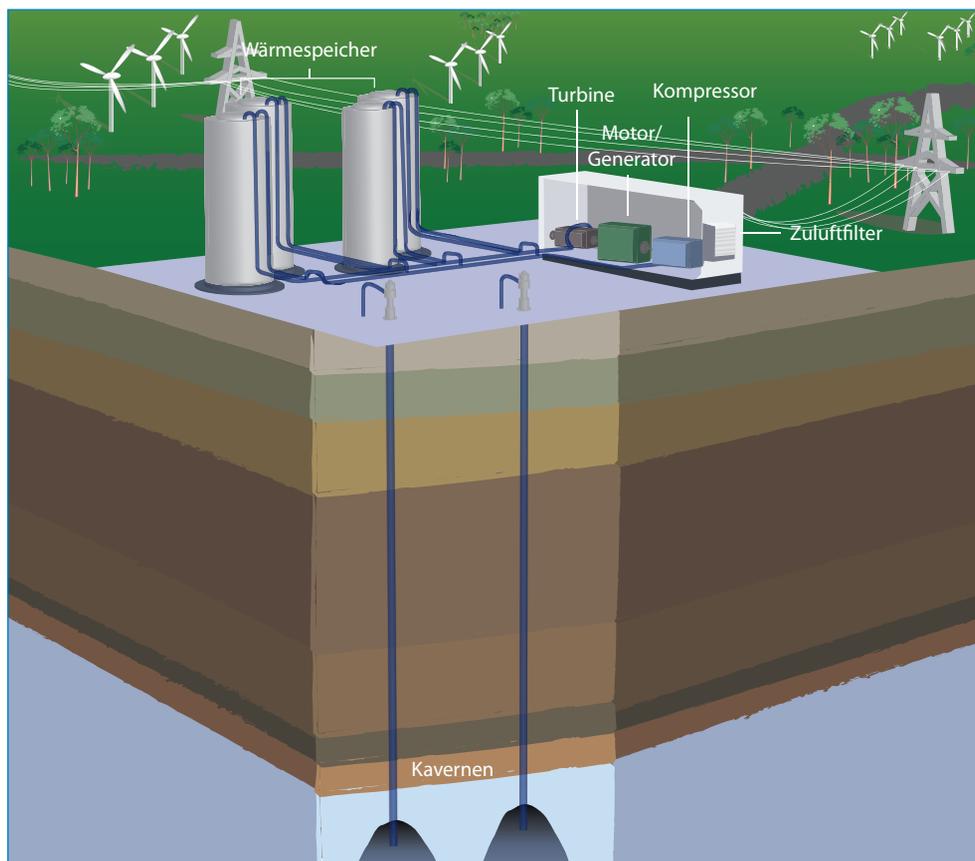
Zu den Vorteilen der Druckluftspeicher zählen ihre lange Lebensdauer und die Verfügbarkeit von Ausbaupotentialen in Deutschland auch an Standorten, an denen eine starke Erzeugung von Windstrom stattfindet. So eignen sich beispielsweise in Norddeutschland ehemalige Salzstöcke für den Einsatz als Kavernen.



# Technologien

## Technologien

< Grafik 5 Schematische Darstellung eines adiabaten Druckluftspeicherkraftwerks (Quelle: RWE AG)



Allerdings muss die Technologie ihre großtechnische Eignung erst noch belegen und die Investitionskosten sind hoch. Der Wirkungsgrad solcher adiabater Anlagen kann bis zu 70 Prozent erreichen und die Speicherkapazität mehrere hundert MWh betragen. Ähnlich wie bei den Pumpspeichern lässt sich die Leistung sehr schnell abrufen. Derzeit sind weltweit erst zwei Kraftwerke in Betrieb, die Druckluftspeicher nutzen. Weitere Projekte sind jedoch bereits in der Umsetzung. Neben der Nutzung als Großtechnologie werden derzeit auch Druckluftspeicher für kleinere Anlagen entwickelt, bei denen hydraulische Systeme mit einem Wirkungsgrad von bis zu 90 Prozent zum Einsatz kommen. Bei dieser Technologie wird elektrische Energie genutzt, um Hydrauliköl in Hochdruckzylinder zu pumpen, in denen ein Ölspiegel unter der Luft liegt. Der Vorteil ist, dass sich so Kompressionsverluste vermeiden lassen und der Wirkungsgrad solcher System entsprechend höher ausfällt. Da die Anzahl der Hochdruckzylinder und der Speicherdruckbehälter flexibel angepasst werden kann, lassen sich solche Systeme an verschiedene Speicheranforderungen anpassen.

### III.2.3 Schwungmassenspeicher

Schwungmassenspeicher speichern Strom in Form von kinetischer Energie und eignen sich als Kurzzeitspeicher mit einer hohen Leistungsdichte zum Glätten von Nachfragespitzen und um kurzfristig eine unterbrechungsfreie Stromversorgung sicherzustellen, da Lade- und Entladephasen extrem kurze Reaktionszeiten aufweisen. Sie können daher ebenso wie die supraleitenden magnetischen Speicher als Ergänzung zu elektrochemischen Speichern verstanden werden und weisen Wirkungsgrade auf, die über 90 Prozent liegen können. In der Beschleunigungsphase nimmt der Speicher Energie auf, durch die Verbindung mit einem Generator wird die Masse zu einem späteren Zeitpunkt abgebremst und gibt Energie ab. Derzeit reichen die Entladezeiten für große Systeme von wenigen Sekunden bis zu 15 Minuten. Erwartet wird jedoch, dass in den kommenden Jahren die Zeitspanne auf bis zu eine Stunde ausgedehnt werden kann. Da die Schwungmassenspeicher jedoch eine im Vergleich zu anderen Speichertechnologien eine relativ hohe Selbstentladungsrate aufweisen, ist der Einsatz lediglich als Kurzzeitspeicher sinnvoll. Trägheit der Masse sowie die Drehzahl sind die entscheidenden Größen, welche die Kapazität von Schwungmassenspeichern bestimmen.

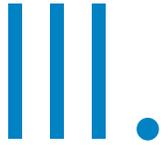
Diese weisen aufgrund ihrer hohen Zyklenzahl eine hohe Lebensdauer auf und die Kosten im laufenden Betrieb sind als niedrig zu bewerten, da sie vergleichsweise wartungsarm sind. Das Entwicklungspotential zu einer höheren Energiedichte ist jedoch begrenzt, da höhere Kapazitäten nur mit höheren Drehzahlen möglich sind, wodurch entsprechende Anforderungen an die Dichte der verwendeten Materialien entstehen [JRC 2011: S. 7].

### III.3 Elektrochemische Speicher

Im Bereich der Konsumentenelektronik finden elektrochemische Speicher wie Lithium-Ionen-Batterien beispielsweise in Laptops oder Smart Phones Anwendung in einem Massenmarkt. Skalierbare Systeme, die als größere stationäre Speichersysteme in Energieerzeugungseinheiten als Speicher eingesetzt werden können, sowie der Einsatz in Elektrofahrzeugen sind hingegen ein noch relativ neues Angebot auf dem Markt.

In elektrochemischen Speichern findet eine große Vielfalt an Technologien und Materialien Verwendung. Die einzelnen Speicher unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lebensdauer, der Energiedichte und der Kosten. Auch die Verfügbarkeit der jeweils verwendeten Ressourcen bestimmt die Entwicklung der einzelnen Technologien mit.

Bei den elektrochemischen Speichern kann zwischen Systemen mit einem internen Speicher und solchen, bei denen die Speicherung der Energie von der Energiewandelung räumlich getrennt stattfindet, unterschieden werden.



# Technologien

## Technologien

Zur letztgenannten Gruppe zählen beispielsweise die Redox-Flow-Batterien. Der Vorteil dieser Lösung ist, dass der eigentliche Energiewandler unabhängig von der gewünschten Größe des Energiespeichers konfiguriert werden kann.

Weiterhin ist eine Unterscheidung hinsichtlich der Betriebstemperatur möglich. Während klassische Akkumulatoren bei Raumtemperatur betrieben werden können, muss bei Hochtemperatur-Batterien eine entsprechend hohe Betriebstemperatur sichergestellt werden. Elektrochemische Speicher werden in der Regel über einen Zeitraum von zehn bis 20 Jahren abgeschrieben und bieten den Vorteil, dass sie - anders als an geografische Vorgaben gebundene zentrale Großspeicher - nahezu an jedem Standort eingerichtet und betrieben werden können.

### III.3.1 Akkumulatoren

#### III.3.1.1 Blei-Säure-Akkumulatoren

Bei Blei-Säure-Batterien findet die Energiespeicherung mit Hilfe von Elektroden aus Blei und von Schwefelsäure, die als Elektrolyt genutzt wird, statt. Deshalb müssen die Batterien in einem säurefesten Gehäuse untergebracht werden, um ein Austreten der Schwefelsäure zu verhindern. Dieses muss Sicherheit gegenüber mechanischen Beschädigungen bieten.

Die Konzentration der Säure ist abhängig vom Ladezustand der Batterie, steigt beim Laden und sinkt beim Entladen. Am positiven Pol lagert sich beim Laden Bleioxid ab, am negativen Pol ein poröser Bleischwamm. Im entladenen Zustand bestehen beide Pole aus Bleisulfat.

Aufgrund der spezifischen chemischen Prozesse kann bei einer langsamen Entladung mehr Strom entnommen werden als bei einer schnellen Entladung, so dass die Leistungskapazität von der Entnahmegeschwindigkeit abhängt. Durch Sulfatierung sinkt die Kapazität von Bleiakkus mit jedem Zyklus. Je stärker die Entladung ausfällt, desto stärker ist der (irreversible) Kapazitätsverlust. Entladetiefe und Nutzungsart bestimmen somit die erwartete Lebensdauer des Speichers. Eine starke Tiefentladung gilt es zu vermeiden, da dies die Degradation der Elektroden beschleunigt.

Während des Ladevorgangs kann es zur Entstehung von Knallgas kommen. Dieses gesundheitlich prinzipiell unbedenkliche Gas kann jedoch bei Entzündung, beispielsweise durch Funkenschlag oder Reibung, verpuffen. Aus diesem Grund ist eine ausreichende Belüftung am Standort des Speichers wichtig. Die Gasung findet vor allem dann statt, wenn eine Verunreinigung durch Edelmetalle erfolgt. Diese können sich an der Elektrode anlagern und damit die Überspannung des Wasserstoffs verringern.



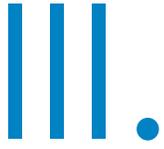
Bleiakkumulatoren sind als offene und geschlossene Systeme erhältlich. Bei den offenen Akkumulatoren, auch als Nassbatterien bezeichnet, können Sauerstoff, Wasserstoff und Säuredämpfe aus der Batterie entweichen. Solche Systeme dürfen nur aufrecht stehend gelagert und betrieben werden, um ein Auslaufen zu verhindern. Offene Bleiakkumulatoren können über einen kurzen Zeitraum hohe Stromstärken entladen, da der Innenwiderstand niedriger als bei geschlossenen Akkumulatoren ist. Dies erklärt auch, warum sie häufig in Fahrzeugen als Starterbatterien eingesetzt werden. Starterbatterien stellen für einen kurzen Moment eine hohe Leistung zur Verfügung.

< Grafik 6 Eigenschaften von Blei-Akkumulatoren" (Quelle: Uwe Sauer, 2013)

Blei-Säure-Batterien	Heute	Heute + 10 Jahre
Wirkungsgrad Laden-Entladen inkl. Batterieumrichter	70% bis 75%	73% bis 78%
Energiedichte	50 Wh/l bis 75 Wh/l	50 Wh/l bis 100 Wh/l
Zykluslebensdauer	500 bis 2.000	1.000 bis 4.000
Kalendarischer Lebensdauer	5 bis 15 Jahre (abhängig vom Temperatur und Ladezugang)	8 bis 20 Jahre (abhängig vom Temperatur und Ladezugang)
Entladetiefe	70%	80%
Selbstentladung	3 - 5% pro Monat	2 - 4% pro Monat
Leistungsbezogene Investitionskosten (Umrichter)	150€/ kW bis 200€/ kW	100€/ kW bis 150€/ kW
Energiebezogene Investitionskosten	100€/ kW bis 250€/ kW	50€/ kW bis 150€/ kW
Anforderungen Aufstellort	Aufstellraum muss belüftet sein, Luftdurchsatz abhängig von Technologie (geschlossen oder verschlossen); Anforderungen in Normen geregelt, z.B DIN EN 50272-2	
Vorteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Etablierte Technologie mit viel Betriebserfahrungen stationäre Anlagen, geringe Investitionskosten	
Nachteil der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Geringe Energiedichte nachteilig bei begrenztem Platzangebot, Lüftungsanforderung im Batterieraum nicht immer einfach umsetzbar	

Zu den geschlossenen Systemen zählen die Vlies- und Gel-Batterien. Diese sind wartungsfrei, da die Zellen zugeschweißt sind und im Normalbetrieb kein Verlust von Flüssigkeit oder Sauerstoff durch Gasung oder Erwärmung auftritt. Bei diesen Systemen können sich Sauerstoff und Wasserstoff miteinander verbinden (Rekombination), so dass Flüssigkeitsverluste weitestgehend vermieden werden. Ein Überdruckventil stellt sicher, dass bei starker Gasung auftretende Gase, Wasserstoff und Sauerstoff entweichen können. Dieser Prozess ist aufgrund der Konstruktionsart der Ventile unumkehrbar, so dass solche Batterien nicht über einen längeren Zeitraum mit hoher Spannung geladen werden sollten.

Bei den Vlies-Batterien, aufgrund der verwendeten Glasfasern auch als AGM-Batterie (Absorbent Glass Mat) bezeichnet, wird das Elektrolyt in einem Vlies gebunden, das aus Glasfasern besteht und in seiner Struktur einem Schwamm ähnelt. Der Vorteil ist, dass die Säure auf diese Weise beim Kippen der Batterie nicht auslaufen kann, sondern in dem Vlies gebunden ist. Auch bei der Gelbatterie tritt die Schwefelsäure nicht in flüssiger Form auf, sondern verdickt durch den Zusatz von Kieselsäure zu einem Gel.



# Technologien

## Technologien

---

Blei-Säure-Batterien zählen aufgrund der hohen Anzahl von Installationen weltweit zu den erprobten Speichertechnologien mit vergleichsweise niedrigen Investitionskosten und werden von einer Vielzahl von Herstellern angeboten. Da die Energiedichte relativ gering ist, werden sie vor allem als stationäre Energiespeicher genutzt und sind neben Lithium-Ionen-Akkumulatoren der derzeit am weitesten verbreitete Batteriespeicher für die Einbindung in eine Photovoltaikanlage. Mittelfristig dürfte die Verfügbarkeit von Blei zum begrenzenden Faktor dieser Technologie werden.

Die niedrige Energiedichte bewirkt ein vergleichsweise hohes Gewicht, so dass Blei-Batterien in der Regel nicht für den Antrieb von Elektrofahrzeugen genutzt werden. Eine Ausnahme stellt hier die Bereitstellung von Traktionsenergie für Gabelstapler dar. Hier wirkt sich das hohe Gewicht der Batterie positiv auf die Stabilität des Fahrzeugs aus.

Wenngleich in Zukunft erwartet wird, dass Lithium-Ionen-Akkumulatoren in vielen Bereichen die Blei-Säure-Batterien ablösen werden, findet auch bei den Blei-Säure-Batterien eine technologische Weiterentwicklung statt, welche die Nutzungsdauer erhöhen soll. Darunter fallen beispielsweise bipolare Bleibatterien, komprimierte Bleibatterien und Hybridbatterien, bei denen eine Bleibatterie mit einem Doppelschichtkondensator in einem System kombiniert wird [JRC: 2011, S. 12].

### III.3.1.2 Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Lithium-Ionen-Batterien werden derzeit für die Stromversorgung von portablen Stromverbrauchern wie Laptops oder Mobiltelefonen genutzt, können aber mit einer höheren Speicherkapazität ausgestattet als stationäre Speicher in Energieinfrastruktursystemen beziehungsweise in der Elektromobilität eingesetzt werden. Die Ansprüche an Leistungsfähigkeit und Sicherheit unterscheiden sich bei den letztgenannten Einsatzbereichen deutlich von der Verwendung in der Unterhaltungselektronik, so dass derzeit starke Anstrengungen in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen zu beobachten sind, die Lithium-Ionen-Akkumulatoren für die neuen Anwendungsbereiche weiterzuentwickeln.

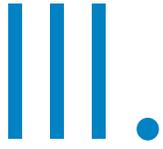


&lt; Grafik 7 Eigenschaften von Lithium-Ionen-Akkumulatoren (Quelle: Uwe Sauer, 2013)

Lithium-Ionen-Batterien	Heute	Heute + 10 Jahre
Wirkungsgrad Laden-Entladen inkl. Batterieumrichter <sup>2</sup>	80% bis 85%	85% bis 90%
Energiedichte (Zellen)	200 Wh/l bis 350 Wh/l	250 Wh/l bis 500 Wh/l
Zykluslebensdauer	1.000 bis 5.000 (Vollzyklen)	2.000 bis 10.000
Kalendarischer Lebensdauer	5 bis 20 Jahre (abhängig vom Temperatur und Ladezugang)	10 bis 25 Jahre (abhängig vom Temperatur und Ladezugang)
Entladetiefe	Bis 100%	Bis 100%
Selbstentladung	3 - 5% pro Monat	< 3 % pro Monat
Leistungsbezogene Investitionskosten (Umrichter)	150€/ kW bis 200€/ kW	100€/ kW bis 150€/ kW
Energiebezogene Investitionskosten	300€/ kW bis 800€/ kW	150€/ kW bis 400€/ kW
Anforderungen Aufstellort	Bislag sind keine speziellen Anforderungen festgelegt.	
Vorteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Lange Lebensdauer, keine Anforderungen an Aufstellort, hohe Energiedichte (d.h kompaktes System), wenig Wartungsaufwand	
Nachteil der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Hohe Kosten, wenige Erfahrung mit der Technologie in der gegebenen Anwendung, im Fehlerfall Gefahr von Brand	

Diese Batterietechnologie zeichnet sich durch eine hohe Energiedichte und eine gute Performance aus. Gleichzeitig tritt anders als beispielsweise bei Nickel-Cadmium-Batterien kein Memory-Effekt auf. Dies bedeutet, dass die Zellspannung auch nach mehreren Teilentladungen nicht sinkt. Die Entladetiefe von Lithium-Ionen-Akkumulatoren kann Werte von bis zu 100 Prozent erreichen, die meisten angebotenen Speicher liegen hier jedoch zwischen 70 und 95 Prozent und damit über dem Niveau von Blei-Batterien.

Lithium-Ionen-Akkumulatoren lassen sich hinsichtlich der für die Elektroden, den Separator und das Elektrolyt verwendeten Materialien, die starken Einfluss auf die Eigenschaften des Speichers haben, weiter untergliedern. Entsprechende Materialkombinationen bei Lithium-Ionen-Akkumulatoren beeinflussen beispielsweise die Lebensdauer aber auch die Nennspannung der Batteriezellen und mögliche Nutzungsrisiken. Derzeit am weitesten verbreitet ist die Verwendung von Graphit für die negative Elektrode und von Lithium-Metalloxiden wie Lithium-Cobaltdioxid für die positive Elektrode. Cobalt zählt zu den kritischen Rohstoffen, deren Verfügbarkeit stark begrenzt ist, so dass zukünftig alternative Materialien für die Elektroden an Bedeutung gewinnen werden. Gegenüber Blei-Batterien erreichen Lithium-Ionen-Batterien eine deutlich höhere Zyklenzahl. Aufgrund der hohen Energiedichte und der starken Reaktion von Lithium auf Feuchtigkeit, kann bei einigen Lithium-Ionen-Batterien ein unsachgemäßes (Über-)Laden und Entladen zu Wärmeentwicklung führen und damit einen Brand auslösen. Dementsprechend wichtig ist der Einsatz einer Steuerelektronik, die Systemfehler erkennt und den Lade- bzw. Entladevorgang unterbricht, wenn relevante Grenzwerte überschritten werden.



# Technologien

## Technologien

Auch die Auswahl des Separatormaterials kann diesbezüglich Risiken verringern. So lassen sich durch die Verwendung von Keramik die Zellen vor thermischer Überlastung und Kurzschlüssen schützen. Ein lokal begrenzter Kurzschluss, ausgelöst durch Fremdpartikel oder eine Beschädigung des Akkumulators, kann einen Prozess in Gang setzen, der die gespeicherte Energie ungewollt freisetzt und einen Brand verursachen kann. Die Verwendung fester Elektrolyte und ein veränderter chemischer Aufbau der Zelle kann die Gefahr des sogenannten thermal runaway wirksam verhindern.

Diese Voraussetzung ist beispielsweise gegeben, wenn Lithium-Eisenphosphat als Kathodenmaterial genutzt wird. Bei dieser Variante des Lithium-Ionen-Akkumulators können zudem höhere Leistungsdichten und schnelle Ladezeiten erreicht werden. Ähnlich positive Eigenschaften weist auch die Verwendung von keramischem Titanoxid als Elektrodenmaterial auf.

### Lithium-Polymer

Bei den Lithium-Polymer-Batterien besteht der Separator aus einer Polymerschicht, die mit flüssigem Elektrolyt getränkt ist. Der Elektrolyt wird bei dieser Speichervariante in einem gelartigen Zustand genutzt. Dies ermöglicht es, gegenüber herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien kleinere und damit auch leichtere Zellen mit einer hohen Energiedichte zu bauen. Gleichzeitig wird ein besserer Schutz gegen Kurzschlüsse in den Zellen erreicht. Damit eignet sich diese Variante zum Beispiel für Anwendungen, bei denen das Gewicht des Speichers relevant ist.

### Lithium-Titanat

Bei Lithium-Titanat-Akkumulatoren wird die Kohlenstoffanode, meist aus Graphit, durch Lithium-Titanat ersetzt. Dieses Material verhindert die Schichtbildung auf der Elektrode, die für die Alterung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren verantwortlich gemacht wird. Ein weiterer positiver Effekt ist, dass durch das Titanat das thermische Durchgehen der Batterie beim Betrieb oder durch mechanische Einwirkung verhindert wird. Dementsprechend hoch ist die Eigensicherheit solcher Batterien zu bewerten. Lithium-Titanat-Akkumulatoren zeichnen sich zudem durch eine gute Schnellladefähigkeit und eine gute Umweltverträglichkeit aus. Nachteilig ist, dass die Kosten für diesen Batterietyp vergleichsweise hoch sind und die Speicher eine niedrige Energiedichte aufweisen.

### Lithium-Phosphat

Lithium-Phosphat-Batterien, auch als Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien bezeichnet, verfügen über eine hohe thermische Stabilität und werden von einer Vielzahl von Herstellern angeboten. Die Zellnennspannung fällt jedoch gegenüber den Lithium-Polymer-Akkus niedriger aus. Diese Variante verwendet als Kathodenmaterial Lithium-Eisenphosphat. Der Vorteil dieser Lösungen sind der relativ günstige Preis für die Batterien und eine hohe Eigensicherheit bezüglich der Gefahr des thermischen Durchgehens. Auf der anderen Seite ist die elektrische Leitfähigkeit schlechter als bei anderen Lithium-Ionen-Akkumulatoren und die Lithium-Diffusion erfolgt langsamer.



#### Lithium-Nickel-Cobalt-Mangan

Diese Batterietechnologie schneidet hinsichtlich Kapazität und Energiedichte besser ab als Lithium-Cobalt-Oxid-Batterien und Lithium-Eisen-Phosphat-Speicher, die Speicher sind jedoch aufgrund der hohen Preise für den verwendeten Rohstoff Cobalt relativ hoch. Cobalt zählt zudem zu den giftigen Schwermetallen.

#### Lithium-Mangan-Oxid

Diese Lithium-Technologie ermöglicht die Herstellung von Akkumulatoren mit einer hohen Eigensicherheit, weist jedoch eine vergleichsweise niedrige Energiedichte auf. Diese Speichersysteme lassen sich dem mittleren Preissegment zuordnen. Sie weisen eine niedrigere Kapazität als Lithium-Cobalt-Akkumulatoren auf. Bei diesen Speichern besteht das Aktivmaterial an der Kathode aus Lithium-Mangan-Oxid.

### III.3.1.3 Nickel-Cadmium-Batterie

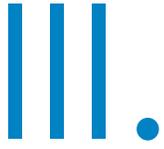
Dieser Akkumulatortyp verfügt als einzige Technologie auch bei negativen Temperaturen von bis zu  $-40\text{ °C}$  noch über eine hohe Leistungsfähigkeit. Da Cadmium als Schwermetall jedoch erhebliche Risiken birgt, sind NiCd-Akkumulatoren mit wenigen Ausnahmen (beispielsweise bei Alarmsystemen und schnurlosen Elektrowerkzeugen) in der EU verboten. Deutschland hat die Richtlinie 2009 im Rahmen des Batteriegesetzes in nationales Recht umgesetzt.

### III.3.1.4 Nickel-Metall-Hydrid-Akkumulator

Ursprünglich galten Nickel-Metall-Hydrid-Akkumulatoren als Ersatz für Nickel-Cadmium-Akkumulatoren, da sie mit diesen hinsichtlich vieler Eigenschaften vergleichbar sind. Höhere Energiedichten gegenüber NiCd-Akkumulatoren führten dazu, dass NiMH-Speicher für einige Zeit in portablen Systemen eingesetzt wurden, mittlerweile aber von Lithium-Ionen-Akkumulatoren verdrängt werden.

### III.3.2 Hochtemperatur-Batterien

Hochtemperatur-Batterien verwenden einen festen keramischen Elektrolyten und eine Aktivmasse, die in einen flüssigen Zustand versetzt werden muss, um eine ausreichende Ionenleitfähigkeit zu erreichen. Dies erfordert hohe Betriebstemperaturen von rund  $300\text{ °C}$ . Kühlt die Batterie ab, kann es zum Bruch des keramischen Elektrolyten kommen. Wird der Speicher kontinuierlich betrieben, lässt sich - ausreichende Isolierung vorausgesetzt - die während des laufenden Betriebs auftretende Verlustwärme nutzen, um die Betriebstemperatur zu regeln. Um eine solche Batterie aus der Ruhephase zu starten, muss jedoch die Wärme extern zugeführt werden. Hochtemperatur-Batterien eignen sich vor allem für größere zentrale Speichereinheiten, da die Wärmeverluste



## Technologien

### Technologien

aufgrund eines besseren Verhältnisses vom Volumen zur Oberfläche niedriger ausfallen als bei kleineren Einheiten. Hochtemperatur-Batterien werden derzeit nur von wenigen Unternehmen kommerziell vermarktet. Die hohen Betriebstemperaturen bergen eine potenzielle Brandgefahr.

#### III.3.2.1 Natrium-Nickelchlorid-Akkumulator (ZEBRA)

Diese Hochtemperatur-Akkumulatoren nutzen einen zylinderförmigen Becher aus beta-Aluminat als Separator und Festelektrolyt. Die negative Elektrode besteht aus Natrium, das erst während des Ladevorgangs entsteht, und ist im Außenbereich untergebracht. In der praktischen Anwendung liegt der spezifische Energiegehalt bei rund 90-100 Wh/kg, das Temperaturniveau im Zellinneren beträgt während der Betriebsphase 270 bis 350°C. Dieser Batterietyp kommen meist in stationären Anwendungen zum Einsatz, wird jedoch auch in elektrisch angetriebenen Versuchsfahrzeugen genutzt.

#### III.3.2.2 Natrium-Schwefel-Akkumulator

Die Entwicklung von NaS-Batterien hat ihren Anfang in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts. Ein mit Natrium als negativer Elektrode gefüllter zylinderförmiger Becher dient als Separator, der Bereich zwischen dem Separatorbecher und der Zellaußenwand ist mit Schwefel, das die Funktion der positiven Elektrode übernimmt, gefüllt. Während des Entladevorgangs wandern die Natrium-Ionen in den Außenraum und gehen dort mit dem Schwefel eine Verbindung ein. Der Energiewert erreicht in der Praxis Werte zwischen 80 und 100 Wh/kg. Natrium-Schwefel-Batterien eignen sich vor allem für größere Anlagen und werden bereits heute schon vereinzelt kommerziell genutzt. Aufgrund der verwendeten Materialien und des niedrigen Wirkungsgrads eignen sich diese Speicher derzeit tendenziell nicht für die Verwendung im Bereich der privaten Haushalte.

#### III.3.3 Redox-flow-Akkumulator

Flow-Speicher bestehen aus einer elektrochemischen Zelle und zwei externen Tanks, die Elektrolyte enthalten. Während des Lade- und Entladevorgangs fließen die energiespeichernden Elektrolyte in getrennten Kreisläufen aus den Tanks durch die Zelle, wo der Ionenaustausch mit Hilfe einer Membran stattfindet. Die Speicherung erfolgt dabei in den Elektrolyten. Der Vorteil der flüssigen Energieträger ist, dass die Lebensdauer des Elektrolyts nahezu unbegrenzt ist und zudem keine Selbstentladung stattfindet. Daher eignen sie sich auch gut als Langzeitspeicher für geringere Energiemengen. Eine weitere Besonderheit der Technologie ist, dass die Energiemenge und die Leistung des Speichers unabhängig voneinander skaliert werden können. Während die Menge des Elektrolyts die speicherbare Energiemenge bestimmt, legt die Größe der aktiven Elektrodenfläche die Leistung der Batterie fest. Redox-flow-Batterien können mehr als 10.000 Be- und Entladezyklen durchlaufen und sind zudem tiefentladefähig. Dieser Batterietypus ist derzeit bereits in mehreren Demonstrationsanlagen im Einsatz und mittlerweile auch kommerziell verfügbar. Als



Redox-Material finden derzeit Vanadium oder eine Zink-Bromid-Lösung Verwendung. Der Vorteil bei der Nutzung von Vanadium ist, dass es sich dabei um einen homogenen Energieträger handelt und somit keine Querkontamination mit anderen Metallspezies stattfinden kann. Forscher testen derzeit den Einsatz von alternativen Elektrolyten, da Vanadium als Lösung relativ teuer ist.

### III.3.4 Metall-Luft-Akkumulator

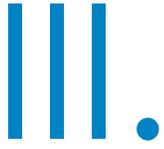
Die Möglichkeit aus Zink und Sauerstoff Strom zu erzeugen reicht auf den Erfinder Thomas Alva Edison zurück. Neben Zink als negativem Elektrodenmaterial wird die positive Elektrode aus einem porösen Kohlenstoffkörper gebildet, der luftdurchlässig ist und das aktive Material aus der Atmosphäre entnimmt. Der Ladevorgang erfolgt mechanisch durch Austausch der verbrauchten negativen Elektroden. Diese können jedoch in entsprechenden Anlagen wieder aufbereitet und zu neuen Elektroden verarbeitet werden. Die Betriebstemperatur dieser Batterien erreicht rund 60 °C. Zink-Luft-Batterien erreichen mit bis zu 350 Wh/kg eine relativ hohe Energiedichte und eignen sich für den Einsatz in stationären Speichersystemen. Die Verwendung von Zink-Luft-Batterien setzt voraus, dass beim Laden der freigesetzte Sauerstoff entweichen und beim Entladen die Luft aus der Atmosphäre auf die Reaktionsflächen gelangen kann. Auf der anderen Seite ist die Selbstentladung bei luftdicht versiegelten Batterien sehr gering.

### III.3.5 Chemische Speicher - Wasserstoff / Methan

Das Speichern von Strom in Wasserstoff beziehungsweise im Kohlenwasserstoff Methan ist ein Anwendungsbereich, der sich aufgrund des niedrigen Wirkungsgrades vor allem als Langzeitspeicher eignet. So lassen sich auch mehrtägige oder -wöchige Flautephasen mit niedriger solarer Einstrahlung überbrücken. Laut VDE liegen die Vollkosten für das Speichern von Wasserstoff über eine Woche derzeit bei rund 24 Ct/kWh.

Die Umwandlung in Wasserstoff, auch als Elektrolyse bezeichnet, ist eine Technologie, die als alkalische Elektrolyse bereits seit mehr als 100 Jahren verfügbar ist. Weitere Spielarten sind die PEM-Elektrolyse (PEM, engl.: proton exchange membrane), die bisher erst wenige kommerziell genutzte Projekte vorweist, sowie die Hochtemperatur-Elektrolyse, die derzeit jedoch im Stadium der Grundlagenforschung ist und für die bisher keine kommerziell nutzbaren Produkte verfügbar sind.

Mittels Elektrolyse wird die elektrische Energie genutzt, um Wasser in Wasser- und Sauerstoff zu zerlegen. Wasserstoff lässt sich in gasförmigem oder flüssigem Zustand sowie in chemisch gebundener Form oder in porösen Medien speichern. Neben der direkten Speicherung in Tanks kann der Wasserstoff in einer weiteren Stufe in Methan gewandelt und so ins Erdgasnetz eingespeist werden. Der Vorteil ist, dass das Erdgasnetz große Speicherkapazitäten zur Verfügung stellt und weit verzweigt ist, so dass die Rückverstromung in Gaskraftwerken dezentral und verbrauchsnahe



# Technologien

## Technologien

erfolgen kann, was den Ausbaubedarf der Stromnetze reduziert. Außerdem kann Wasserstoff als Energieträger auch in anderen Anwendungen wie beispielsweise der Mobilität oder für die Bereitstellung von Wärme eingesetzt werden.

Derzeit liegt der Wirkungsgrad der Elektrolyse zwischen 60 und 80 Prozent und ist stark von der Größe der jeweiligen Anlage abhängig. Die Rückverstromung von Wasserstoff und Erdgas-Wasserstoff-Gemisch erfolgt in Gaskraftwerken, KWK-Anlagen oder Brennstoffzellen [50Hertz Transmission, Tennet TSO, Amprion, TransnetBW: 2012]. Wengleich das Power-to-Gas-Verfahren bereits über die technische Marktreife verfügt und deutschlandweit in rund einem Dutzend Anlagen genutzt wird, ist die kommerzielle Nutzung aufgrund der schlechten Wirtschaftlichkeit derzeit noch nicht möglich, so dass Power-to-Gas bisher nur in Pilotprojekten zum Einsatz kommt.

### III.4 Elektrische Speicher

#### III.4.1 Supraleitende magnetische Energiespeicher

Bei dieser Speichertechnologie zirkuliert elektrischer Strom in einer Spule unter Kurzschlussbedingungen in einem elektrodynamischen Feld. Sie eignet sich für kurze Lade- und Entladeaufgaben und kann elektrochemische Speicher ergänzen. Die erreichbare Energiedichte von supraleitenden magnetischen Speichern ist sehr niedrig, aber mit einer Konversionsrate von mehr als 95 Prozent ist der Effizienzgrad als sehr hoch einzustufen. Bei der Tiefenentladung gibt es für Supraleiter keine Beschränkung und die Zahl der Lade- und Entladezyklen ist unbegrenzt. Um einen supraleitenden Zustand zu erreichen, müssen allerdings tiefe Temperaturen erreicht werden, wie sie von flüssigem Stickstoff oder Helium ermöglicht werden.

Aufgrund des Kosten- und Kühlaufwands bei dieser Technologie erscheint ein wirtschaftlicher Einsatz als unwahrscheinlich. Dies nicht zuletzt deshalb, weil alternative Speichertechnologien wie Schwungmassenspeicher Lade- und Entladeaufgaben in vergleichbarer Geschwindigkeit übernehmen können [Fraunhofer ISE / Fraunhofer AST / VKPartner: 2009, S. 15].

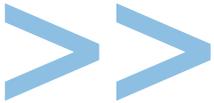


### III.4.2 Doppelschichtkondensatoren

Doppelschichtkondensatoren speichern die Energie ähnlich wie konventionelle Kondensatoren in einem elektrischen Feld. Diese auch als SuperCaps bezeichneten Speicher eignen sich für Anwendungsbereiche, die eine hohe Anzahl an kurzen Lade- und Entladezyklen von bis zu einer Minute benötigen und von der hohen Leistungsdichte und dem hohen Wirkungsgrad profitieren. Darunter fällt beispielsweise das Abfangen von temporären Lastspitzen. Im Bereich Elektromobilität können solche Speicher beispielsweise genutzt werden, um Bremsenergie zu speichern und in der anschließende Beschleunigungsphase zur Antriebsunterstützung einzusetzen. Die Energieverluste beim Speichern fallen bei dieser Technologie sehr gering aus. Derzeit sind die spezifischen Kosten für die Bereitstellung von Speicherkapazität jedoch noch sehr hoch und die Technologie eignet sich nicht zur Langzeitspeicherung, da die Selbstentladung deutlich stärker ausfällt als beispielsweise bei herkömmlichen Akkumulatoren. In Zukunft könnten Festkörperkondensatoren eine mögliche Weiterentwicklung heutiger Doppelschichtkondensatoren darstellen.

# IV • Speicher- und Anwendungsklassen





## IV. Speicher- und Anwendungsklassen

### IV.1 Speicherzeit

Speicher lassen sich hinsichtlich der benötigten Speicherzeit unterscheiden.

Kurzzeitspeicher kommen zum Einsatz, wenn eine hohe Zyklenzahl in einem kurzen Zeitraum angestrebt wird und weisen einen hohen Zykluswirkungsgrad auf. Sie können Energie bei Vollast für bis zu 15 Minuten bereitstellen. Zu dieser Klasse zählen beispielsweise Doppelschichtkondensatoren, supraleitende magnetische Energiespeicher oder Schwungmassespeicher. Diese Speicher sind in der Lage, unmittelbar zur Frequenzregulierung beizutragen. Das Verhältnis von Energie zu Leistung (kWh/kW) beträgt weniger als eins.

Energiespeicher mit einem mittleren Zeithorizont sind in der Lage, den gespeicherten Strom über mehrere Stunden bereitzustellen. Das Verhältnis von Energie zu Leistung erreicht Werte zwischen eins und zehn. In diesem Bereich werden in erster Linie Akkumulatoren eingesetzt. Zu erwähnen sind hier Bleisäure-, Lithium-Ionen- und Natrium-Schwefel-Speicher. Sie eignen sich für den Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage über den Verlauf eines Tages. Dementsprechend absolvieren sie pro Tag ein bis zwei Zyklen. Diese Art von Speicher findet beispielsweise in batteriegekoppelten Solaranlagen Verwendung.

Langzeitspeicher sind in der Lage, Energie über mehrere Tage, Wochen oder sogar Monate möglichst verlustarm zu speichern. Typische Speicher in diesem Bereich sind beispielsweise Druckluftspeicher und Redox-Flow-Batterien. Um längere saisonale Schwankungen oder Flautephasen zu überbrücken, kommt auch die Umwandlung in Wasserstoff oder Methan in Frage. Deren Nutzung bedeutet zwar einen niedrigen Zykluswirkungsgrad, die Technologie stellt aber gleichzeitig ein großes Speichervolumen zur Verfügung. Aufgrund der niedrigen Effizienz ist Wasserstoff als Energiespeicher erst dann von wirtschaftlichem Interesse, wenn der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung noch deutlich stärker ansteigt. Da der Speicher bei einer saisonalen Speicherung nur einmal pro Saison be- und entladen wird, entstehen bei dieser Nutzungsart relativ hohe Kosten.

# IV

## ● Speicher- und Anwendungsklassen

### Speicher- und Anwendungsklassen

#### IV.2 Nicht-stationäre Speicher

Das Marktsegment der nicht-stationären Speicher lässt sich in portable und mobile Speicher untergliedern. Wichtigster Teilmarkt der portablen Speicher ist die Konsumentenelektronik, bei der Akkumulatoren auch unterwegs die Stromversorgung von Smart Phones, Computern oder Kameras sicherstellen. In diesem Bereich werden vor allem Batterien mit einer hohen Energiedichte und damit auch einem niedrigen Gewicht genutzt. Dazu zählen die Lithium-Ionen-, die Nickel-Metall-Hydrid- und die Nickel-Cadmium-Batterien.

Zu den mobilen Speicheranwendungen zählen die Rekuperation von Energie beispielsweise durch Bremsenergierückgewinnungssysteme sowie vor allem der Antrieb von Fahrzeugen. Bei letzterem kann zwischen Kleintraktion – also dem Antrieb von Elektrofahrrädern oder Rollstühlen – und dem Antrieb von Kraftfahrzeugen unterschieden werden. Neben den Fahrzeugen, die ausschließlich auf einen elektrischen Antrieb setzen, kommen Speicher auch in Hybrid-Fahrzeugen zum Einsatz, bei denen der klassische Verbrennungsmotor mit einem elektrischen Antrieb kombiniert wird. Bei Mild-Hybrid-Fahrzeugen unterstützt der Elektroantrieb den Verbrennungsmotor und liefert zusätzliches Drehmoment. Full-Hybrid-Fahrzeuge sind hingegen in der Lage, für kurze Strecken und bei niedriger Geschwindigkeit ausschließlich einen elektrischen Antrieb zu nutzen. Die Speicher solcher Fahrzeuge können sowohl über die Rückgewinnung von Bremsenergie als auch über den Verbrennungsmotor geladen werden. Mit einer entsprechenden Schnittstelle ausgestattet, lässt sich auch das Stromnetz für das Laden der Fahrzeugbatterie nutzen. Sonstige Antriebsformen mit Akkumulatoreunterstützung finden sich im Bereich der submaritimen Anwendung und als Demonstrationsprojekt auch in der Luftfahrt, spielen jedoch hinsichtlich des Marktvolumens eine marginale Rolle.

Als mobile Speicher kommen in der Regel ausschließlich elektrochemische Energiespeicher zum Einsatz. Allerdings ist in Fahrzeugen auch der Einsatz von Schwungmassenspeicher denkbar, die Bremsenergie speichern und für den Elektroantrieb bereitstellen.

Das Anwendungssegment mit dem höchsten Entwicklungspotenzial ist die Elektromobilität und zwar sowohl im Bereich der reinen Stromeer als auch der Hybridfahrzeuge. Die Bundesregierung hat es sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf die deutschen Straßen zu bringen. Diese Fahrzeugflotte würde durch die in den Fahrzeugen verbauten Speicher einen virtuellen Großspeicher bilden. Eine solche E-Flotte würde ein großes Leistungspotential bei gleichzeitig niedrigem Energiepotential speichern können. Damit eignet sich die Elektromobilität vor allem zum Abfangen von Leistungsspitzen.

Neben der Bereitstellung von Antriebsenergie dienen Batterien aber auch im Freizeitbereich, sowie bei industriellen oder militärischen Anwendungen zur mobilen Versorgung von Verbrauchern mit Strom.



## IV.3 Stationäre Speicher

Stationäre Speicher erfüllen ihre Aufgabe während ihrer Lebensdauer an einem Ort. Dementsprechend sind das Volumen und die spezifische Leistung in Watt pro Kilogramm der verwendeten Speichertechnologie von nachrangiger Bedeutung. Viele stationär verwendete Batteriespeicher zeichnen sich durch einen modularen Aufbau aus und sind dementsprechend auf den jeweiligen Speicherbedarf vor Ort skalierbar. Derzeit ist der Markt für stationäre Batterie-Speichersysteme in der Startphase, langjährige Erfahrungen liegen jedoch aus dem Speichereinsatz in Inselssystemen (Off-Grid-Anlagen) in netzfernen Regionen vor. Mit einem steigenden Anteil der erneuerbaren Energien nimmt jedoch auch die Rolle von stationären Stromspeichern innerhalb des Stromnetzes zu. Die Vorhersagen für die Marktentwicklung in diesem Speichersegment variieren stark, für die nächsten 10 bis 15 Jahre wird dieser Teilmarkt jedoch voraussichtlich ein Volumen im Milliarden-Euro-Bereich erreichen.

Im netzgekoppelten Betrieb übernehmen stationäre Speicher eine Vielzahl von möglichen Aufgaben. So sichern sie die Qualität der Spannung und stellen Reserve- und Regelleistung bereit. Stationäre Speicher können durch die Leistungs- und Frequenzregelung zur Primärregelung in Netzen beitragen und Minutenreserven bereitstellen. Beim Lastmanagement leisten stationäre Speicher einen Beitrag zum Ausgleich von Schwach- und Starklastzeiten. In Kombination mit Stromerzeugungsanlagen, die erneuerbare Energiequellen nutzen, können die stationären Speicher Aufgaben beim Erzeugungsmanagement übernehmen und bei Stromausfällen die unterbrechungsfreie Stromversorgung von Verbrauchern sowie eine Notstromversorgung garantieren [Fraunhofer ISE / Fraunhofer AST / VKPartner: 2009, S. 11].

### IV.3.1 Zentral

Zentrale Speicher können sowohl in Form von großen mechanischen Speichern aber auch stationäre Großbatterien Primärregelleistung bereitstellen und zur Stabilisierung des Netzes beitragen. Während Großbatterien standortflexibel sind, ist der Einsatz von Pumpspeichern oder größeren Druckluftspeichern an lokale, geographische Voraussetzungen gebunden. Bei den Druckluftspeichern sind hier Kavernen und Salzstöcke zu nennen, Pumpspeicher benötigen geeignete Flächen für Ober- und Unterbecken. Dabei liegen geeignete Standorte nicht immer auch in der Nähe von entsprechenden Lastzentren und die Errichtung solcher Speicher bedingt größere Eingriffe in die Umwelt, was zu entsprechenden Genehmigungshürden und Akzeptanzschwierigkeit bei der örtlichen Bevölkerung führen kann.

# IV

## ● Speicher- und Anwendungsklassen

### Speicher- und Anwendungsklassen

#### Virtuelle Speicher

Bei virtuellen Speichern werden mehrere Stromspeicher in einem Pool gebündelt und aus verschiedenen dezentralen Erzeugungseinheiten mit Strom gespeist. Die Lade- und Entladevorgänge werden hingegen zentral über eine Software gesteuert. Auf diese Weise lässt sich eine optimierte Auslastung des Speichers gewährleisten, die den Effizienzgrad von einzelnen dezentralen Speicherlösungen überschreitet. Genutzt werden solche Systeme als Kurzzeitspeicher, die Spitzen in Stromproduktion und -nachfrage über wenige Stunden ausgleichen.

#### IV.3.2 Dezentral / Lokal / Off-Grid

Dezentrale Speicher ergänzen die verbrauchsnahe Stromerzeugung und können damit einen Beitrag zum Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung aus regenerativen Energiequellen leisten. In einzelnen Verteilnetzen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien tragen diese in Spitzenzeiten bis zu 80 Prozent zum Stromangebot bei. Ein stärkerer Einsatz von dezentralen Speichern schränkt zudem den Ausbaubedarf der Übertragungsnetze ein, da beispielsweise die Verteilnetze weniger Solarstrom aufnehmen müssen und weniger dezentral erzeugter Strom zu ortsfernen Verbrauchern oder zentralen Speichern übertragen werden muss. Als Backup-System können dezentrale Speicher die Versorgungssicherheit für ihre Betreiber erhöhen, da der eigene Speicher Stromausfallzeiten temporär überbrückt und damit eine unterbrechungsfreie Versorgung sicherstellt.

Für die herstellende Industrie eignen sich stationäre Großspeicher, um Lastspitzen abzufedern und damit den Bezug von Spitzenlaststrom aus dem Netz zu reduzieren. Mehrere Hersteller bieten in diesem Segment spezielle Container mit Speichersystemen an. Weitere Argumente für einen Einsatz von Speichern in Industrieunternehmen sind der Schutz vor Stromausfällen und die Sicherung der Stromqualität für hochsynchrone Antriebssysteme.

Eine weitere dezentrale Lösung ist der Einsatz von Speichern in Off-Grid-Systemen, also in Stromkreisläufen, die nicht an das öffentliche Stromnetz angeschlossen sind. Beispielhaft dafür sind die Stromversorgung der Bevölkerung von ländlichen und netzfernen Gebieten in Schwellen- und Entwicklungsländern sowie der Einsatz in Telekommunikationseinrichtungen wie Mobilfunkanlagen. In solchen Inselnetzen wird der Strom bislang meist von Dieselgeneratoren erzeugt, die neben entsprechenden Emissionen auch hohe Kraftstoffkosten verursachen, da dieser meist über weitere Strecken angeliefert werden muss. Energiespeicher ermöglichen hier die Glättung von Lastspitzen, was eine wirtschaftlichere Betriebsführung der Dieselgeneratoren ermöglicht. In Verbund mit einem Speicher lassen sich Dieselgeneratoren auch durch die Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen ersetzen oder zumindest ergänzen.

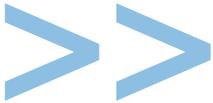




# V Speicher für

- Photovoltaikanlagen





## V. Speicher für Photovoltaikanlagen

In der Vergangenheit wurde in Deutschland der in Solaranlagen erzeugte Strom in der Regel vollständig gegen Zahlung einer Einspeisevergütung in das Stromnetz eingespeist. Begründet war dies in der Logik des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), das die Zahlung eines festen Preises je eingespeister Kilowattstunde vorsieht. Eine Ausnahme bilden hier Backup-Systeme und die Nutzung von nicht netzgekoppelten Photovoltaikanlagen zur Stromversorgung in netzfernen Gebieten, beispielsweise im alpinen Raum oder im Yachtsport.

Da bis vor kurzem die Höhe der Vergütung deutlich über den Marktpreisen für Strom und den Bezugspreisen für Haushaltsstrom lag, gab es für Anlagenbetreiber keinen wirtschaftlichen Anreiz zur freiwilligen Direktvermarktung oder zum Eigenverbrauch des erzeugten Stroms. Dies erklärt auch, warum die Nachrüstung von Speichern für ältere Bestandsanlagen, die von hohen Einspeisetarifen mit zwanzigjähriger Bindung profitieren, unter Renditeaspekten nicht attraktiv ist. Überlegenswert ist der Einsatz eines Speichers für diese Gruppe nur dann, wenn die auf 20 Jahre angelegte Vergütung nach EEG-Sätzen ausläuft und die dann abgeschriebene Solaranlage weiter betrieben werden soll.

Im Jahr 2009 wurde im Rahmen einer Novellierung des EEG ein Eigenverbrauchsbonus eingeführt, der einen Anreiz setzen sollte, anstelle einer Volleinspeisung einen Anteil des erzeugten Stroms selbst zu verbrauchen. Steigende Strombezugspreise und kontinuierlich sinkende Vergütungssätze (Degression) für neue Photovoltaikanlagen haben jedoch dazu geführt, dass die Einspeisevergütung unter den durchschnittlichen Strombezugspreis für Haushaltskunden gesunken ist und damit ein natürlicher Anreiz besteht, Strom selbst zu verbrauchen. Dementsprechend erhalten Anlagen, die seit 2012 ans Netz angeschlossen werden, den Eigenverbrauchsbonus nicht mehr.

Mit der Novellierung des EEG im Sommer 2012 wird für Anlagen zwischen 10 kW und 1 MW nur noch 90 Prozent der innerhalb eines Jahres erzeugten Strommenge vergütet. Für kleinere Anlagen bis 10 kW, wie sie für Einfamilienhäuser typisch sind, sowie bei Freiflächenanlagen und sonstigen Anlagen bis 10 MW liegt die Vergütung weiterhin bei 100 Prozent der erzeugten Strommenge. Diese Regelung findet seit dem 1. Januar 2014 Anwendung und betrifft Anlagen, die zum 1. April 2012 in Betrieb gegangen sind. Für kleinere Systeme besteht demnach keine Pflicht zum Eigenverbrauch, er steht jedoch als Option jedem Anlagenbetreiber offen.

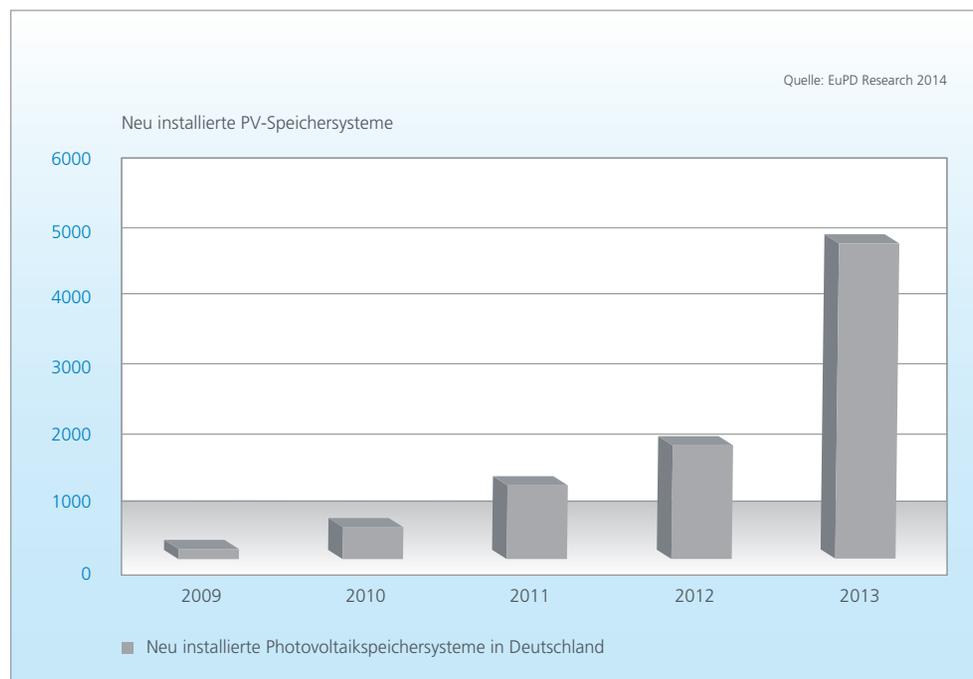
# V

## • Speicher für Photovoltaikanlagen

### Speicher für Photovoltaikanlagen

Anders sieht die Situation für Anlagen aus, die erst kürzlich ihren Betrieb aufgenommen haben oder aber derzeit geplant werden. Aufgrund der gegenläufigen Entwicklung von Strompreisen und EEG-Vergütung rückt der Eigenverbrauch von Solarstrom zunehmend in den Fokus von Solaranlagenbetreibern und weist eine wirtschaftlich interessante Perspektive auf, die in den kommenden Jahren noch steigende Bedeutung erlangen wird. Während der durchschnittliche Strombezugspreis für einen Drei-Personen-Haushalt derzeit bei rund 29 Ct/kWh liegt, beträgt der Vergütungssatz nach EEG für Strom aus Photovoltaikanlagen bis 10 kW, die im April 2014 an das Stromnetz angeschlossen wurden, nur 13,28 Ct/kWh. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in der Entwicklung bei den in Deutschland neu installierten Speichersystemen wider, wo seit 2009 ein relativ kontinuierlicher Anstieg bei den jährlich neu installierten Systemen zu beobachten ist, der 2013 – auch auf Grund der neu eingeführten Förderung – mit rund 5.000 neu installierten Photovoltaikspeichern stark gegenüber den Vorjahren wächst.

< Grafik 8 Neu installierte Photovoltaikspeichersysteme in Deutschland



Je höher Anlagenbetreiber ihren Eigenverbrauchsanteil steigern können, umso höher fällt auch die Rentabilität der Anlage aus. Der finanzielle Vorteil beim Eigenverbrauch liegt auch darin begründet, dass neben den eigentlichen Stromkosten auch Stromnebenkosten wie die EEG-Umlage oder Netznutzungsentgelte derzeit nicht für den selbst verbrauchten Strom entrichtet werden

müssen. Auf der anderen Seite sinkt auch die durch das EEG entstehende finanzielle Belastung für die Allgemeinheit, da für den selbst verbrauchten Strom keine Vergütung in Anspruch genommen wird.

Ein weiteres Argument, das für den Einsatz von Speichern spricht, ist der Wunsch von Anlagenbetreibern, die Abhängigkeit vom jeweiligen Energieversorger zu reduzieren und durch die Entkoppelung von der zukünftigen Strompreisentwicklung langfristig Sicherheit und Planbarkeit bezüglich der eigenen Stromkosten zu gewinnen. Steht die Unabhängigkeit vom Energieversorger im Vordergrund, spielt der Autarkiegrad des Systems eine wichtige Rolle. Während der Eigenverbrauchsanteil angibt, welcher Anteil des selbst erzeugten Stroms selbst verbraucht wird, gibt der Autarkiegrad Auskunft darüber, welcher Anteil des Jahresstromverbrauchs vom in der Photovoltaikanlage erzeugten Strom abgedeckt wird. Autarkiegrad und Eigenverbrauchsanteil sind die bestimmenden Größen für die Dimensionierung des Speichersystems.

Der Eigenverbrauch beschränkt sich weitestgehend auf Anlagen, die beispielsweise als Aufdachanlagen in räumlicher Nähe zu potentiellen Stromverbrauchern stehen. Ohne eine Optimierung von Stromangebot und/oder -nachfrage ist für Haushalte jedoch nur ein Eigenverbrauchsanteil von rund 30 Prozent erreichbar. Bei privaten Haushalten findet der Stromverbrauch an den Werktagen vor allem in den Morgen- und Abendstunden statt und nicht zur Mittagszeit, wenn die Stromerzeugung in der Photovoltaikanlage ihre Tagesspitze erreicht.

Anders sieht die Situation in vielen Gewerbebetrieben aus, in denen der Erzeugungsverlauf der Solaranlage eine stärkere Überschneidung mit dem Verbrauchsprofil aufweisen kann. Um Solaranlage und Speicher richtig zu dimensionieren, empfiehlt sich die Berücksichtigung des individuellen Lastprofils. Für kleinere Unternehmen kann dabei auf Standardlastprofile zurückgegriffen werden, die branchenspezifische Verbrauchsmuster und -verläufe darstellen. Bei Unternehmen mit einer Stromabnahme von mehr als 100.000 kWh pro Jahr und einer Leistung von mindestens 30 kW führen Stromversorger in der Regel Lastgangmessungen im Viertelstundentakt durch und stellen dieses Lastprofil dem Verbraucher auf Anfrage zur Verfügung. Eine weitere Alternative zur Ermittlung des individuellen Lastprofils ist eine mehrwöchige Messung vor Ort, die Rückschlüsse auf das Jahreslastprofil erlaubt.

#### Angebotsverschiebung und Verbrauchssteuerung

Anlagenbetreiber verfügen über zwei Optionen, den Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen. Zum einen kann dies durch eine Veränderung der eigenen Stromnachfrage erfolgen. Findet der Stromverbrauch eines Haushaltes vor allem dann statt, wenn die Photovoltaikanlage zur Mittagszeit ihre höchste Erzeugung erreicht, ist der Eigenverbrauchsanteil deutlich höher, als wenn die Bewohner tagsüber außer Haus sind und der Stromverbrauch vor allem in den Morgen- und Abendstunden stattfindet.



# ● Speicher für Photovoltaikanlagen

## Speicher für Photovoltaikanlagen

Der zeitlichen Verschiebung des eigenen Stromverbrauchs dürften in der Regel enge Grenzen gesetzt sein, allerdings lassen sich viele Verbraucher wie beispielsweise Waschmaschinen und Trockner durch entsprechende Programmierung teilautomatisiert an das Erzeugungsverhalten der Solaranlage anpassen. Heimautomatisierungskonzepte, die eine enge Vernetzung von Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten ermöglichen und die Nutzungsgewohnheiten der Bewohner berücksichtigen, können gleichfalls eine Lösung darstellen, um den Eigenverbrauchsanteil ohne Komfortverluste im Alltag zu steigern. Einige Anbieter von Speicherlösungen stellen auch Schnittstellen zur Verfügung, um den Speicher in ein bestehendes System zur Hausautomation zu integrieren. Feldstudien in diesem Bereich haben gezeigt, dass sich durch eine aktive Nachfragesteuerung der Eigenverbrauch um rund 10 Prozent steigern lässt.

Auf der anderen Seite lässt sich ein höherer Eigenverbrauch aber auch erreichen, wenn der Strom aus der Photovoltaikanlage zwischengespeichert wird, bis eine entsprechende Nachfrage auftritt. Der Vorteil ist, dass die Benutzer oder Bewohner eines Gebäudes ihr Verbrauchsverhalten nicht ändern müssen. Verfügt eine Photovoltaikanlage über einen entsprechenden Speicher und eine auf Optimierung des Eigenverbrauchs ausgelegte Steuerung, so lässt sich durch die Angebotsverschiebung eine deutliche Steigerung des Eigenverbrauchs erreichen. Prinzipiell ist auch eine vollständige Autarkie vom Energieversorgungsunternehmen möglich, vorausgesetzt die Photovoltaikanlage und die (Reserve-)Kapazitäten des Speichers sind entsprechend dimensioniert und ausgelegt. Da diese Lösung allerdings mit hohen Kosten einhergeht, wird von Experten eine Begrenzung der speicherinduzierten Steigerung des Eigenverbrauchanteils auf rund 60 bis 75 Prozent für sinnvoll erachtet. Grundsätzlich hängt das Potential eines Speichersystems, den Eigenverbrauch zu steigern, von der Menge des Stromverbrauchs, dem Verbrauchsprofil, der Leistung der Solaranlage sowie der Speicherleistung und -energie ab.

Neben der Nutzung von Speichern in Wohngebäuden wie Ein- und Mehrfamilienhäusern, können auch Gewerbe und Industrie von den Speichern profitieren. Neben den oben aufgeführten Argumenten können die Möglichkeiten, Nachfragespitzen zu glätten oder eine unterbrechungsfreie Stromversorgung sicherzustellen, weitere Argumente für eine Kombination von Speicher und Photovoltaikanlage sein. Viele Batteriespeicher sind aufgrund des modulartigen Aufbaus skalierbar und können damit an den jeweiligen Speicherbedarf angepasst werden.

Ein weiterer Anwendungsbereich kombiniert batteriegekoppelte Solaranlagen mit dem Einsatzbereich Elektromobilität. Erste Anbieter bieten externe Ladestationen oder in Carports integrierte Ladestationen mit Solarstromversorgung an.

Speicher in netzgekoppelten Solaranlagen sind als Anwendungsbereich derzeit noch in der Startphase zu verorten, das Marktpotential wird aber zunehmend von Anbietern und Herstellern entdeckt, so dass auch beim Angebot an passenden Speicherlösungen eine steigende Vielfalt beobachtet werden kann. Laut einer Umfrage, die der Bundesverband Solarwirtschaft im Sommer



vergangenen Jahres unter Handwerkern durchgeführt hat, hat bereits jeder zweite Solarinstallateur Erfahrungen mit der Installation von Solarstromspeichern gesammelt.

### Speicherpass

Bereits seit mehreren Jahren stellen Installateure für Photovoltaikanlagen den sogenannten Anlagenpass aus. Gemeinsam mit dem VZEH hat der Bundesverband Solarwirtschaft Ende 2013 auch für Solarstromspeicher einen Photovoltaik-Speicherpass eingeführt, der als Qualitätssiegel die fachgerechte Installation und die Qualität der verbauten Komponenten dokumentieren soll. Die Handwerker weisen damit nach, dass bei der Einrichtung des Speichers die geltenden Regeln und Normen eingehalten wurden und die erfolgreiche Installation geprüft wurde. Ausgestellt wird der Pass sowohl für Lithium-Ionen-Speichersysteme als auch für Blei-Speichersysteme. Die KfW akzeptiert den Pass auch als Fachunternehmererklärung, die Voraussetzung ist, um die Speicherförderung des Bundes zu erhalten.

## V.1 Funktionsprinzip

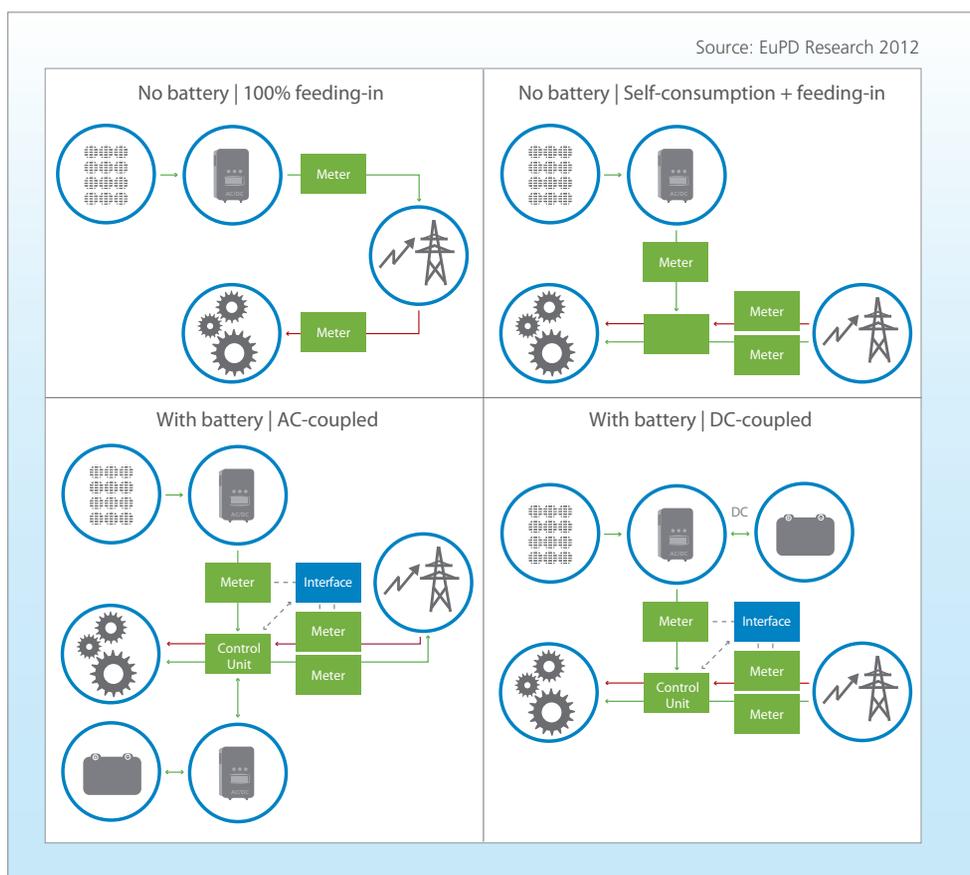
Photovoltaikanlagen erzeugen Gleichstrom, der vor der Einspeisung ins öffentliche Netz mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom umgewandelt wird. Die Einbindung einer Batterie in das Anlagendesign kann entweder auf der Gleichspannungsebene oder aber nach der Umwandlung durch den Wechselrichter auf der Wechselspannungsebene erfolgen.

Im ersten Fall erfolgt die Steuerung des Ladevorgangs mit Hilfe eines speziellen Wechselrichters, der für diese Aufgabe ausgelegt sein muss. Ein Laderegler steuert das Laden des Akkumulators mit dem Gleichspannungsstrom aus den Photovoltaikmodulen, was einen hohen Wirkungsgrad garantiert. Überschüssiger Strom wird vom Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt und in das Stromnetz eingespeist. In der Regel ist dies eine kostengünstige Lösung für Neuanlagen, bei der Nachrüstung von Bestandsanlagen mit einem Speicher muss eventuell der Wechselrichter ausgetauscht werden, wenn er nicht über einen integrierten Laderegler verfügt. Die Anlage enthält bei dieser Lösung ein einzelnes Gerät, in dem Speicher, Laderegler und Wechselrichter integriert sind. Auch Strom aus dem öffentlichen Stromnetz kann prinzipiell zum Laden des Speichers genutzt werden.

# V

## • Speicher für Photovoltaikanlagen Speicher für Photovoltaikanlagen

< Grafik 9 Verschiedene Auslegungen von Photovoltaikanlagen mit und ohne Speicher



Verfügt der Wechselrichter einer Bestandsanlage nicht über die Möglichkeit, Batteriespeicher zu steuern, so lassen sich Akkumulator und eine externe Ladesteuerung auch zwischen den Modulen und dem Wechselrichter verschalten, so dass die Batterien weiterhin mit dem Gleichspannungsstrom aus der Solaranlage geladen werden können.

Die Alternative ist der Anschluss des Stromspeichers im Wechselstromkreis, also nach der Umwandlung des Solarstroms durch den Wechselrichter. In diesem Fall wird der Solarstrom an die Verbraucher geleitet und ein eventueller Überschuss in den Speicher und/oder das öffentliche Stromnetz eingebracht. Die entsprechende Leitung der Ströme erfolgt über eine Steuerungseinheit. Prinzipiell ist es auch möglich, die Batterie mit Strom aus dem öffentlichen Stromnetz zu laden. Bei dieser Lösung findet ein spezieller Batteriewechselrichter Verwendung, der den Wechselstrom wieder zurück in Gleichstrom wandelt.

Dies ist Voraussetzung, um den Strom in einem Akkumulator speichern zu können. Bei der Wandlung treten je nach Effizienzgrad der Wechselrichter Verluste auf, allerdings ist bei dieser Option eine Feinjustierung der Komponenten nicht erforderlich. Der Betreiber ist somit bei der Auswahl der Batteriekapazität deutlich flexibler und unabhängig von der installierten Leistung der Photovoltaikanlage.

Die Ladesteuerung des Systems sorgt dafür, dass der Speicher immer dann geladen wird, wenn der Stromverbrauch des Haushaltes niedriger als der zeitgleiche Stromertrag der Photovoltaikanlage ist. Analog dazu entlädt sich der Speicher, sobald der momentane Ertrag der Solaranlage unter dem aktuellen Verbrauch liegt und stellt damit den zuvor gespeicherten Strom zum Eigenverbrauch zur Verfügung. Kann der Strom aus Photovoltaikanlage und Speicher den Eigenverbrauchsbedarf nicht vollständig decken, wird der Restbedarf über den Bezug von Haushaltsstrom aus dem öffentlichen Stromnetz gedeckt. Ist die Speicherkapazität ausgeschöpft, wird der Strom aus der Photovoltaikanlage direkt in das Stromnetz eingespeist und der Betreiber erhält die im EEG vorgesehen Vergütungssätze für jede kWh.

Aufgrund der Kosten für Solarstromspeicher ist eine vollständige Autarkie unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht empfehlenswert, wenn am Ort des Verbrauchs der Zugriff auf das öffentliche Stromnetz möglich ist.

#### Anforderungen an Speicher

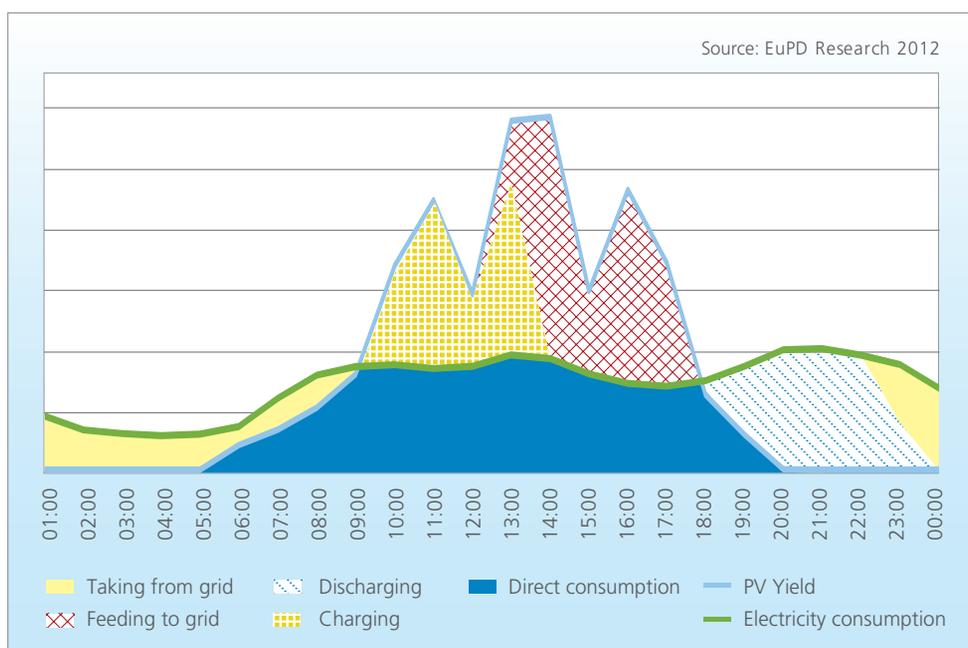
Die Auswahl der Speichertechnologie richtet sich nach dem spezifischen Verhalten und Funktionsprinzip einer Photovoltaikanlage. Aufgrund der Lasterzeugung einer Solaranlage, die von der im Tagesverlauf schwankenden Sonneneinstrahlung geprägt wird und zur Mittagszeit ihren Höhepunkt erreicht, erfolgt bei batteriegekoppelten Solaranlagen der Aufladevorgang während der Morgenstunden und zur Mittagszeit, während die Entladung in den Abend-, Nacht- und frühen Morgenstunden stattfindet. Wegen der spezifischen Erzeugungs- und Verbrauchsverläufe kommen in Solarsystemen Zyklenspeicher zum Einsatz, die mit Hilfe eines Ladereglers Strom aus der Photovoltaikanlage speichern.



# • Speicher für Photovoltaikanlagen

## Speicher für Photovoltaikanlagen

< Grafik 10 Typische Stromnutzung eines Haushaltes mit Photovoltaikanlage und Speicher



Über die angenommene Lebensdauer einer Photovoltaikanlage von 20 Jahren müssen Batterie-speicher dementsprechend mehr als 7.000 Lade- und Entladezyklen absolvieren. Weitere Kriterien bei der Auswahl bilden der Wirkungsgrad des Speichers, die Kosten für Installation, Wartung und Entsorgung, Risiken im Betrieb sowie die Kosten je Kilowattstunde Speicherkapazität.

### Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Batterien bestimmen den Markt

Aufgrund der oben aufgeführten Kriterien führen Anbieter von Speicherbatterien für Photovoltaikanlagen derzeit fast ausschließlich Lithium-Ionen-Batterien und Blei-Säure Batterien in ihrem Angebot.

Blei-Akkumulatoren sind eine erprobte Technologie, die relativ zu anderen Batterietechnologien niedrige Kosten aufweist. Aufgrund der für Blei-Speicher typischen Zyklenzahl kann es jedoch erforderlich sein, den Speicher während der auf 20 Jahre ausgelegten Lebensdauer der Photovoltaikanlage zu ersetzen. So liegt die erwartete Lebensdauer einer Blei-Batterie, die in einer Photovoltaikanlage genutzt wird, bei maximal acht Jahren und rund 2.000 Zyklen [EuPD Research: 2012, S. 139].

Bei der Auswahl der Speicherkapazität muss darauf geachtet werden, dass die Blei-Batterie von

der Anlage tatsächlich gefüllt werden kann, da kontinuierliche Teilladung zur Bildung von Sulfatschichten führt, welche die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Lithium-Ionen-Batterien werden derzeit mit erheblichen Forschungsanstrengungen für den Einsatz in Solaranlagen optimiert und dürften zukünftig deutlich stärkere Marktanteile gewinnen. Die Lebenserwartung liegt bei rund 6.000 Zyklen und 20 Jahren und entspricht damit der typischerweise für Photovoltaikanlagen angenommenen Lebensdauer.

Um die Preise für die verschiedenen Technologien, Anbieter und Batteriesysteme vergleichbar zu machen, bietet es sich an, den Preis in € in Bezug zu der tatsächlich nutzbaren Kapazität in kWh zu setzen. Die tatsächlich nutzbaren Kapazitäten weichen von der nominalen Kapazität ab, da die mögliche Entladungstiefe je nach Technologie variiert. Unter diesen Annahmen liegen die Preise für Batteriespeicher mit einer Kapazität von 4 bis 5 kWh derzeit zwischen rund 1.200 und 4.000 € je tatsächlich nutzbarer kWh. Tendenziell ist mit zunehmender Speichergröße ein Rückgang der Preise zu beobachten, da fixe Kosten für das Batteriemanagementsystem, das für die Überwachung und Regelung zuständig ist, auf eine höhere Anzahl an kWh umgelegt werden.

#### Laderegler und Steuerung

Bei speichergekoppelten Photovoltaikanlagen steuert ein Regler den Lade- und Entladevorgang. Dieser schützt den Akkumulator während des Ladevorgangs vor einer Überladung und verhindert die Tiefentladung. Das Steuerprogramm muss dabei auf den jeweiligen Speichertyp und das Design der Solaranlage ausgelegt sein. Nur so ist eine sichere Nutzung des Speichers gewährleistet, können Verluste beim Lade- und Entladevorgang begrenzt und eine hohe Lebensdauer erreicht werden. Bei Komplettsystemen übernimmt ein eingebautes Energiemanagementsystem die Steuerung der Anlagenkomponenten wie Photovoltaikanlage, Wechselrichter sowie Speicher und leitet die Energieflüsse entsprechend des Programms und des Status von Anlage und Netz. Bei einigen Komplettsystemen besteht die Möglichkeit, intelligente Geräte anzusteuern und damit die Energienachfrage von Haushaltsverbrauchern oder Elektrofahrzeugen auf Zeiten zu legen, in denen die Photovoltaikanlage viel Strom zur Verfügung stellt. Neben dem reinen Speichern werden hier zusätzliche Funktionen im Bereich Energienachfragemanagement und Hausautomatisierung bereitgestellt.

#### Monitoring und Kontrolle

Was bereits Standard bei den meisten Anbietern von Wechselrichtern ist, gilt auch für die Einbindung von Speichern in Solaranlagen. Mit Hilfe von speziellen Apps für das Smartphone, dem Internetportal des Herstellers oder einer Anzeige direkt am Gerät, können sich Nutzer über den Status ihres Systems informieren und detaillierte Verbrauchs-, Erzeugungs- und Nutzungsdaten abrufen. Für viele Anbieter ist die Option des Monitorings fester Bestandteil des Angebots bzw. des Systems, andere Anbieter stellen auf Kundenwunsch Monitoringlösungen optional zur Verfügung.

# V

## ● Speicher für Photovoltaikanlagen

### Speicher für Photovoltaikanlagen

#### Wartung

Die Anforderungen an Wartung und Kontrolle unterscheiden sich je nach verwendeter Speichertechnologie deutlich. So kommt es bei den offenen Blei-Säure-Akkumulatoren während der Nutzung zur Gasung des Akkus. Es empfiehlt sich daher eine regelmäßige (jährliche) Kontrolle des Säurestands und eventuell ein Auffüllen mit destilliertem Wasser. Geschlossene Blei-Akkumulatoren und Lithium-Ionen-Speicher sind hingegen als wartungsarm beziehungsweise wartungsfrei einzustufen. Durch den Einsatz eines Monitoringsystems ist es möglich, kontinuierlich Betriebsdaten wie die Spannung des Batteriesystems, die Temperatur der Zellen und Batteriemodule sowie am Installationsort und die Einzelspannungen der Zellen oder Module zu erfassen und über Abweichungen vom normalen Betriebszustand automatisch informiert zu werden. Zu den weiteren möglichen Wartungsarbeiten zählen die Kontrolle der Schraubverbindungen, der Batteriegestelle und -kästen sowie die Gewährleistung der Belüftung im Batterieraum. Von Seiten der Hersteller betragen die vorgegebenen Wartungsintervalle in der Regel zwischen einem und zwei Jahren.

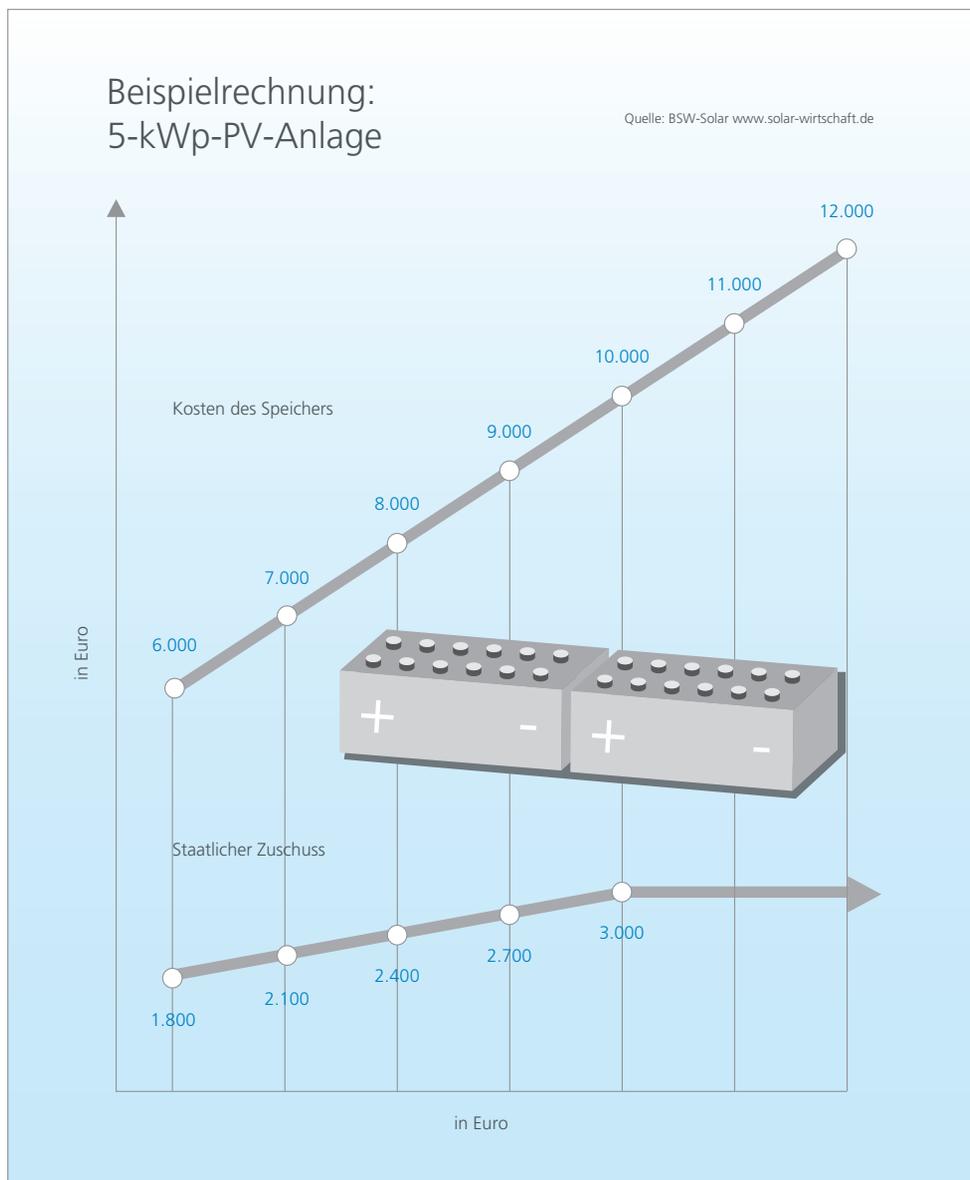
## V.2 Förderung & Wirtschaftlichkeit

### V.2.1 Förderprogramme für Solarspeicher

Seit Anfang Mai 2013 fördert das Bundesumweltministerium Solarstromspeicher mit einem neu aufgelegten Marktanzreizprogramm. Nachdem im vergangenen Jahr ein Fördertopf mit 25 Mio. € zur Verfügung stand, ist auch unter der Großen Koalition sicher, dass das Förderprogramm in 2014 Bestand hat und die Förderrichtlinie Ende 2015 ausläuft. Der bisher bekannte Neuentwurf des EEG beinhaltet keine Aussagen zu einer Speicherförderung beziehungsweise einer Einbindung von Solarstromspeichern in das EEG, so dass die weitere Zukunft der Speicherförderung ungewiss ist. Das Programm richtet sich an Betreiber von Photovoltaikanlagen, die nach dem 1. Januar 2013 installiert wurden oder erst in Zukunft ihren Betrieb aufnehmen und deren Kapazität eine Obergrenze von 30 kW nicht überschreitet. Die Höhe der Förderung hängt von den Investitionskosten für den Speicher und der Größe der Photovoltaikanlage in kW ab. Bei der Nachrüstung von Stromspeichern dient die Einzelrechnung als Nachweis für die entstandenen Speicherkosten. Bei Komplettssystemen hingegen bestimmt die Differenz aus Gesamtkosten und den Kosten für die Photovoltaikanlage (ohne Speicher) den Kostenanteil des Speichers. Bei den Kosten für die Photovoltaikanlage werden jedoch nicht die tatsächlich angefallenen Kosten berücksichtigt, sondern ein kalkulatorischer Wert pro kW, der von der KfW vorgegeben und regelmäßig aktualisiert wird. Wie bereits im Vorjahr liegt dieser kalkulatorische Wert derzeit bei 1.600 €/kW. Der tatsächliche Zuschuss in €/kW lässt sich nun mit Hilfe des Quotienten ermitteln, der aus den Kosten des Stromspeichers und der Nennleistung der Photovoltaikanlage in kW gebildet und mit dem Faktor 0,3 gewichtet wird.

Der Zuschuss ist auf maximal 660 €/kW für nachgerüstete Speicher und 600 €/kW für Komplettsystem begrenzt. Aus der Multiplikation der Nennleistung mit dem Zuschuss je kW ergibt sich die Gesamtförderung.

< Grafik 11 KfW-Förderung für Speicher am Beispiel einer 5 kW-Photovoltaikanlage





# ● Speicher für Photovoltaikanlagen

## Speicher für Photovoltaikanlagen

Um die Förderung zu erhalten, muss diese vor dem Speicherkauf beantragt werden. Neben dem Tilgungszuschuss sieht das KfW-Programm „Speicher“ mit der Programmnummer 275 auch ein zinsgünstiges Darlehen vor, mit dem sich bis zu 100 Prozent der Investition finanzieren lassen, darunter bei Neuanlagen neben dem Speicher auch die Photovoltaikanlage.

Das Stromspeicher-Programm der KfW knüpft den Erhalt der Förderung an mehrere Voraussetzungen. So muss der Stromspeicher über einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren betrieben werden. Außerdem verpflichtet sich der Anlagenbetreiber dauerhaft zur Leistungsbegrenzung. Dies bedeutet konkret, dass die Leistungsabgabe der Photovoltaikanlage am Netzanschlusspunkt nicht mehr als 60 Prozent der installierten Leistung betragen darf. Um dies sicherzustellen, muss der Wechselrichter über eine Schnittstelle zur Fernparametrierung und zur Fernsteuerung verfügen und dies mit einem Zertifikat belegt werden. Die Einrichtung des Speichers muss durch eine Fachkraft erfolgen und mit einem Inbetriebnahme-Protokoll nachgewiesen werden.

### Eigenes Förderprogramm für sächsische Privatpersonen und Unternehmen

Die sächsische Landesregierung hat 2013 ein eigenes Förderprogramm für Stromspeicher aufgelegt, das neben dem eigentlichen Speicher auch die Planungsleistungen und Systemkomponenten wie Steuereinrichtungen oder Wechselrichter fördert. Die Grundförderung beträgt die Hälfte der Kosten und wird unmittelbar nach der Installation gezahlt. Bevor der Speicher in Auftrag gegeben wird, muss jedoch zunächst ein Antrag auf Förderung gestellt und dieser auch genehmigt werden. Voraussetzung für die Förderung ist, dass die Anlage Betriebsdaten erfasst und diese nach einem und nach drei Betriebsjahren in 15-Minuten-Werten an die Sächsische AufbauBank übermittelt werden. Zudem ist die Einspeisung der Photovoltaikanlage am Netzanschlusspunkt für drei Jahre auf 40 Prozent der Nennleistung zu begrenzen. Das Förderprogramm kann nicht gleichzeitig mit anderen Förderprogrammen genutzt werden. Insgesamt stehen für das Programm für 2013 und 2014 Mittel in Höhe von 3 Mio. € zur Verfügung.

Ergänzend zu der Basisförderung sieht das Programm zwei Innovationsboni in Höhe von jeweils 10 Prozent vor. Den Innovationsbonus „Smart Demand“ erhalten Anlagen, bei denen eine innovative Steuerung der Verbraucher dazu führt, dass mindestens 10 Prozent des Stromverbrauchs direkt verbraucht werden. Einen weiteren Bonus erhalten Anlagen mit einer „hochauflösenden Datenerfassung“, die im Abstand von höchstens fünf Minuten Werte erfassen und im Internet live zur Verfügung stellen. Die Obergrenze der Förderhöhe liegt einschließlich möglicher Investitionsboni für jedes Projekt bei 30.000 €.



## V.2.2 Rendite und Wirtschaftlichkeit

In diesem Abschnitt steht die Wirtschaftlichkeit von Batteriespeichern, die im Verbund mit einer Photovoltaikanlagen eingesetzt werden, im Fokus. Anhand einer realistischen Beispielrechnung soll gezeigt werden, unter welchen Bedingungen der wirtschaftliche Betrieb eines Batteriespeichers möglich ist, welche Erwartungen Anlagenbetreiber an die Rendite haben dürfen und inwieweit Veränderungen bei den wichtigsten Variablen und Parametern die Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

< Grafik 12 Getroffene Annahme für die Konfiguration einer speichergekoppelten Photovoltaikanlage (Quelle: DCTI)

Annahmen	
Jahresstromverbrauch (4-köpfige Familie)	4.500 kWh/Jahr
Leistung der Photovoltaik-Anlage	5 kW
Autarkiegrad	65 Prozent
Anteil Strombezug	35 Prozent
Größe des Speichers (nutzbare Kapazität)	7 kWh
Kosten für die Photovoltaikanlage ohne Speicher	8200 € (entspricht 1.640 €/kW)
EEG-Einspeisevergütung (bei Installation zum 1.4.2014)	13,28 Ct/kWh
Jahresertrag der Photovoltaikanlage	960 kWh/kWp
Projektlaufzeit	20 Jahre

Die folgende Beispielberechnung gibt die Situation eines typischen Vier-Personen-Haushaltes wieder, der auf seinem Eigenheim eine speichergekoppelte Solaranlage im April 2014 neu installiert und an das Stromnetz angeschlossen hat. Die angenommenen Preise für die Komponenten und die Systemauslegung hinsichtlich Speichergröße und Kapazität der Solaranlage spiegeln diese Situation und den Zeitpunkt der Installation wider. Der Speicher ist als Kurzzeitspeicher ausgelegt, der die Tageszyklen ausgleicht und einen Autarkiegrad von 65 Prozent ermöglicht.

Die folgende Grafik zeigt auf, welches Budget für die Erstinstallation eines mit einer Photovoltaikanlage gekoppelten Speichersystems in Abhängigkeit von den Renditeerwartungen zur Verfügung steht. Des Weiteren wird zwischen Komplettsystemen mit und ohne Speicherförderung durch die KfW sowie einem konservativen und einem optimistischen Szenario unterschieden. Zur Berechnung wurde ein Speicherrechner genutzt, der von Solarpraxis und pv magazine im Rahmen eines BMU geförderten Speicherworkshops entwickelt wurde.



# • Speicher für Photovoltaikanlagen

## Speicher für Photovoltaikanlagen

< Grafik 13 Szenarien zum wirtschaftlichen Betrieb einer batteriegekoppelten Photovoltaikanlage (Quelle: DCTI)

### Konservatives Szenario\*

Budget ohne Speicherförderung		
Renditeerwartung	Speichersystem	Gesamtsystem (Speicher + Kosten für PV-Anlage von 8.200 €)
2 Prozent	1.385,00 €	9.585,00 €
3 Prozent	577,00 €	8.777,00 €
4 Prozent	keine Finanzierung möglich	keine Finanzierung möglich
5 Prozent	keine Finanzierung möglich	keine Finanzierung möglich
6 Prozent	keine Finanzierung möglich	keine Finanzierung möglich

Budget mit Speicherförderung durch KfW		
Renditeerwartung	Speichersystem	Gesamtsystem (Speicher + Kosten für PV-Anlage von 8.200 €)
2 Prozent	2.064,00 €	10.264,00 €
3 Prozent	910,00 €	9.110,00 €
4 Prozent	keine Finanzierung möglich	keine Finanzierung möglich
5 Prozent	keine Finanzierung möglich	keine Finanzierung möglich
6 Prozent	keine Finanzierung möglich	keine Finanzierung möglich

\* Der Strombezugspreis liegt im Startjahr bei 22 Ct/kWh netto und steigt anfänglich um 4 Prozent/Jahr. Die Steigerung sinkt und im 20. Jahr der Berechnung erreicht der Strompreis 30 Ct/kWh. Die Wartungskosten betragen im Startjahr 225 € und steigen jährlich um 2 Prozent an. Nach zehn Jahren findet ein Austausch des Wechselrichters für 80 €/kW und der Batterie für 400 €/kWh statt.

**Optimistisches Szenario\*\***

<b>Budget ohne Speicherförderung</b>		
Renditeerwartung	Speichersystem	Gesamtsystem (Speicher + Kosten für PV-Anlage von 8.200 €)
2 Prozent	12.577,00 €	20.777,00 €
3 Prozent	10.592,00 €	18.792,00 €
4 Prozent	8.873,00 €	17.073,00 €
5 Prozent	7.380,00 €	15.580,00 €
6 Prozent	6.077,00 €	14.277,00 €

<b>Budget mit Speicherförderung durch KfW</b>		
Renditeerwartung	Speichersystem	Gesamtsystem (Speicher + Kosten für PV-Anlage von 8.200 €)
2 Prozent	15.577,00 €	23.777,00 €
3 Prozent	13.592,00 €	21.792,00 €
4 Prozent	11.873,00 €	20.073,00 €
5 Prozent	10.380,00 €	18.580,00 €
6 Prozent	8.767,00 €	16.967,00 €

\*\* Der Strombezugspreis liegt im Startjahr bei 27 Ct/kWh brutto und die Vorsteuer für die Investition kann abgezogen werden. Der Strompreis steigt jährlich und kontinuierlich um 4 Prozent an. Die Wartungskosten betragen im Startjahr 150 € und steigen jährlich um 2 Prozent an, nach zehn Jahren wird der Wechselrichter für 80 €/kW getauscht. Bei der Batterie wird eine Lebensdauer von 20 Jahren angenommen, so dass kein Tausch stattfindet.



# • Speicher für Photovoltaikanlagen

## Speicher für Photovoltaikanlagen

Grafik 13 zeigt, dass höhere Renditeerwartungen erwartungsgemäß ein niedrigeres Budget bedingen, das für die Investition in einen Speicher zur Verfügung steht. Gleichzeitig erweitert das optimistische Szenario gegenüber dem konservativen Szenario den Budgetbereich, innerhalb dessen eine positive Rendite möglich ist. Bei den aktuellen Preisen für Batteriespeicher kann lediglich im optimistischen Szenario mit einer positiven Rendite im niedrigen einstelligen Prozentbereich gerechnet werden. Der Vergleich zeigt deutlich, dass eine höhere Renditeerwartung eine ausgeprägtere Risikobereitschaft bezüglich der Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der relevanten Variablen bedingt.

Während bei der rein EEG-finanzierten Photovoltaikanlage in der Vergangenheit ein hoher Grad an Planungssicherheit herrschte, da die Vergütungssätze über einen Zeitraum von 20 Jahren feststehen, solare Strahlung im mittleren Wert prognostizierbar ist und Risiken beim Betrieb der Solaranlage durch Garantie- und Gewährleistungsansprüche und den Abschluss entsprechender Versicherungspolicen minimiert werden können, müssen Betreiber von Speichern in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit deutlich höheren Unsicherheiten kalkulieren. Zum einen ist hier die Lebenszykluszahl der Batterie zu nennen, bei der Herstellergarantien Risiken abschwächen können. Deutlich ist hier auch ein Unterschied zwischen Blei- und Lithium-Ionen-Akkumulatoren, welche derzeit die am weitesten verbreiteten Technologien in Verbindung mit dem Einsatz in Photovoltaikanlagen sind. Während bei Lithium-Ionen-Akkumulatoren die erwartete Lebensdauer hinsichtlich der Vollzyklen mit der Nutzung einer Photovoltaikanlage über 20 Jahre weitestgehend übereinstimmt, muss beim Einsatz von Blei-Batterien davon ausgegangen werden, dass diese innerhalb der 20 Jahre mindestens einmal ersetzt werden müssen. Im Gegenzug liegen die Kosten für Blei-Batterien deutlich unter den Investitionskosten für einen Lithium-Ionen-Speicher. Die Preise für Lithium-Batteriesysteme weisen derzeit eine große Bandbreite auf. Umgerechnet auf die Kilowattstunde Nutzkapazität liegen diese zwischen rund 2.000 und 4.000 €/kWh. Systeme mit Blei-Akkumulatoren sind für rund 1.000 bis 2.000 €/kWh erhältlich.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Aussagekraft der reinen Anschaffungskosten eines Speichers jedoch nur begrenzt von Nutzen, maßgeblich ist hier der Betriebspreis pro kWh, auf dessen Basis sich verschiedene Technologien und Produkte hinsichtlich der tatsächlichen Kosten vergleichen lassen. Dieser lässt sich ermitteln, wenn die Anschaffungskosten sowie die Ausgaben für Betriebskosten durch den Wirkungsgrad, die Zahl der erwarteten Vollzyklen, die Entladetiefe und die Nennkapazität in kWh geteilt werden. Berücksichtigt werden muss zudem auch die Förderung durch die KfW-Bank, wenn diese in Anspruch genommen wird.

Nur wenn die Summe aus den Kosten je gespeicherter kWh für das Batteriesystem und den Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlage, die derzeit zwischen rund 8 Ct/kWh (Freiflächenanlage) und 14 Ct/kWh (kleine Dachanlage) liegen, niedriger als der Strombezugspreis ausfällt, ist der Betrieb eines Speichers wirtschaftlich sinnvoll [Fraunhofer ISE, 2013, S. 16]. Dies bedeutet, dass



bei einem Bezugspreis von 27 Ct/kWh für Haushaltsstrom die Kosten für die Stromspeicherung nicht mehr als 11 bis 14 Ct/kWh betragen dürfen. Dies erklärt auch, warum der Entwicklung der Strombezugspreise ein so hoher Stellenwert bei der Ermittlung der Rendite zukommt und auch die derzeit noch relativ teuren Speichersysteme über 20 Jahre eine positive Rendite erwirtschaften können, vorausgesetzt die Strombezugspreise steigen über die kommenden Jahre entsprechend stark an.

Ob in der Berechnung ein jährlicher Anstieg von zwei oder aber sechs Prozent angenommen wird, wirkt sich signifikant auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage aus. Zur Orientierung: Von 2000 bis 2013 lag der Anstieg der Strombezugspreise für Verbraucher bei jährlich rund fünf Prozent. Für Sondervertragskunden im Niederspannungsbereich fiel der jährliche Anstieg im gleichen Zeitraum mit rund vier Prozent etwas niedriger aus [Destatis: 2014, S. 45].

#### EEG-Umlage auf Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch von Solarstrom ist nach geltendem Recht von der EEG-Umlage befreit, allerdings plant die deutsche Regierung im Rahmen der EEG-Reform weitreichende Änderungen in diesem Bereich, um den Eigenverbrauch von Strom aus Photovoltaikanlagen an der Finanzierung der EEG-Kosten zu beteiligen. Entsprechende Entwürfe sehen eine Belastung des Eigenverbrauchs derzeit nur für Anlagen mit einer Nennleistung von mehr als 10 kW vor. Zudem ist geplant, für den Eigenverbrauch in den Sektoren Industrie sowie Gewerbe und Privathaushalte unterschiedliche Werte anzusetzen und auch zwischen Neu- und Bestandsanlagen zu unterscheiden. Auch wenn Details dazu noch nicht feststehen, bedeutet eine (anteilige) EEG-Umlage auf Eigenverbrauch einen negativen Effekt auf die Rendite.

#### Individuelle Wirtschaftlichkeitsberechnung erforderlich

Eine batteriegekoppelte Photovoltaikanlage ist ein System mit einer komplexen Konfiguration und entsprechend vielen Parametern und Variablen, was die Annahmen zu den Investitions- und Betriebskosten sowie den Systemparametern im Betrieb betrifft. Daher ist eine vom Fachbetrieb durchgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnung im Einzelfall unerlässlich, welche die Besonderheiten der jeweiligen Installation berücksichtigt.

Eine Finanzierung über KfW Kredite dürfte sich beim derzeitigen Zinsfuß und den Finanzierungssätzen der KfW nur vernachlässigbar auf die Rendite auswirken. Der Grund liegt im annähernd gleichen Niveau von Kreditzins und interner Verzinsung der Investition, so dass die Hebelwirkung der Fremdkapitalfinanzierung kaum gegeben ist.

In den nächsten Jahren dürfte sich jedoch mit dem Fortschritt bei den Speichertechnologien, der weiter sinkenden EEG-Vergütung und den steigenden Preisen für Haushaltsstrom die Vergleichsrendite zugunsten der Systeme verlagern, bei denen Solarstromanlagen mit einem Speicher



# • Speicher für Photovoltaikanlagen

## Speicher für Photovoltaikanlagen

kombiniert werden. Die maßgebenden Faktoren für die zukünftige Rentabilitätsentwicklung sind demnach die Kostenentwicklung bei den Speicherlösungen, das Angebot an Förderprogrammen für Batteriespeicher sowie die Entwicklung bei den Einspeisetarifen und Strombezugspreisen. Daher empfiehlt es sich für Anlagenbetreiber, die sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt aus wirtschaftlichen Überlegungen gegen die Installation eines Speichers entscheiden, in regelmäßigen Abständen eine Neubewertung der Situation durchführen zu lassen.

Für den Einbau von Systemen, die eine unterbrechungsfreie Stromversorgung garantieren, fallen in der Regel hohe Investitions- und Betriebskosten an. Anlagenbetreiber, die an solchen Lösungen interessiert sind, erhalten bei der Investition in eine batteriegekoppelte Photovoltaikanlage diese Leistung mit. Die auf diese Weise vermiedenen Kosten können ebenfalls Bestandteil einer Investitionsentscheidung sein. Die Notstromversorgung, die in vielen Batteriespeichersystemen bereits integriert ist, erlaubt in der Regel nur die Überbrückung von kurzen Zeiträumen, da anderenfalls die Dimensionierung der Speicherkapazität deutlich größer ausfallen müsste. Wichtig ist, dass der Speicher an alle drei Phasen des Hausnetzes angeschlossen ist, um im Unterbrechungsfall die Stromversorgung aller Verbraucher zu gewährleisten.

### Sonderfall Eigenverbrauchsbonus

Das EEG sah in der damaligen Fassung für Anlagen, die zwischen dem 1. Januar 2009 und dem 31. März 2012 installiert wurden, eine spezielle Eigenverbrauchsvergütung für selbst verbrauchten Strom vor. Diese setzt sich aus einer relativ geringen Vergütung für einen Eigenverbrauchsanteil von bis zu 30 Prozent und einer höheren Vergütung für jede kWh, welche die 30-Prozent-Marke überschreitet, zusammen. Zwar kann für solche Anlagen das KfW-Speicherprogramm nicht in Anspruch genommen werden (dies ist nur für Anlagen, die nach dem 1. Januar 2013 installiert wurden, möglich), im Einzelfall kann ein wirtschaftlicher Speicherbetrieb jedoch trotzdem aufgrund des Eigenverbrauchsbonus möglich sein und sollte für die jeweilige Anlagenauslegung individuell berechnet werden.

## V.2.3 Speichervermarktung im Markt für Regelenergie

Wie das vorangehende Kapitel gezeigt hat, ist der Betrieb von Speichern nicht unter allen Voraussetzungen wirtschaftlich möglich. Mit der Teilnahme am Markt für Regelenergie können sich Speicherbetreiber jedoch zusätzliche Einnahmequellen erschließen. Prinzipiell können Speicherbetreiber dort sowohl negative wie auch positive Regelenergie anbieten, müssen dafür jedoch einige Voraussetzungen erfüllen.

Um Regelenergie in der Direktvermarktung anbieten zu können, muss der Speicher über eine Leistung von mindestens 5 MW verfügen, was in der Regel nur bei kommerziellen Großspeichern der Fall ist. Die Gesetzgebung sieht jedoch vor, dass die 5 MW-Untergrenze auch durch den Zusammenschluss mehrerer Speicher in einem Pool erreicht werden kann. Erste Anbieter von Speichern



und Hauskraftwerken bieten ihren Kunden bereits die Teilnahme an solchen Pools an. Dabei meldet das Speichersystem automatisch die aktuelle Kapazität an eine zentrale Steuerungseinheit und wird bei einem Überschussangebot im Netz mit Strom geladen. Auf diese Weise erhält der Speicherbetreiber kostenlos Strom aus dem Netz.

Anbieter von positiver Regelleistung erhalten neben dem Leistungspreis, der eine Bereitschaftsvergütung darstellt, auch einen Arbeitspreis, der in der Regel deutlich über dem Preis für Strom an der Energiebörse und den EEG-Vergütungssätzen liegt. Neben den Anbietern von Hauskraftwerken haben auch erste Speicheranbieter bereits angekündigt, mittelfristig den Markt für positive Regelleistung bedienen zu wollen.

### V.3 Sicherheit

Bei Photovoltaikanlagen kommen derzeit als dezentrale Speicher Lithium-Ionen-Akkumulatoren in ihren Varianten sowie Blei-Säure-Batterien, in der Regel als geschlossene Batteriesysteme, zum Einsatz. Beide Batterietypen gelten bei sachgerechter Handhabung und ordnungsgemäßer Nutzung als relativ sicher.

Zu den potentiellen Risiken von Lithium-Ionen-Akkumulatoren zählen Brand und Explosion. So können Brände beispielsweise in Folge von technischen Defekten entstehen, die ihre Ursache bereits während des Herstellungsprozesses haben. Die Verwendung hochwertiger Akkumulatoren kann damit das Brandrisiko verringern. Zu den weiteren Brandursachen zählen mechanische Beschädigungen und thermische Belastungen, die zu inneren Kurzschlüssen führen. Aufgrund der hohen Energiedichte bei den Lithium-Ionen-Akkumulatoren kommt es in solchen Stresssituationen zu einer komprimierten Freisetzung von Energie, wodurch auch die Gefahr einer Explosion besteht. Diese Risiken lassen sich minimieren, indem die Batteriepole vor Kurzschlüssen geschützt werden und die Speicher keinen mechanischen Belastungen oder hohen Temperaturen ausgesetzt werden.

Ein weiteres Brandrisiko entsteht, wenn die Akkumulatoren überladen werden, was durch eine passend konfigurierte Ladesteuerung verhindert wird. Als weitere denkbare Maßnahmen zur Reduzierung von Brandrisiken und deren Folgen kommen bei größeren Speichersystemen die Separierung der einzelnen Speichereinheiten und deren Unterbringung in feuerbeständigen Aufbewahrungssystemen sowie die Installation einer Löschanlage in Frage. Wie bereits bei der Vorstellung der Speichertechnologien in Kapitel III geschildert, kommt des Weiteren der Materialverwendung bei der Produktion von Lithium-Ionen-Akkumulatoren eine besondere Bedeutung zu, da die Auswahl des Elektrodenmaterials das Brandrisiko beeinflusst.



# • Speicher für Photovoltaikanlagen

## Speicher für Photovoltaikanlagen

Wie bei den Lithium-Ionen-Batterien besteht auch bei den Blei-Batterien keine Gefährdung, wenn der Akkumulator unbeschädigt ist und den Vorgaben entsprechend genutzt wird. Mögliche Risiken bilden die ätzende Schwefelsäure sowie die Gefahr von Knallgasbildung während des Ladevorgangs. Beide Risiken betreffen jedoch in erster Linie offene Blei-Säure-Akkumulatoren, die allerdings in der Regel nicht in Photovoltaikanlagen als Speicher eingesetzt werden. Bei den geschlossenen Systemen kommen Betreiber nicht in Kontakt mit der Säure und der Wasserstoff kann zu Wasser zurück reagieren, so dass das Auftreten von Knallgas, das durch die Ventile entweichen kann, auf ein Minimum reduziert wird. Zudem setzen Blei-Säure-Akkumulatoren im Fall eines Kurzschlusses die Energie deutlich langsamer frei als Lithium-Ionen-Akkumulatoren, so dass in der Regel lediglich eine starke Erwärmung zu beobachten ist.

Für beide Batterietechnologien gilt, dass am Aufstellungsort eine ausreichende Lüftung gewährleistet sein muss und ein Abstand zu möglichen Zündquellen eingehalten wird. Grundsätzlich gilt, dass die Empfehlungen und Ausschlüsse der Hersteller zu beachten sind. Diese geben beispielsweise Obergrenzen für die Luftfeuchte, Temperaturschwankungen sowie zulässige Ober- und Untergrenzen für die Temperatur am Ort der Aufstellung vor. Es empfiehlt sich, die Installation eines Bleiakkumulators dem zuständigen Gebäudeversicherer zu melden.

### V.4 Rechtlicher Rahmen

Die Nutzung von Speichern in Zusammenhang mit regenerativen Energiequellen ist in Deutschland vor allem im Rahmen des EEG und des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) geregelt. Ebenso wie die eigentlichen Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien erzeugen, zählen auch Einrichtungen zur Zwischenspeicherung – wie beispielsweise Akkumulatoren - zu den Anlagen, deren Stromeinspeisung im Sinne des EEG förderfähig ist. Dementsprechend besteht auf Seiten des Betreibers ein Anspruch auf Anschluss des Speichers an das öffentliche Stromnetz, eine vorrangige Abnahme des Stroms und die entsprechende Vergütung nach den Vorgaben des EEG. Dies bedeutet, dass das EEG keine Differenzierung zwischen direkter Einspeisung des erzeugten Stroms und einer Zwischenspeicherung vornimmt. Vergütet wird allerdings nur der tatsächlich eingespeiste Strom und nicht der erzeugte Strom. Durch die Effizienzverluste beim Laden und Entladen der Batterie kann die Einspeisemenge aus dem Akkumulator niedriger ausfallen als bei der direkten Einspeisung des erzeugten Solarstroms ohne Zwischenspeicherung.

Das EEG regelt die Gleichstellung von direkter Einspeisung und Zwischenspeicherung allerdings nur hinsichtlich einer Speicherung vor Netzeinspeisung. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass für Solarstrom, der über das öffentliche Stromnetz zu zentralen Speichern transportiert wird und erst später für den Endverbrauch bereitgestellt werden soll, nicht zwangsläufig eine EEG-Vergütung in Anspruch genommen werden kann. Zwischengespeicherter Strom ist von der EEG-Umlage befreit. Damit will der Gesetzgeber vermeiden, dass bei Speicherung und Entnahme des Stroms eine Doppelbelastung erfolgt.



## V.5 Garantie und Gewährleistung

Über die gesetzlich vorgeschriebene Gewährleistungsfrist von einem Jahr bieten die Anbieter von Batteriespeichern für Photovoltaikanlagen freiwillige Garantieversprechen an. Je nach Technologie und Anbieter liegt die Garantie bei fünf bis zehn Jahren. Um die Fördermittel im Rahmen des KfW-Programms zu erhalten, muss zudem eine Zeitwertersatzgarantie des Herstellers von sieben Jahren vorliegen, die verhindern soll, dass minderwertige Batterien angeboten werden. Ersetzt wird dem Kunden dabei bei einem Defekt der Batterie der Zeitwert. Dieser wird über den Zeitraum von sieben Jahren in Form einer jährlich linear angenommenen Abschreibung ermittelt. Als Defekt gilt die Batterie, wenn ihre Kapazität 80 Prozent der Nennkapazität unterschreitet.

## V.6 Recycling

Erreichen die Akkumulatoren das Ende ihrer Lebensdauer, regelt die im Jahr 2001 überarbeitete Batterieverordnung die Entsorgung der Speicher. Hersteller sind dazu verpflichtet, die Produktverantwortung für Akkumulatoren zu übernehmen und diese über den Handel einzusammeln und nach Möglichkeit zu verwerten. Auch die öffentlichen Entsorgungsträger sind dazu verpflichtet, Akkumulatoren kostenfrei an den entsprechenden Sammelstellen anzunehmen.

Die Verbraucher von Akkumulatoren und die Betreiber der Speicher sind dazu verpflichtet, nicht mehr genutzte Batterien zurückzugeben und dürfen diese nicht über den Hausmüll entsorgen. Die Batteriehersteller haben verschiedene gemeinsame Rücknahmesysteme gebildet, die für das Einsammeln, die Weiterverwertung und das Recycling der Batterien zuständig sind.

In Altbatterien lagert auf der einen Seite ein großes Rohstoffpotential, die Nutzung von Schwermetallen und anderen chemischen Bestandteilen kann bei einigen Batterietypen allerdings bei unsachgemäßer Entsorgung ein erhebliches Umweltrisiko darstellen. Das Batteriegesetz sieht für alle Altbatterien eine stoffliche Verwertungsquote von 100 Prozent vor.

Weitere Vorgaben regeln die Verwertungseffizienz. Diese liegt beispielsweise bei Blei-Batterien bei 65 Prozent des Batteriegewichts während gleichzeitig der maximal mögliche Anteil an Blei recycelt werden muss. Dafür wird zunächst eine mechanische Trennung von Kunststoffen, Schwefelsäure und Blei durchgeführt. Anschließend erfolgt eine metallurgische Verwertung der Metalle. Auch für den Kunststoff und die Schwefelsäure besteht die Möglichkeit einer sekundären Nutzung. Bei den Lithium-Ionen-Akkumulatoren erfolgt eine Verwertung der geschlossenen Zellen im Rahmen von pyrometallurgischen Prozessen, also durch das Einschmelzen und Raffinieren der Batteriezellen. Dadurch lassen sich Cobalt und Nickel zurückgewinnen, nicht jedoch Lithium und Mangan. Im Rahmen des „Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität“ stehen jedoch Fördergelder zur Verfügung, um die Recyclingprozesse bei der Rückgewinnung von batteriefähigem Lithium zu verbessern [Goldmann, D.: 2009].



## • Speicher für Photovoltaikanlagen

### Speicher für Photovoltaikanlagen

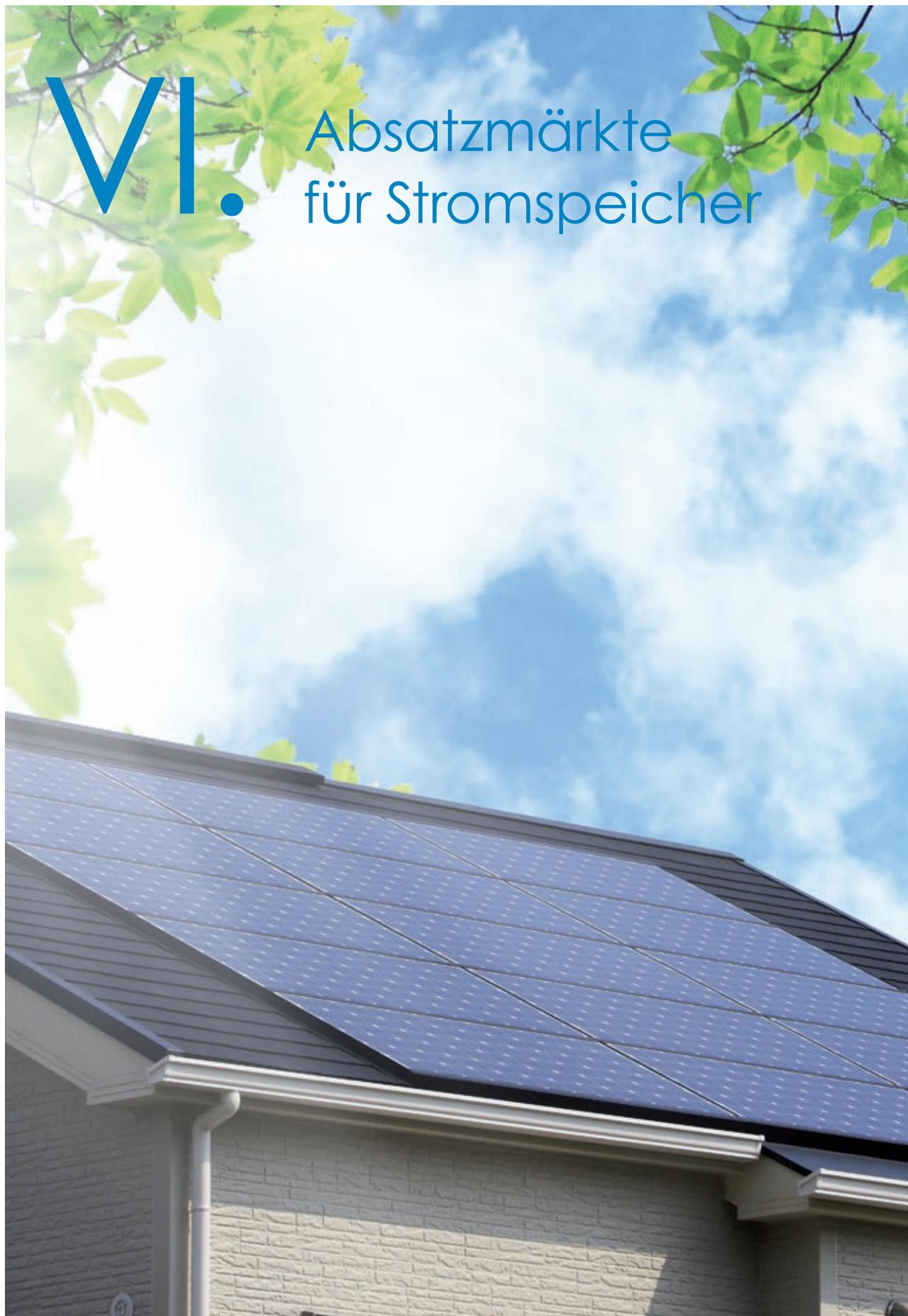
---

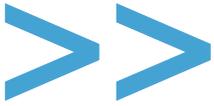
Eine weitere Überlegung betrifft die Kaskadennutzung von Batterien. Während beispielsweise die Anforderungen an Batteriespeicher für elektromobile Anwendungen sehr hoch sind und die Lebensdauer ausgeschöpft ist, wenn die Kapazität auf 70 bis 80 Prozent einer neuen Batterie sinkt, fallen die Ansprüche an stationäre Speichersysteme niedriger aus. Dementsprechend können solche Traktions-Batterien nach der Primärnutzung ein „zweites Leben“ als stationäre Speicher führen. Der Vorteil solcher Second-Use-Konzepte ist, dass die Kosten für die Speicher in stationären Anwendungen deutlich niedriger sind als dies bei neuen Batterien der Fall wäre und damit ein günstiger Einstieg in die Selbstversorgung möglich wird. Gleichzeitig kann die Zweitvermarktung auch eine positive Wirkung auf die Kosten von Elektrofahrzeugen entfalten. Erste Geschäftsmodelle bieten den Kunden die Miete von gebrauchten Speichern gegen eine monatliche Pauschale an. Dabei garantiert der Anbieter eine Mindestspeicherkapazität und tauscht die Akkus kostenlos aus, wenn diese unterschritten wird.





# VI. Absatzmärkte für Stromspeicher





## VI. Absatzmärkte für Stromspeicher

Während Pumpspeicherkraftwerke in Ländern und Regionen, die über die entsprechenden geographischen Voraussetzungen verfügen, seit vielen Jahren einen festen Bestandteil des Energieversorgungssystems bilden und ein Großteil der verfügbaren Potentiale bereits erschlossen ist, steht die Marktentwicklung für neuere Technologien, zu denen auch die Batteriespeicher zählen, erst am Anfang.

Bestimmender Faktor ist hier der Anteil der fluktuierenden Energiequellen am Energiemix auf den einzelnen Netzebenen. Erst wenn dieser eine kritische Schwelle übersteigt, die von den meisten Experten im mittleren zweistelligen Prozentbereich gesehen wird, ist der Einsatz von Speichern zwingend, um die Stabilität der Netze und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Gerade auf der lokalen Ebene in den Verteilnetzen bietet sich dann der Einsatz von Batteriespeichern an, da diese beliebig skalierbar sind und an nahezu jedem Aufstellungsort installiert werden können.

Es ist wenig überraschend, dass die Einführung von Fördersystemen und die Umsetzung von entsprechenden Regulierungsmaßnahmen vor allem dort stattfindet, wo in der Vergangenheit dem Thema „Erneuerbare Energien“ eine hohe Priorität eingeräumt wurde und diese einen steigenden Beitrag zum Energieversorgungssystem leisten.

# VI

## ● Absatzmärkte für Stromspeicher

### Absatzmärkte für Stromspeicher

---

#### Speicherpflicht in Kalifornien und Puerto Rico

Neben Deutschland, das mit der Einführung einer Speicherförderung im Mai 2013 einen Nachfragemarkt nach Batteriespeichern erst geschaffen hat, ist hier vor allem der US-Bundesstaat Kalifornien als maßgeblicher Treiber aufzuführen. Ein bereits 2010 verabschiedetes Stromspeicher-Gesetz verpflichtet die örtlichen Stromversorger dazu, ihre Speicherkapazitäten auszubauen. Im vergangenen Jahr hat die zuständige Aufsichtsbehörde, die California Public Utilities Commission (CPUC), den entsprechenden Speicherbedarf ermittelt und im Herbst die drei größten Energieversorger des US-Bundesstaats dazu verpflichtet, bis 2024 Stromspeicher mit einer kumulierten Leistung von 1.325 MW zu installieren. Dies entspricht rund 2,5 bis 3 Prozent der Spitzenlast im kalifornischen Stromnetz. Für alle anderen Stromanbieter gilt, dass diese über Speicherkapazitäten verfügen müssen, die mindestens einem Prozent ihrer individuellen Jahreshöchstlast entsprechen. Da das Gesetz vorsieht, dass die Energieversorgungsunternehmen maximal die Hälfte der Speicherkapazitäten selbst besitzen dürfen, öffnet sich hier ein neuer Markt für Anbieter und Betreiber von Speichern mit einem im weltweiten Vergleich derzeit einmaligen Volumen [CPUC: 2013].

Einen ähnlichen Weg schlägt auch Puerto Rico ein, das die Betreiber von neu installierten Stromerzeugungsanlagen, die erneuerbare Energien nutzen, dazu verpflichtet, ein Speichersystem zu integrieren, wenn diese an das öffentliche Stromnetz angeschlossen werden sollen. Die Regulierungsbehörde PREPA will dadurch den negativen Einfluss von Neuprojekten auf die Netzstabilität verringern. Gerade in Inselnetzen wie auf Puerto Rico können fluktuierende Energiequellen wie Sonnenenergie oder Windkraft ohne den Einsatz von Speichern oder Backup-Kraftwerken die Netzstabilität bedrohen, so dass die Speicher in Zukunft Systemdienstleistungen übernehmen sollen.

#### Förderung für Lithium-Ionen-Speicher in Japan

Auch das japanische Wirtschaftsministerium will in 2014 Speicher mit einer Gesamtleistung von 100 MW fördern und dafür rund 71 Mio. € zur Verfügung stellen. Gefördert werden stationäre Lithium-Ionen-Speicher mit bis zu zwei Dritteln der Investitionskosten. Für private Haushalte gilt eine Obergrenze von rund 7.300 € je Projekt, für Unternehmen liegt die Obergrenze bei rund 730.000 €. Mit weiteren Förderprogrammen unterstützt Japan die Produktion von Batterien und die Errichtung von Pilotprojekten.

Der Marktforscher IHS geht davon aus, dass der Marktanteil Deutschlands am netzgekoppelten Speicherweltmarkt bei rund elf Prozent liegt und Japans Anteil durch das neue Programm in 2013 auf 12 Prozent steigen dürfte. Insgesamt erwarten die Marktforscher bis 2017 die Installation von Speichersystemen mit einer Gesamtleistung von 6 GW weltweit.





# VII

- Stromspeicher als Baustein der Energiewende - ein Ausblick





## VII. Stromspeicher als Baustein der Energiewende – ein Ausblick

Im kurzfristigen Ausblick fällt die Bewertung für den Speichermarkt Deutschland positiv aus. Dafür sorgen die Einführung des Marktanzreizprogramms, mit dem die Politik ein Zeichen gesetzt hat, dass die Speicherthematik trotz der begrenzten finanziellen Mittel des Energie- und Klimafonds eine hohe Priorität besitzt. Auch wenn der Markt vor allem auf Grund der derzeit noch relativ hohen Systempreise nur langsam Fahrt aufnimmt, ist die Perspektive für die nächsten Jahre positiv zu bewerten, da skalenökonomische Effekte, technische Fortschritte und steigende Strombezugpreise als starke Treiber für einen zunehmend wirtschaftlichen Betrieb klar identifiziert werden können. Diese dürften den Roll-Out von Speicherlösungen deutlich verstärken und gleichzeitig dazu führen, dass die Investition in Speicher auch unter Renditegesichtspunkten ein tragfähiges und attraktives Geschäftsmodell bieten kann.

Mittelfristig sind jedoch die Rahmenbedingungen für die Rolle von Speichern und eventuelle staatliche Unterstützungsmaßnahmen nicht klar definiert und verunsichern sowohl Anbieter als auch Nutzer von Speichertechnologien. So ist unklar, wie sich der Teilmarkt für Solarstromspeicher nach dem Ausschöpfen der in der Summe gedeckelten Förderung unter der Großen Koalition weiterentwickeln wird. Derzeit priorisiert die Bundesregierung den Ausbau der Stromnetze und sieht in den Stromspeichern eine noch vergleichsweise teure Flexibilitätsoption, zu der ein klares Bekenntnis fehlt. So definieren weder das EEG-Eckpunktepapier und der EEG-Referentenentwurf die Rolle von Speichern innerhalb der Energiewende, noch existieren einheitliche Regeln, Gesetze und Zielvorgaben für den Einsatz und die Einbindung von Energiespeichern in die Energieinfrastruktur. Ausnahmeregelungen erlauben zumindest den gesetzeskonformen Betrieb. Die große Novelle des Energiemarktdesigns steht also weiterhin aus und dementsprechend unklar ist für Investoren heute, wie sich die Rahmenbedingungen für ihre Investitionsentscheidung entwickeln werden und ob die Schaffung von Kapazitätsmärkten den derzeit geltenden ordnungspolitischen Rahmen grundlegend verändern wird.

Auch wenn die Marktentwicklung nur verhalten vorangetrieben wird, stehen mit der Förderinitiative Energiespeicher jedoch gleichzeitig 200 Mio. € zur Verfügung, um Kostensenkungspotentiale im Rahmen von Forschungs- und Demonstrationsprojekten zu erschließen.

# VII. Stromspeicher als Baustein der Energiewende – ein Ausblick

Trotz des starken Wachstums der erneuerbaren Energien in Deutschland hat der Anteil regenerativen Stroms am Energiemix noch nicht die Schwelle überschritten, ab der aus Sicht vieler Experten auf den Einsatz von Speichern nicht mehr verzichtet werden kann, ohne die Netzstabilität zu gefährden. Je höher der Anteil der schwankenden erneuerbaren Energien am Strommix jedoch ausfällt, umso wichtiger wird langfristig die Integration von Speichern in das Stromnetz aus wirtschaftlichen und technischen Überlegungen. Lag im Jahr 2010 laut der aktuellen BMU Leitstudie das Verhältnis von fluktuierender zu regelbarer Leistung noch bei 1 zu 2,2, so wird erwartet, dass sich dieses Verhältnis in den kommenden Jahrzehnten zu Gunsten der fluktuierenden Leistung verschiebt. Bis 2030 erwartet die Studie ein Verhältnis von 1 zu 0,7 und für 2050 sogar von 1 zu 0,5. Diese Entwicklung macht deutlich, dass die Bedeutung von Stromspeichern zur Verlagerung des Angebots langfristig deutlich wachsen wird. So gehen der Bundesverband für Erneuerbare Energien (BEE) und die Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) in ihrer Stromausbauprognose davon aus, dass die Aufnahme von Strom durch Speicher in Deutschland von 9,2 TWh in 2007 auf 18 TWh im Jahr 2020 steigen wird [BEE / AEE: 2009, S. 29].

Ebenso wie sich das Stromangebot zunehmend regional und technologisch diversifiziert, wird auch bei den Speichern die Ausdifferenzierung weiter voranschreiten. Kurz- und Langzeitspeicher, zentrale und dezentrale Speicher werden ebenso wie stationäre und mobile Speicher spezifische Aufgaben in einem zunehmend komplexen Energieversorgungssystem wahrnehmen und einen steigenden Beitrag zur Netz- und Versorgungssicherheit sowie zum Lastmanagement leisten. Mit sinkender EEG-Vergütung und steigenden Strombezugskosten wird zukünftig der Eigenverbrauch – auch in Kombination mit Stromspeichern – als Entscheidungskriterium für die Investition in eine Photovoltaikanlage gegenüber der Direktvermarktung oder der Einspeisung gegen EEG-Zahlung an Bedeutung gewinnen.

Grundsätzliches Interesse an Batteriespeichern ist bei den Betreibern von Photovoltaikanlagen bereits heute zu beobachten. Ob daraus auch eine Kaufentscheidung erfolgt, dürfte vor allem davon abhängen, ob die Speicheranbieter in Zukunft die Kosten für Speichersysteme reduzieren können und diese sich verlässlich in das Gesamtsystem einfügen. Den Unternehmen kommt die Aufgabe zu, potentiellen Kunden den Nutzen von batteriegekoppelten Stromerzeugungsanlagen aufzuzeigen und Bedürfnisse wie Sicherheit der Stromversorgung, Autarkie vom Energieversorger und Rendite zu adressieren.

Neben den derzeitigen Erlösmodellen ist zunehmend die Umgestaltung des Energiemarktdesigns hin zu einem Kapazitätsmarkt im Gespräch. Dies bedeutet, dass nicht nur die Bereitstellung von Strom, sondern auch von Kapazitäten vergütet wird. Eine Umstellung von der verbrauchsgesteuerten Nutzung der Speicher hin zu einem netzgeführten Einsatz könnte bei entsprechender Vergütung weitere Anreize für den Ausbau der Stromspeicher bieten, da der gesamtwirtschaftliche Nutzen solcher Mehrfachnutzenmodelle deutlich höher ist.





# VIII. Verzeichnisse

## VIII.1 Literaturverzeichnis

50Hertz Transmission, Tennet TSO, Amprion, TransnetBW, „Netzentwicklungsplan Strom. 2. überarbeiteter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber“, 2012.

AGEB (AG Energiebilanzen), „Stromerzeugung 1990-2013 nach Energieträgern“, in: [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de), Berlin/Köln, 02/2014.

ALINGHO, „Update zu Speichertechnologien – Wo stehen wir mit diesen wichtigen Wegbereitern für das Wachstum der Erneuerbaren Energien. Aktuelle Bewertung von Strom-Speichertechnologien und deren Potenzial für die Zukunft“, München, 2011.

BattG (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren, in der ab 24. Februar 2012 geltenden Fassung), in [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de), 03/2013.

BEE (Bundesverband für Erneuerbare Energien / AEE (Agentur für Erneuerbare Energien), „Strom-Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche. Stromversorgung 2020. Wege in eine moderne Energiewirtschaft“, Berlin, 2009.

BSW Solar (Bundesverband Solarwirtschaft), „Begleitdokument zum PV-Speicherpass. Version 1.0.2“, in: [www.photovoltaik-anlagenpass.de](http://www.photovoltaik-anlagenpass.de), Berlin, 02/2014.

C.A.R.M.E.N. (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk), „Marktübersicht Batteriespeichersysteme“, in: [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de), Straubing, 03/2014.

CPUC (California Public Utilities Commission), „Decision adopting energy storage procurement framework and design program“, in: [www.cpuc.ca.gov](http://www.cpuc.ca.gov), 03/2014.

dena (Deutsche Energie-Agentur), „dena-Studie Systemdienstleistungen 2030. Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Endbericht“, Berlin, 2014.



DESTATIS (Statistisches Bundesamt), „Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung. Lange Reihen von Januar 2000 bis Februar 2014“, in: [www.destatis.de](http://www.destatis.de), 03/2014“, Wiesbaden.

Deutsche Bank (Auer, J. / Keil, J.), „Moderne Stromspeicher. Unverzichtbare Bausteine der Energiewende“, Frankfurt/Main, 2012.

EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz. Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der ab 20. Dezember 2012 geltenden Fassung), in: [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de), 03/2013.

efzn (Energie-Forschungszentrum Niedersachsen), „Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit. Abschlussbericht“, Goslar, 2013.

EnWG (Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung in der ab 4. Oktober 2013 geltenden Fassung), in: [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de), 03/2013.

EuPD Research, „Electricity Storage. Global Leading Technology Provider“, Bonn, 2012.

Fraunhofer ISE / Fraunhofer AST / VKPartner (Hannig, F. / Smolinka, T. / Bretschneider, P. / Nicolai, S. / Krüger, S. / Meißner, F. / Voigt, M.), „BMW-Auftragsstudie 08/28. Stand und Entwicklungspotential der Speichertechniken für Elektroenergie – Ableitung von Anforderungen an und Auswirkungen auf die Investitionsgüterindustrie“, Freiburg, 2009.

Fraunhofer ISE (Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme), „Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien“, Freiburg, 2013.

Goldmann, D., „Recycling von Batterien“, Vortrag im Rahmen der dritten Niedersächsischen Energietage. Goslar, 11/2009.

# VIII. Verzeichnisse



JRC (Joined Research Centre), „Strategic Energy Technology Plan. Scientific Assessment in support of Materials Roadmap enabling Low Carbon Energy Technologies – Electricity storage“, Luxembourg, 2011.

Leipziger Institut für Energie GmbH, „Wirtschaftlichkeit Batteriespeicher. Berechnung der Speicherkosten und Darstellung der Wirtschaftlichkeit ausgewählter Batterie-Speichersysteme“, Leipzig, 2014.

RWE, „ADELE – Der adiabate Druckluftspeicher für die Elektrizitätsversorgung“, Essen/Köln, 2010.

Sauer, Dirk Uwe, „Marktanreizprogramm für dezentrale Speicher insbesondere für PV-Strom. Kurzgutachten“, ISEA RWTH Aachen, Aachen, 2013.

SAB (Sächsische AufbauBank), „Merkblatt InES1. Netzgekoppelte dezentrale Stromspeicher“, Dresden, 2013.

UBS Investment Research, „The unsubsidised solar revolution“, in:www.ubs.com, 01/2013

---

## VIII.2 Abbildungsverzeichnis

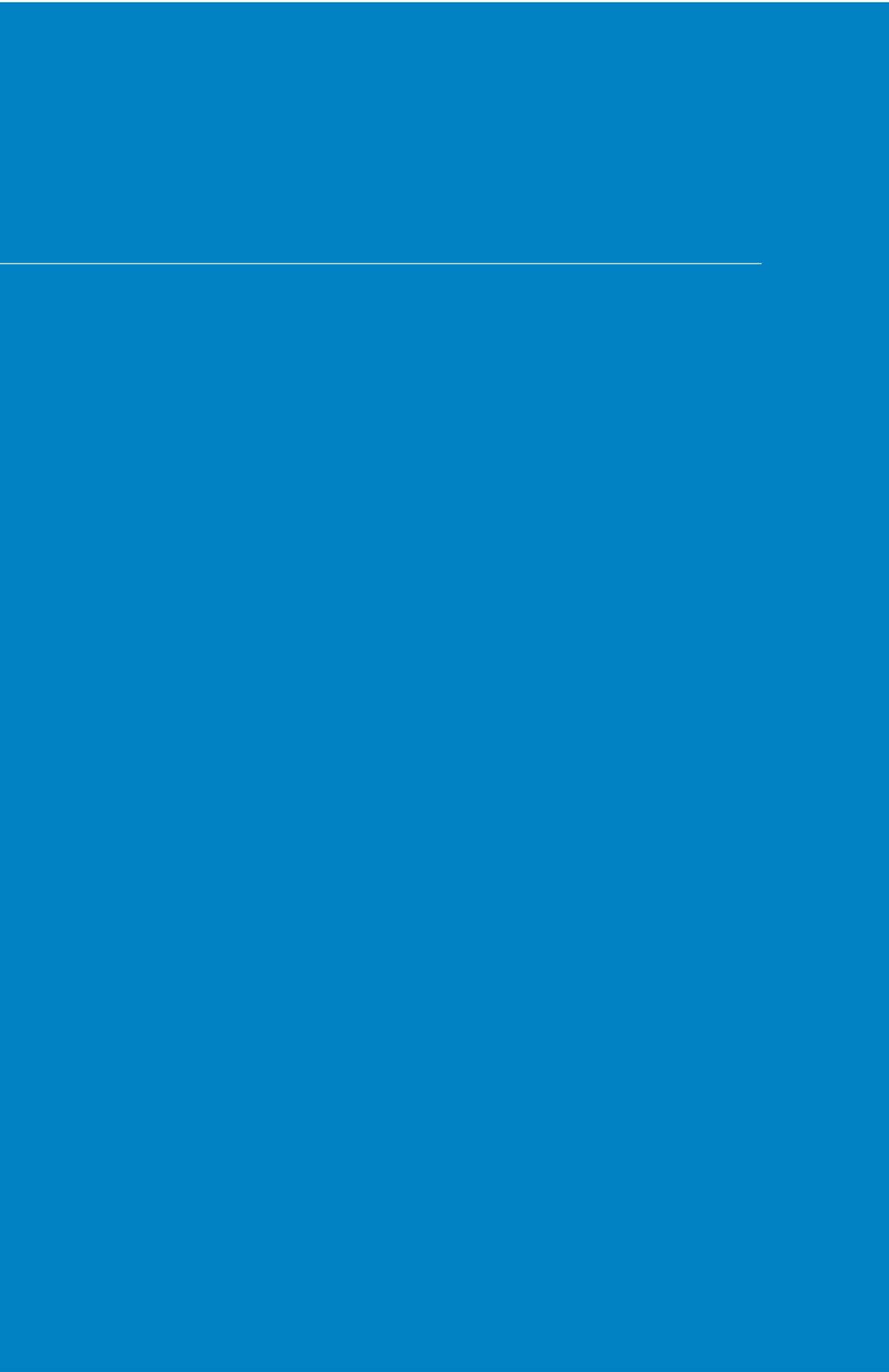
01 Kosten und Marktreife ausgewählter Speichertechnologien im Vergleich	S. 8
02 Zeitlicher Ablauf des Einsatzes von Regelenergie (Quelle: Statkraft)	S. 13
03 Typische Speicherkapazität verschiedener Stromspeicher	S. 18
04 Wirkungsgrad unterschiedlicher Stromspeichertechnologien	S. 20
05 Schematische Darstellung eines adiabaten Druckluftspeicherkraftwerks	S. 24
06 Eigenschaften von Blei-Akkumulatoren	S. 27
07 Eigenschaften von Lithium-Ionen-Akkumulatoren	S. 29
08 Neu installierte Photovoltaikspeichersysteme in Deutschland	S. 44
09 Verschiedene Auslegungen von Photovoltaikanlagen mit und ohne Speicher	S. 48
10 Typische Stromnutzung eines Haushaltes mit Photovoltaikanlage und Speicher	S. 50

# VIII. Verzeichnisse

11 KfW-Förderung für Speicher am Beispiel einer 5 kW-Photovoltaikanlage	S. 53
12 Getroffene Annahme für die Konfiguration einer speichergekoppelten Photovoltaikanlage	S. 55
13 Szenarien zum wirtschaftlichen Betrieb einer batteriegekoppelten Photovoltaikanlage	S. 56

## VIII.3 Bildverzeichnis

www.fotolia.de: The dream house 37 © slavun	Cover
www.fotolia.de: summer landscape with river and blue sky © Irochka	S. 6
www.fotolia.de: Staumauer des Kraftwerks Kaprun © Zechal	S. 10
www.fotolia.de: Environmental problems and high-tech innovations © Sergey Nivens	S. 16
www.fotolia.de: Crystal Global on Financial Chart © lily	S. 36
www.fotolia.de: clean energy © panthesja	S. 42
www.fotolia.de: 空に伸びる葉 © farsouthtommy	S. 66
www.fotolia.de: Solarfeld © VRD	S. 70
www.fotolia.de: Making notes © pressmaster	S. 80



# IX • Experteninterview





Herr Tobias Rothacher  
Senior Manager Energien, Umwelt & Rohstoffe  
Germany Trade & Invest

### 1. Kurzvorstellung

Germany Trade & Invest (GTAI) ist die Gesellschaft der Bundesrepublik Deutschland für Außenwirtschaft und Standortmarketing. Die Gesellschaft vermarktet den Wirtschafts- und Technologiestandort Deutschland im Ausland, informiert deutsche Unternehmen über Auslandsmärkte und begleitet ausländische Unternehmen bei der Ansiedlung in Deutschland.

Tobias Rothacher ist Senior Manager im Team für Energie, Umwelt & Rohstoffe bei Germany Trade & Invest mit Fokus auf Photovoltaik und Energiespeicherung. Als Wirtschaftsingenieur war er zuvor bei namhaften Unternehmen in der internationalen Geschäfts- und Projektentwicklung in den Bereichen Bioenergie und Photovoltaik tätig.

### 2. Welche Energiespeichertechnologien stehen für Sie auf dem deutschen Markt im Vordergrund?

In Deutschland wird eine Vielfalt an innovativen Speichertechnologien nicht nur entwickelt, sondern auch umgesetzt. Es gibt zahlreiche innovative Großprojekte, die zum Teil von Energieversorgern oder der Industrie initiiert wurden, wie beispielsweise Batterien auf Pellworm, Power-to-Heat in Flensburg oder Power-to-Gas in Falkenhagen. Auch bei kleineren Speichern werden innovative Speicherlösungen entwickelt, von Batterien über Power-to-Heat bis hin zu wasserstoffbasierten Speichern.

### 3. Was sind die wichtigsten Treiber für den Einsatz von Speichertechnologien in Deutschland?

Für kleine Speicher sehen wir bereits heute einen konkreten Markt im Bereich der PV-Speicher. Die stark gesunkenen Gestehungskosten für Solarstrom und der sich daraus ergebende Preisunterschied zum Netzstrom geben den Nutzern planbare Investitionsbedingungen. Im Privatkundensegment mit PV-Anlagen unter 10 kWp beträgt dieser Preisunterschied bereits heute rund 0,15 EUR/kWh. Die Speicherkosten mit Batterien fallen derzeit mit etwa 0,20 EUR/kWh für den Massenmarkt noch etwas zu hoch an – wir erwarten hier jedoch in den nächsten drei Jahren eine starke Preisdynamik und einen damit einhergehenden Marktdurchbruch mit mehr als 100.000 Speicherinstallationen jährlich.

# IX. Experteninterview

## 4. Und was sind die wichtigsten Treiber für den Einsatz von Großspeichertechnologien?

In den letzten zwei Jahren sehen wir beispielsweise einen starken Anstieg an neuen Batteriespeichern im Markt für Regelenergie. Aber auch an Industriestandorten werden zum Teil Batterien zur Verminderung von Lastspitzen eingesetzt. Viele Energieversorger investieren in innovative Technologien und Pilotprojekte, und sogar Stadtwerke oder Kommunen planen derzeit Großspeicherprojekte.

## 5. Welche Herausforderungen sehen Sie für die Energiespeicherindustrie um einen Massenmarkt zu etablieren?

Neben den Kosten sehen wir die Entwicklung und Einführung von Sicherheitsstandards als große Notwendigkeit. Gerade in dieser Hinsicht könnte Deutschland eine Vorreiterrolle einnehmen, indem hier und heute die Industriestandards der Zukunft entwickelt und definiert werden. Viele internationale Hersteller arbeiten bereits heute eng mit deutschen Instituten und Unternehmen, um ihre Produkte nach den hiesigen Standards und Zertifizierungsbedingungen auszurichten.

## 6. Wie wird der Speichermarkt in Deutschland konkret unterstützt?

Deutschland unterstützt den Markt über die staatliche KfW-Bank, die für Speicherprojekte Zuschüsse und zinsgünstigen Darlehen bietet. Für die Betreiber garantiert dies eine klar kalkulierbare Kapitalkostenstruktur über lange Laufzeiten, was ein wichtiger Eckpfeiler für einen funktionierenden Markt darstellt.

Für Solarstromspeicher hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) bereits im letzten Jahr in Zusammenarbeit mit der KfW-Bank ein neues Förderprogramm ins Leben gerufen. Neben einem zinsgünstigen Darlehen bietet das Programm einen Tilgungsbeitrag bis zu 30 Prozent der Batteriekosten.

Auch für größere Speicher bietet die KfW-Bank zahlreiche Programme für eine Vielzahl von Kunden, z. B. für Unternehmen, Kommunen oder Stadtwerke.





# Unternehmensverzeichnis

	86
<b>VARTA Storage</b>	88
	90
	92
	94
<b>PLATINUM</b> Next Energy Solution.	96

**GILDEMEISTER**  
energy solutions

98

 **ENERGY<sup>®</sup>  
STORAGE**  
EUROPE

100

  
electrical energy storage

102

ENERGY STORAGE  
**E3**  **DC**

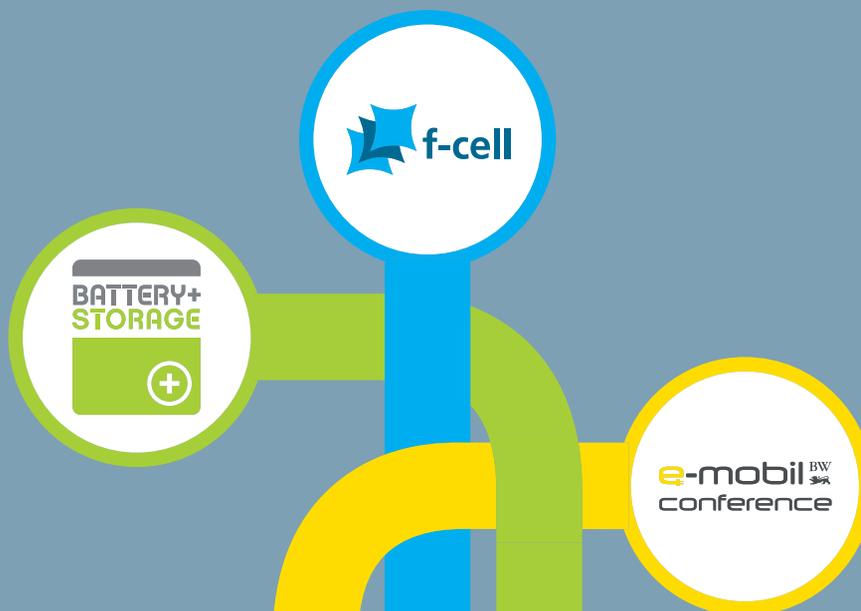
104

 **BayWa re.**  
renewable energy

106

# WORLD OF ENERGY SOLUTIONS

Messe Stuttgart



Was sind die Technologien, die die Energiezukunft bestimmen? Wie werden Fahrzeughersteller, Mobilitätsanbieter, Systemlieferanten und Energieversorger künftig zusammenarbeiten? Dies sind die Leitfragen der **WORLD OF ENERGY SOLUTIONS**.

Die internationale Fachmesse und Konferenz ist das Verbindungsglied der Innovationsfelder Energieversorgung, -speicherung und Mobilität mit ihren vielfältigen Dienstleistungen und Angeboten.

**WORLD OF ENERGY SOLUTIONS** – Treffpunkt für die Macher der internationalen Energie- und Mobilitätszukunft.

**6. – 8. Oktober 2014**  
**12. – 14. Oktober 2015**

[www.world-of-energy-solutions.de](http://www.world-of-energy-solutions.de)

## WORLD OF ENERGY SOLUTIONS Der Treffpunkt für die Macher der internationalen Energie- und Mobilitätszukunft

---



Energieversorger, regionale Mobilitätsverbände, Technologieführer ebenso wie Spitzenkräfte aus Wissenschaft, Forschung, Verwaltung und Industrie treffen sich jedes Jahr im Oktober auf der WORLD OF ENERGY SOLUTIONS in Stuttgart. Die internationale Messe und Konferenz verbindet die Innovationsfelder dezentrale Energieversorgung, -speicherung und Mobilität mit ihren vielfältigen Dienstleistungen und Angeboten.

Wie in Zukunft Fahrzeughersteller, Mobilitätsanbieter, Systemlieferanten und Energieversorger zusammenarbeiten, ist eine der Leitfragen der WORLD OF ENERGY SOLUTIONS. Internationale Experten stellen in ihren Vorträgen energiewirtschaftliche Szenarien vor und zeigen erweiterte Dienstleistungspotenziale auf. Von der übergreifenden internationalen Roadmap zu technischen Schlüsselkomponenten, von der Datensicherheit in vernetzten Verkehrssystemen zu dezentralen Speicherlösungen für regenerative Energien bietet die WORLD OF ENERGY SOLUTIONS Einblicke in Unternehmensstrategien, Geschäftsmodelle und die am Markt konkurrierenden Technologien. International führende Hersteller präsentieren dazu auf dem Messegelände ausführlich ihre neuen technologischen Lösungen und Fahrzeuge.

Seit 2012 bündeln die BATTERY+STORAGE, die e-mobil BW conference und die f-cell in der WORLD OF ENERGY SOLUTIONS Potenziale und Netzwerke zum zentralen internationalen Messe- und Konferenzereignis für die Konvergenz von Energieerzeugung, Speichersystemen und Mobilitätslösungen. Die WORLD OF ENERGY SOLUTIONS ist ein Gemeinschaftsprojekt der e-mobil BW GmbH, der Landesmesse Stuttgart GmbH, der Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH und der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH.

### Termine der WORLD OF ENERGY SOLUTIONS:

6. – 8. Oktober 2014

12. – 14. Oktober 2015

Mehr Infos und alle Ansprechpartner für Standbuchungen sowie Anmeldungen zur Konferenz und Messe unter: [www.world-of-energy-solutions.de](http://www.world-of-energy-solutions.de)

GROSSES ENGION  
ONLINE-GEWINNSPIEL

Wir suchen  
die Helden der  
Nachhaltigkeit!

Alle Infos: [www.engion.com](http://www.engion.com)



## DIE ENERGIEWENDE FÜRS EIGENHEIM

**Engion: Sonne auf Abruf.** Angesichts steigender Strompreise wird Unabhängigkeit bei der Energieversorgung immer wichtiger. Photovoltaikanlagen bieten die Möglichkeit, Energie kostengünstig und autark zu erzeugen. Allerdings kann der

selbstproduzierte Strom nur genutzt werden, wenn die Sonne scheint. Die VARTA Storage GmbH bietet eine Lösung, die Sonnenenergie jederzeit abrufbar macht: den Energiezwischen-speicher Engion.

**engion**

- ▶ made in Germany
- ▶ by VARTA Storage GmbH



Besuchen Sie uns auf der Intersolar in München vom 4.6. bis 6.6.2014, Halle B1 Stand 210

[www.engion.com](http://www.engion.com)

## „Engion Family“- Der ideale Batteriespeicher von VARTA Storage

---

Den Experten der VARTA Storage ist die Entwicklung eines Batteriespeichers mit wettbewerbsüberlegenen Eigenschaften gelungen: Der „Engion Family“-Speicher von VARTA Storage lässt sich an jede Photovoltaik-Anlage anschließen und ist durch seine modulare Bauweise auf den individuellen Energieverbrauch jederzeit anpassbar. Zukünftige Batteriezellentechnologien können auch noch in vielen Jahren mit dem jetzigen Basissystem kosteneffizient kombiniert werden. Das kann nur Engion von VARTA Storage. Zudem kann mit einem Engion-Batteriespeicher der Eigenverbrauch des selbst erzeugten Solarstroms auf 70 Prozent und mehr erhöht werden. Engion ist Sonne auf Abruf.

**INNOVATIV & UMWELTFREUNDLICH** Mit Engion ist der eigens erzeugte Solarstrom jederzeit durch intelligente Lade- und Entladesteuerung nutzbar.

**KOSTENEFFIZIENT** Mit Engion Family kann der Eigenverbrauchsanteil auf bis zu 70 Prozent und mehr gesteigert werden.

**KOMPLETT** Alle Komponenten des in sich geschlossenen Engion Family Gesamtsystems sind optimal aufeinander abgestimmt. Engion besteht aus einem 3-phasigen Wechselrichter und Batteriemodulen mit eigenen Batteriemanagementsystemen sowie einem innovativen Energiemanagementsystem. Eine LED-Leiste zeigt den aktuellen Füllstand des Batteriespeichers an.

**SICHER** Engion Family ist durch ein mehrstufiges Sicherheitskonzept besonders zuverlässig und sicher. Jedes Modul ist eine in sich geschlossene Einheit. Dieser technische Aufbau gewährleistet, dass es im Falle einer etwaigen Störung in einem Modul nicht zum Ausfall des Gesamtsystems kommt. Für Engion Family werden ausschließlich modernste Lithium-Ionen-Zellen verwendet. Diese zeichnen sich durch eine hohe thermische Stabilität aus. Das Batteriesystem ist zudem mit einer aufwendigen Sicherheitselektronik, einer selbstständigen Abschaltvorrichtung sowie einem hochwertigen Brandschutzgehäuse ausgerüstet.

**NACHHALTIG HOHE PERFORMANCE** Bei klassischen Batteriesystemen limitiert die schwächste Zelle den gesamten Strang – ähnlich wie bei einer PV-Anlage. Dies hat selbstverständlich erhebliche Auswirkungen auf die Performance, insbesondere über die gesamte Systemlebensdauer gesehen. Nicht so bei dem Engion System von VARTA Storage! Bei Degradation oder etwaigem Ausfall einer Zelle bzw. eines Batteriemoduls hat dies keine Auswirkung auf das Restsystem. Das Engion Family-Batteriesystem arbeitet unabhängig davon mit unveränderter Kapazität weiter. Diese Eigenschaft ist auf dem Markt einmalig.

**ANPASSUNGSFÄHIG** Der modulare Aufbau ermöglicht es, die Speicherkapazität auch zu einem späteren Zeitpunkt auf den individuellen Energiebedarf abzustimmen.

**PLUG & PLAY** Engion Family ist durch eine einfache Installation durch einen von VARTA Storage zertifizierten Elektrofachmann für jede PV-Anlage, ob neu oder bereits vorhanden, sehr rasch in wenigen Schritten installiert. Eine Systemerweiterung ist schnell und einfach möglich.

**UP TO DATE** Zukünftige Batteriezellentechnologien können auch noch in vielen Jahren mit dem jetzigen Basissystem kosteneffizient kombiniert werden. Das kann nur Engion von VARTA Storage. Für die Berechnung Ihrer individuellen und optimalen Speichergröße sowie weitere Informationen besuchen Sie Engion im Internet auf [www.engion.com](http://www.engion.com)



Viel mehr als ein Stromspeicher.

+ **NEU:**  
**Sonnenbatterie *eco***  
Wirtschaftlich,  
intelligent,  
modular!



GARANTIE AUF BATTERIEZELLEN  
UND UPDATESERVICE  
**10**  
JAHRE

### Die Sonnenbatterie – praxisbewährte Technologie „Made in Germany“

Denn *eco* steht für eine deutlich verbesserte Wirtschaftlichkeit, ohne bei Qualität und Komfort auf das bisher gewohnt hohe Niveau zu verzichten.

- ✓ **Bewährt und sicher.**
- ✓ **Neue Maßstäbe in punkto Wirtschaftlichkeit.**
- ✓ **Kompakt.**
- ✓ **Jederzeit nachrüst- und erweiterbar.**

\* Bitte beachten Sie die jeweils geltenden Bedingungen unserer Garantie.

[www.sonnenbatterie.de](http://www.sonnenbatterie.de)

Bilder: Fotolia ©electroeye, s01ag, jankfog

## Sonnenbatterie – Viel mehr als ein Stromspeicher

---

Mit der neuen Sonnenbatterie eco Tag und Nacht selbst erzeugten Solarstrom verbrauchen und damit bares Geld sparen.

Sonnenbatterie hat als Pionier für intelligente Stromspeicher seine jahrelange Markterfahrung dazu genutzt, ein noch kompakteres Gerät zu entwickeln, welches aufgrund seiner höheren Standardisierung und seines modularen Aufbaus zu einem noch deutlich attraktiveren Preis angeboten werden kann. Die Sonnenbatterie eco ist damit nicht nur die richtige Wahl für jedes Zuhause, sondern auch für jeden Geldbeutel!

### Sonnenbatterie – Die richtige Wahl für jeden Bedarf

Die Sonnenbatterie ist seit 2011 bei einer Vielzahl von Eigenheimen sowie Landwirtschafts- und Gewerbebetrieben erfolgreich, effizient und zuverlässig im Einsatz. Ob 4,5 kWh oder 60 kWh Speicherkapazität oder ob Einphasen- oder Dreiphasenversorgung. Durch die große Produktpalette ist für jeden das richtige Produkt dabei. Mit der Sonnenbatterie versorgen Sie sich selbst mit eigenem Strom und kürzen damit Ihre Stromrechnung um bis zu 90 %. Dabei haben Sie Stromerzeugung und Verbrauch zu jeder Zeit und von jedem Ort vollständig im Blick – einfach mit Ihrer Sonnenbatterie-App oder einem beliebigen Internet-Zugang. Machen auch Sie sich unabhängig von anhaltenden Strompreissteigerungen und leisten Sie Ihren persönlichen Beitrag zur Energiewende!

### Optimierung des Eigenstromverbrauchs mit der Sonnenbatterie

Die automatische Funktionsweise der Sonnenbatterie maximiert den Eigenstromverbrauch und minimiert gleichzeitig den Strombezug aus dem Netz. Mit der Photovoltaik-Anlage wird tagsüber Sonnenstrom erzeugt, der grundsätzlich sowohl selbst verbraucht, als auch ins Stromnetz eingespeist werden kann. Nachdem die Einspeisevergütung schrittweise reduziert wird, während die Strompreise fortgesetzt steigen, ist der eigene Verbrauch von selbsterzeugtem Sonnenstrom wirtschaftlich immer sinnvoller. Nicht zuletzt ist dies jedoch auch ökologisch sinnvoll, denn es handelt sich um 100 % grünen Strom, der durch den eigenen Verbrauch am Ort der Erzeugung die Stromnetze entlastet.

### Moderner Bedienkomfort mit Life Style

Mit der kostenfreien Sonnenbatterie-App hat man über Smart Phone oder Tablet auf zeitgemäße und kinderleichte Weise die Möglichkeit zur Kontrolle und Steuerung der Sonnenbatterie und ihrer Funktionen. Die App rundet somit das für Kunden verfügbare Online-Monitoring ab, über das nach wie vor detaillierte und stets aktuelle Informationen und Auswertungen abrufbar sind.



052140362-04

## Strom einfach einlagern

Gutes Obst kann man einkochen, und genau dann genießen, wenn man Lust darauf hat. Das können Ihre Kunden jetzt auch mit ihrem selbst produzierten Strom und einem Energiespeicher. Intelligente Steuersysteme übernehmen das Be- und Entladen. So kann die Eigenverbrauchsquote auf bis zu 80% gesteigert werden. Ihre Kunden sind dadurch unabhängiger vom Energieversorger und profitieren von einer inflationssicheren Geldanlage. Wir bieten Ihnen eine umfassende Beratung und Zertifizierung: Vom wirtschaftlichen Energiespeicher bis zur hochentwickelten Lithium-Technik. Sprechen Sie uns an. [www.sonepar.de](http://www.sonepar.de)



Sonepar ist SENE.C.I.E.S.-Partner Nummer 1.

### **Sonepar Deutschland Erneuerbare Energien GmbH**

Peter-Müller-Straße 3 40468 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 3 02 32-100  
Telefax (02 11) 3 02 32-4160  
E-Mail [erneuerbare-energien@sonepar.de](mailto:erneuerbare-energien@sonepar.de)

**Partnerschaft, die Freude macht**

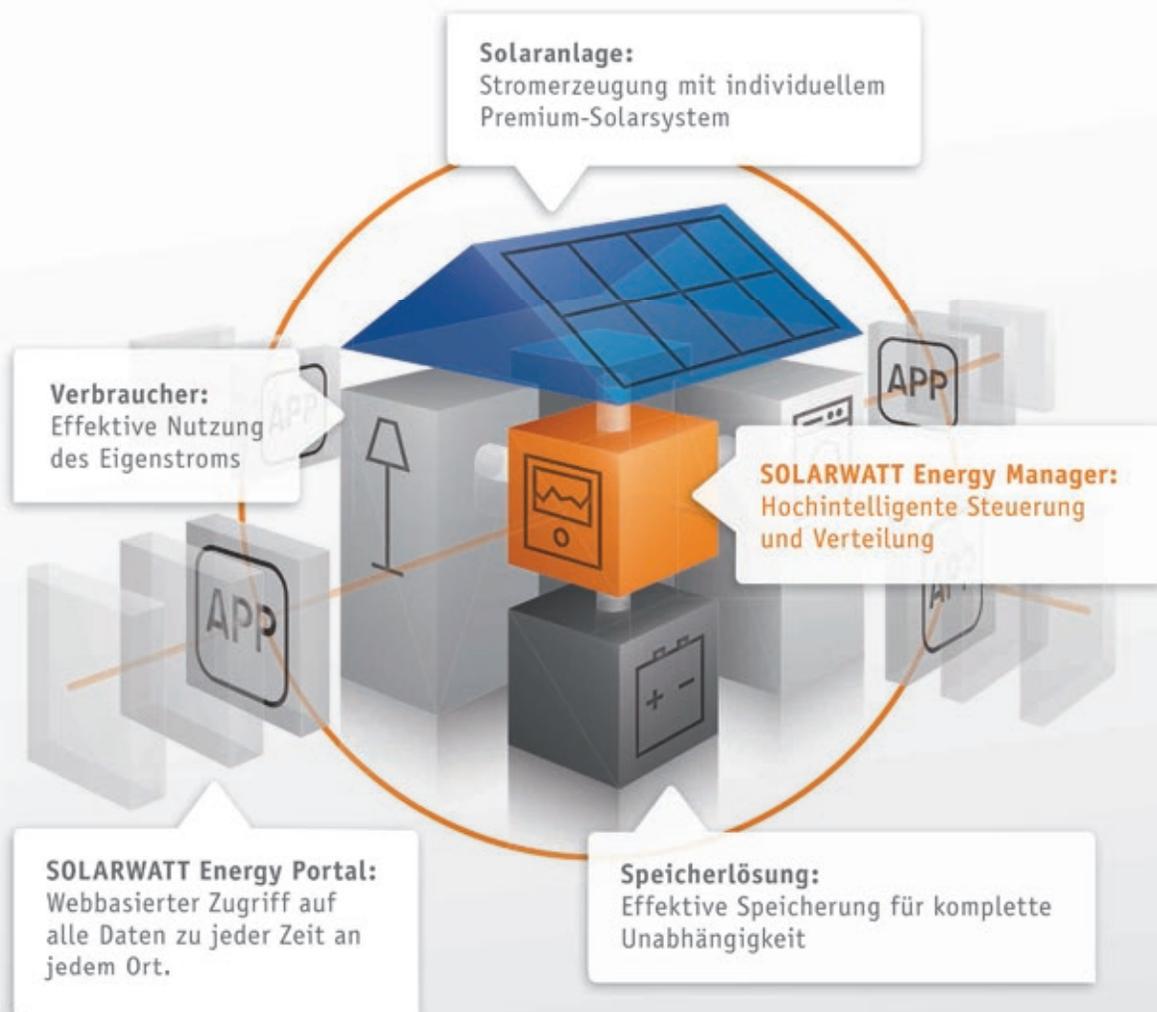


100 % Erneuerbare Energie braucht viele Ideen, ein breites und tiefes Sortiment, starke und verlässliche Partner sowie die volle Überzeugung aller Beteiligten. Mit Sonepar und DEG setzen wir auf eine über 100-jährige Großhandelserfahrung.

1. Als Vollsortimenter erhalten Sie bei uns als Kunde aus Elektrohandwerk, -handel und -industrie nicht nur die Produkte rund um die Erneuerbare Energie. Wir liefern ebenso die Komponenten für die Trafostation, den Zählerplatz, das Befestigungsmaterial sowie die Artikel für den Smart-Home-Bereich.
2. Wir halten über 100.000 Artikel in unseren Zentrallagern vor, die wir in der Regel innerhalb von 24 Stunden von Flensburg bis nach Garmisch-Partenkirchen und von Aachen bis nach Cottbus liefern. Mit unserem Onlineshop sind wir an 24 Stunden und 7 Tagen die Woche für Sie da.
3. Erneuerbare Energie bedeutet für uns nicht nur Photovoltaik. Lassen Sie sich von uns in über 220 Niederlassungen deutschlandweit beraten: Zu Kleinwindanlagen und Wärmepumpen ebenso wie zu den neuen Themenbereichen der Blockheizkraftwerke und Energiespeicher. Hier bieten wir Ihnen nicht nur herstellernerneutrale Schulungen, sondern im Bereich der neuen Energiespeichertechnologie auch Zertifizierungsschulungen unserer wichtigsten Partner an. Dabei gehen wir individuell auf Kundenwünsche ein und haben für die aktuellen Anforderungen an moderne Speichertechnologien eine effiziente Lösung.
4. Mit unserem E-Partner-Programm bieten wir unseren Kunden gezielte Endverbraucher-Werbung rund um die gesamte Elektrotechnik und für den Bereich der Photovoltaik einen kostenlosen Versicherungsschutz für Endkunden.\*
5. Wir haben für unsere Kunden einen ganzheitlichen und neutralen Beratungsansatz im Bereich Energieeffizienz entwickelt: Eco Industry. Mit dieser Lösung möchten wir der verstärkten Beratungsnachfrage zur Energieeffizienz nachkommen – vom ersten Gespräch bis zur Planung konkreter Maßnahmen und Lieferung entsprechender Produkte. Wir freuen uns auf ein Gespräch: Schreiben oder rufen Sie uns an. Wir sind bestimmt auch ganz in Ihrer Nähe.

\* Die Bedingungen für dieses "Rundum-Sorglos-Paket" erhalten Sie in unseren Niederlassungen.

# DAS SOLARWATT-PRINZIP



## SOLARWATT SPEICHERLÖSUNG: MAXIMIEREN SIE IHRE SELBSTVERSOR- GUNG AUF BIS ZU 80%

---

SOLARWATT verbindet über ein intelligentes Energiemanagementsystem die PV Anlage als Erzeuger, die Steuerung von stromverbrauchenden Geräten im Haushalt und die hocheffiziente Speicherung des eigenerzeugten Solarstroms. Damit maximieren Sie den Anteil Ihrer Selbstversorgung durch Solarstrom und machen sich schrittweise unabhängig von Ihrem Energieversorger.

Der Weg zur wirtschaftlich sinnvollen Maximierung der Eigenversorgung durch Solarstrom führt über den SOLARWATT Energy Storage, einen hocheffizienten Lithium-Eisen-Phosphat Speicher zur Speicherung des eigenerzeugten Solarstroms. Ist ihr Eigenstromverbrauch im Tagesverlauf geringer als die erzeugte Leistung Ihrer Solarstromanlage, sorgt das einzigartige Energiemanagementsystem dafür, dass der erzeugte Strom im Solarwatt Energy Storage gespeichert wird und Sie Ihren Solarstrom dann nutzen können, wenn Sie ihn benötigen.

Der SOLARWATT Energy Storage beinhaltet einzelne Batterie-Module, deren Nutzung dank innovativer Zellstruktur und stabiler Kathoden-Materialien (LiFePO<sub>4</sub>) jederzeit höchste Sicherheit und eine hohe Lebensdauer gewährleisten.

Beispiel: Durch die Kombination einer 8,5 kWp Photovoltaikanlage mit dem Speichersystem SOLARWATT Energy Storage ist für einen typischen Vier-Personenhaushalt\* eine durchschnittliche wirtschaftliche Eigenversorgung mit eigenerzeugtem Solarstrom bis zu 80% möglich. In den Sommermonaten wirtschaften diese Haushalte faktisch autark.

Herzstück einer optimierten Eigenversorgung ist der SOLARWATT Energy Manager. Er optimiert Ihren Eigenverbrauch und versorgt Sie effektiv und weitestgehend verlustfrei mit selbst erzeugtem Solarstrom. Einzigartig auf dem Markt, ist der SOLARWATT Energy Manager:

- das „elektrische Gehirn“ des Hauses, das Energieflüsse transparent macht und die Optimierung zwischen Erzeugung und Verbrauch definiert
- die Steuerzentrale für eine Vielzahl unterschiedlicher elektrischer Erzeuger (z.B. Solaranlage oder BHKW) und elektrischer Verbraucher (wie z. B. Wärmepumpen, E-Auto's, Warmwasserboiler, Pumpen, Klimageräte, etc.)
- komplett automatisch funktionsfähig, kann aber auch über jedes web-fähige Gerät wie PC, Tablet und Smartphone gesteuert werden.

Erfahren Sie mehr über die einzigartigen Komplett- und Speicherlösungen des Solarpioniers aus Dresden auf [www.solarwatt.de](http://www.solarwatt.de).

\*(Energiebedarf 13,7 kWh/Tag)



Den nächsten Zug planen.

PV-Energie produzieren, speichern, nutzen.  
Mit PLATINUM® SmartDuo.

- PLATINUM® Wechselrichter + Senec.Home Speicher bilden ein perfekt aufeinander abgestimmtes System
- Förderfähig nach KfW-Richtlinie
- Integriertes Einspeisemanagement gem. EEG-Richtlinie ohne teuren Rundsteuerempfänger
- Wirtschaftlich durch optimierte Anschaffungskosten und hohem Eigenverbrauch von PV-Strom
- Bewährte und robuste Technologien
- Einfache Installation, vollautomatischer Betrieb



Mehr Infos unter [www.platinum-nes.com](http://www.platinum-nes.com)

**PLATINUM®**  
Next Energy Solution.

## Deutsche Effizienz. PLATINUM®.

---

Seit dem Einstieg in die Photovoltaik-Branche im Jahr 2004 zählen Wechselrichter von PLATINUM® zur Champions League des internationalen Wechselrichterbaus. Mit kontinuierlich neuen Innovationen und einem einmaligen Service hat sich PLATINUM® als Spezialist für Stringwechselrichter etabliert.

Entwicklung, Produktion und Service befinden sich am Standort in Wangen im Allgäu. Qualität „made in Germany“ wird von hier aus als Versprechen an alle Kunden gelebt. Mit einer jährlichen Produktionskapazität von einem Gigawatt zählt PLATINUM® bei Stringwechselrichtern zu den Marktführern. Die elektrotechnische Fertigungsexpertise von Diehl Controls garantiert höchste Produktqualität. Daher konnte PLATINUM® bereits vor Jahren mit der Einführung der 10-Jahres-Garantie neue Maßstäbe setzen.

Das Wechselrichterportfolio von PLATINUM® reicht von 2 bis 22 Kilowatt. Wiederholt ausgezeichnet mit dem höchsten PHOTON-Gütesiegel „sehr gut +“ überzeugen PLATINUM® Wechselrichter durch Spitzenwirkungsgrade von 98,6% sowie einem unerreicht breiten Eingangsspannungsbereich für höchste Auslegungsflexibilität.

Wechselrichter der R3-Familie eignen sich durch den geringsten Geräuschpegel im Markt besonders für die Anwendung im Eigenheim. Die aktuell höchste Schutzklasse (IP66) macht PLATINUM® Wechselrichter aber auch zur präferierten Wahl für eine Installation in herausfordernder Umgebung. Eine extrem robuste Bauweise mit einem Gehäuse aus Aluminiumdruckguss und die integrierte Konvektionskühlung trotzen höchsten Temperaturen, Sandstürmen und strömendem Regen.

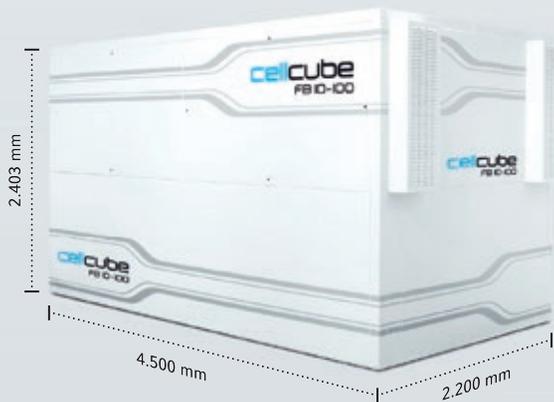
Um das Kernprodukt Wechselrichter herum bietet PLATINUM® eine Vielzahl von Lösungen, um dem Kunden die maximale Effizienz seiner Anlage zu ermöglichen. Intelligente Monitoring-Systeme gehören dazu, wie auch ein breites Angebot an maßgeschneiderten Speichersystemen. PLATINUM® setzt neben der Lithium-Technologie besonders auf eine hocheffiziente Bleibatterie.

Als mittelständisch geprägtes Unternehmen pflegt PLATINUM® eine familiäre Firmenkultur, in der ein perfekter Service für den Kunden immer im Vordergrund steht. Eine offene Atmosphäre ermöglicht die Kreativität, die notwendig ist, um den Kunden auch in Zukunft ein technologisch führendes Produkt anbieten zu können.

PLATINUM® - Next Energy Solution.

# Intelligente Energiespeicher – skalierbar für jede Anwendung.

100 % sicher,  
> 20.000 Zyklen



## CellCube – das Energiemanagementsystem

- Mehr als 20 Jahre Lebensdauer
- 100 % sicher & wartungsarm
- > 20.000 Zyklen
- Umweltfreundlichster Energiespeicher der Welt
- Charge Level 100 %
- Energiespeicher auf Basis der Vanadium-Redox-Flow-Technologie
- Anwendungsspezifische Konfiguration, bis in den Megawatt-Bereich skalierbar
- Ganzheitliche Systemlösung: Anschluss an unterschiedliche Energiequellen möglich
- Als Energiereserve und als Ausgleich von Last- und Erzeugungsspitzen
- Kommerziell verfügbar seit 2008
- Zertifiziert nach CE, UL, CSA (pending), TÜV, GOST

GILDEMEISTER energy solutions  
T +49 (0) 931 250 64-120 | F +49 (0) 931 250 64-102  
energysolutions@gildemeister.com | [www.energy.gildemeister.com](http://www.energy.gildemeister.com)  
cellstrom GmbH: Industriezentrum NÖ Süd | Straße 3 | Objekt M36  
2355 Wiener Neudorf | Österreich

**GILDEMEISTER**  
energy solutions

## GILDEMEISTER energy solutions - der erste und einzige industrielle Produzent von modularen Vanadium-Redox-Flow Energiespeichern.

---

GILDEMEISTER energy solutions bündelt die Kompetenzen der Cellstrom GmbH sowie der a+f GmbH und bietet Komplettlösungen für industrielle Kunden und Kommunen rund um das Thema Energieeffizienz, Erzeugen, Speichern und Anwenden grüner Energie an. Strom aus regenerativen Energiequellen ist gleichbedeutend mit Unabhängigkeit, Wirtschaftlichkeit und umweltbewusstem Handeln. Das Geschäftsfeld der energy solutions gehört zu den „Industriellen Dienstleistungen“ von DMG MORI SEIKI Aktiengesellschaft.

### Energieeffizienz und energy monitor

Die GILDEMEISTER energy efficiency GmbH erarbeitet für ihre Kunden ein Komplettpaket zur Optimierung der Energieeffizienz. Neben einer umfangreichen Analyse und der Erarbeitung eines konkreten Maßnahmenplans zur nachhaltigen Senkung der Energiekosten ist energy efficiency in der Lage, Systeme zur lokalen Erzeugung und Speicherung von erneuerbaren Energien anzubieten. Am Ende einer Energieeffizienz-Kette steht die Implementierung des Energie Monitors an, mit dem Energieflüsse konstant gemessen werden können.

### Regenerative Energie nutzen: SunCarrier und WindCarrier

Das Energiekonzept der GILDEMEISTER energy solutions umfasst zudem die nachhaltige Erzeugung von sauberem Strom mit regenerativen Energiequellen. Im Vordergrund stehen dabei nachgeführte Photovoltaikanlagen, die durch eine kontinuierliche Ausrichtung zur Sonne bis zu 40% mehr Ertrag haben als starre Systeme. Zusätzlich können ebenfalls Aufdachanlagen konzipiert und realisiert werden. Der WindCarrier komplettiert das Angebot in der Energieerzeugung. Mit einer Bauhöhe von 14,25 m dient er dabei als platzsparendes, ergiebiges und zuverlässiges Windrad mit 10 kW Nominalleistung. Charakteristisches Merkmal dieser Anlage ist das Darrieus-Prinzip der vertikal ausgerichteten Rotorblätter.

### Energie speichern: CellCube

Das Energiespeichersystem CellCube gilt als Meilenstein in der Geschichte des regenerativen Energiemanagements. Ob in Kombination mit Photovoltaik, Windkraftanlagen oder im Netzparallelbetrieb – der Vanadium-Redox-Flow-Energiespeicher stellt eine unterbrechungsfreie Energieversorgung sicher. Er ist dabei unabhängig von wetterbedingten Schwankungen, Temperaturen, Tageslänge oder instabilen Netzen. Somit kann die Energie im CellCube-Speichersystem zwischengelagert werden auch wenn die Sonne nicht scheint oder der Wind nicht bläst. Die zukunftsweisenden Großspeicher basieren auf der Vanadium-Redox-Flow-Technologie, die praktisch unendlich viele Lade- und Entladezyklen ermöglichen. Die Vanadiumlösung ist weder explosiv, noch brennbar und der Stromspeicher ist frei skalierbar in Leistung und Kapazität. Ausgeklügelte Technik, intelligente Sensorik und umfassende Kontrollfunktionen gewährleisten den sicheren und zuverlässigen Betrieb der CellCubes. Mit dem vollständigen Energiekonzept schafft GILDEMEISTER energy solutions flexible Möglichkeiten, Strom gezielt einzusetzen – immer dann, wenn er gerade gebraucht wird. Dadurch werden Spitzenlasten geglättet, der Eigenverbrauch optimiert oder komplette Schnellladesysteme für den Elektrofuhrpark ausgestattet.

# WE SYNCHRONIZE ENERGY STORAGE BUSINESS WORLDWIDE

## THE WORLD OF ENERGY STORAGE:

- **Beijing, China**  
June 23 - 24, 2014
- **San José, CA - USA**  
Sept. 30 - Oct. 02, 2014
- **Tokyo, Japan**  
November 06, 2014
- **New Delhi, India**  
December 04 - 05, 2014
- **Düsseldorf, Germany**  
March 09 - 11, 2015



Just scan the QR-Code!



[www.worldenergystorage.com](http://www.worldenergystorage.com)

## Energieversorgung im Wandel World of Energy Storage – Messe Düsseldorf organisiert Expertenforen in Deutschland, China, Indien, Japan und den USA

---

In Bereichen, in denen sich heute ein Wandel abzeichnet, können schon morgen interessante Märkte entstehen. Aus der Erkenntnis heraus, dass effiziente und finanzierbare Speichersysteme für die Transformation der Energiesysteme unabdingbar sind, entstanden die erfolgreichen Konferenzen zum Thema „Energy Storage“. Premiere war 2012 in Düsseldorf. Inzwischen wurde das erfolgreiche Konzept mit kompetenten Partnern weiterentwickelt, es entstanden Fachveranstaltungen in China, Indien, Japan und den USA. An allen Standorten ist es Ziel, Experten unterschiedlicher Interessensgruppen zusammenzubringen, um Speichertechnologien im Gesamtkontext der energiewirtschaftlichen Veränderungen zu betrachten. Alle Standorte bilden ideale Plattformen für Unternehmen, um Kenntnisse über den jeweiligen Markt zu erwerben, die eigenen Produkte zu vermarkten und neue Partnerschaften einzugehen.

### [Energy Storage Europe](#)

Bereits bei ihrer dritten Auflage 2014 hat sich die Energy Storage Europe als wichtigste Veranstaltung der europäischen Energiespeicherbranche etabliert. Mehr als 850 Experten aus 46 Ländern diskutierten hier die aktuellen Entwicklungen. Auf der begleitenden Fachausstellung mit fast 70 Ständen informierten sich die Besucher über neueste Techniken und schlossen konkrete Geschäfte ab. 2015 finden die Energy Storage Europe und die 4. Power-to-Gas-Konferenz erstmals gemeinsam mit der Internationalen Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien (IRES) statt. Vom 9. bis 11. März treffen sich in Düsseldorf dann weit über 1.000 internationale Teilnehmer und über 100 Aussteller.

### [Energy Storage China](#)

Die Energy Storage China (ESC) wird erstmals vom 23. bis 24. Juni 2014 in Peking organisiert. Als einzige Konferenz und Messe in China wird sie Politiker, Fachleute, Entscheider und Hersteller aus sämtlichen Bereichen der Energiewirtschaft, erneuerbaren Energien und Energiespeicher ansprechen.

### [Energy Storage North America](#)

Die zweite Energy Storage North America – Conference & Expo (ESNA) findet vom 30. September bis 2. Oktober 2014 im kalifornischen San José statt. ESNA ist die erste Veranstaltung auf dem amerikanischen Kontinent mit Fokus auf praxisnahe und wirtschaftlich sinnvolle Speicherlösungen. Die Premiere 2013 brachte eine überwältigende Resonanz: Über 740 Teilnehmer aus 16 Ländern und mehr als 40 Aussteller.

### [Energy Storage Summit Japan](#)

„Forschung trifft Industrie trifft Politik“ ist das Motto des Energy Storage Summit Japan, der am 6. November 2014 in Tokio Premiere haben wird. Ziel ist der Austausch japanischer Repräsentanten der Energiewirtschaft, der relevanten Ministerien und Behörden, der Forschungseinrichtungen und Verbände mit internationalen Vertretern aus Industrie, Forschung und Politik.

### [Energy Storage India](#)

Der Markt für Energiespeichertechnologien in Indien zeichnet sich durch erhebliches Entwicklungspotenzial aus. So wird die Neugestaltung der Energieinfrastruktur im Mittelpunkt der 2. Energy Storage India am 4. und 5. Dezember 2014 in Neu-Delhi stehen, das Hauptaugenmerk wird dabei auf der Schaffung umsetzbarer und wirtschaftlich sinnvoller Technologien liegen.



# CHARGING THE FUTURE

Informieren Sie sich auf der weltweit größten und internationalsten Industriepattform für Speichersysteme in Kombination mit Photovoltaik. Treffen Sie die führenden Hersteller und Zulieferer der Speicherindustrie. Besuchen Sie die begleitende Fachkonferenz mit innovativen Themen und Trends der Energiespeicherbranche.

4.–6. JUNI 2014  
MESSE MÜNCHEN

INTERNATIONALE FACHMESSE  
FÜR BATTERIEN, ENERGIESPEICHER  
UND INNOVATIVE FERTIGUNG

SAVE THE DATES  
10.–12. JUNI 2015

powered by  
**inter solar**  
connecting solar systems | EUROPE



**ees**  
electrical energy storage

[www.ees-europe.com](http://www.ees-europe.com)

## ees – internationale Fachmesse für Batterien, Energiespeicher und innovative Fertigung

---

Mit der Fachmesse „electrical energy storage (ees)“ erweitert die Intersolar Europe 2014 ihr Angebot für die Speicherung elektrischer Energie. Sie präsentiert sich damit als ideale Industriepattform für einen rasch wachsenden Markt, denn der weltweit wachsende Ausbau erneuerbarer Energien erfordert auch innovative und intelligente Speicherlösungen.

### Weltweit größte Industriepattform für Speichersysteme in Kombination mit Photovoltaik

Die ees – internationale Fachmesse für Batterien, Energiespeicher und innovative Fertigung- ist der Branchentreff für Ausrüster, Hersteller, Händler und Anwender von stationären und mobilen Stromspeicherlösungen und findet jährlich in Kombination mit der Intersolar Europe auf dem Gelände der Messe München statt.

Mit der gesamten Wertschöpfungskette innovativer Batterie- und Energiespeichertechnik – von der Komponente über die Fertigung bis hin zur konkreten Anwendersituation – zeigt die ees unter dem Dach der Intersolar Europe dezentrale Energiespeicherung vom kW bis zum MW Bereich, von Speichersystemen im Einfamilienhaus bis hin zu industriellen Anwendungen und Großspeichern zur Netzunterstützung. Der Fokus der ees liegt auf Energiespeicherlösungen, die sich für Energiesysteme mit steigenden Anteilen erneuerbarer Energien eignen.

Auf der Intersolar Europe und der ees zeigen rund 250 der insgesamt über 1000 Aussteller Energiespeicherlösungen und bilden damit die weltweit größte Industriepattform für Speichersysteme in Kombination mit Photovoltaik.

### Technologiepreis ees AWARD

Zusätzlich zum renommierten Intersolar AWARD wird 2014 das erste Mal der electrical energy storage (ees) AWARD ausgelobt. Dieser prämiiert herausragende Produkte und Lösungen im Bereich Materialien, Fertigung, Systemtechnik, Anwendungen, Zweitverwertung sowie im Recycling. Bei der Preiskategorie „solare Projekte“ des Intersolar AWARD können außerdem wegweisende solare Projekte in Kombination mit Energiespeichersystemen prämiert werden.

### Dreitägige Fachkonferenz zu den entscheidenden Themen der Speicherbranche

Begleitend zur Fachmesse informiert die ees Konferenz 2014 vom 2.–4. Juni 2014 mit einem hochkarätigen Tagungsprogramm über die einzelnen Batterietechnologien und ihren Einsatz im kleinen und großen Leistungsbereich sowie über Fertigungstechnologien, Recycling und Batteriesicherheit.

Träger: Verband der europäischen Hersteller von Automobil- und Industriebatterien EUROBAT sowie Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar).

[www.ees-europe.com](http://www.ees-europe.com)



## S10 - DAS HAUSKRAFTWERK

## Der Spezialist für Unabhängigkeit

---

Ursprünglich kommt E3/DC aus der Entwicklung von Energiespeicherungssystemen für die Automobilindustrie. Die Energie wird jetzt nicht nur für die Fortbewegung, sondern auch für andere Bedürfnisse des täglichen Lebens zur Verfügung gestellt. Um die Effizienz zu erhöhen, ist die Verschmelzung von Solar- und Batteriewechselrichtern in eine zentrale Leistungseinheit die wesentliche Voraussetzung.

Die Kernkompetenz der E3/DC GmbH ist das Produktdesign, die Produktentwicklung und die professionelle Industrialisierung. Modular und damit zukunftssicher aufgebaut stellt es eine kompakte Einheit mit Designanspruch dar. Die Speicherung des eigenen Stroms für jährliche Hausverbräuche bis 12.000 kWh erfolgt jeweils für den Bedarf eines Tages. Das E3/DC Hauskraftwerk kann sowohl als AC, DC- oder Hybrid-System in das Haus integriert werden. Somit kann die Energie auch von externen Energieanlagen, KWK und E-Fahrzeugen gespeichert werden. Die echtdreiphasigen DC-Systeme können auch Inselnetze betreiben und arbeiten mit automobiler Batterietechnik. E3/DC hat alle Installateure selbst zertifiziert und arbeitet konsequent an maximaler Unabhängigkeit durch eigene Ladegeräte, Softwaretechnologie und Netzfunktionen.

E3/DC hat dabei die Rolle eines Wechselrichterherstellers, eines Herstellers von DC/DC Wandlern, eines Integrators von Speichersystemen und eines Softwareentwicklers hocheffektiver Energiemanagementsysteme, die über detaillierte Fernwartung verfügen. Das integrierte Energiemanagement informiert mobil und zu Hause über das Energieverhalten. Durch die Hausautomation (xComfort) lässt sich der Verbrauch individuell und intelligent steuern.

Die Produkte sind ein Versprechen, welches wir den Kunden geben.



# Speichern Sie Ihre Unabhängigkeit!

## PV-SPEICHERSYSTEME MIT DEM QUALITÄTS- UND BERATUNGS-PLUS.

Wer seinen eigenen Solarstrom erzeugt, hat sich bereits ein wertvolles Stück Unabhängigkeit vom Strommarkt gesichert. Mit einem PV-Speichersystem können Sie diese Unabhängigkeit jetzt deutlich ausweiten: auf eine Eigenverbrauchsquote von bis zu 80 Prozent! Entscheidend ist dabei die Wahl von hochwertigen Komponenten, die Ihren individuellen

Bedarf optimal erfüllen. BayWa r.e. Solarsysteme führt ausschließlich Produkte, die höchste Ansprüche an Qualität, Wirkungsgrad und Langlebigkeit erfüllen. Mit unserer hohen Beratungskompetenz unterstützen wir Sie dabei, aus einer großen Auswahl genau das richtige System für Ihre Anforderungen zu finden. Sprechen Sie mit uns: Wir helfen Ihnen, voranzugehen und Ihre Unabhängigkeit weiter auszubauen.



VARTA ENGIION FAMILY: einfach nachrüstbar und individuell erweiterbar



BOSCH POWER BPT-S 5 HYBRID: Lithium-Ionen-Technologie mit hoher Lebensdauer



SMA SUNNY BOY SMART ENERGY: Wechselrichter und Speicherlösung in einem Gerät



SMA SUNNY ISLAND 6.0H-11: Batteriewechselrichter zur Eigenverbrauchsoptimierung



KOSTAL PIKO BA 10.1 und Batterieschrank



VARTA Storage



BOSCH  
Technik fürs Leben

KOSTAL

BayWa r.e. Solarsysteme GmbH  
Eisenbahnstraße 150, D-72072 Tübingen  
Telefon +49 7071 98987-0  
solarsysteme@baywa-re.com  
solarsysteme.baywa-re.com, www.baywa-re.com



BayWa r.e.  
renewable energy

## Speichern Sie sich Ihre Unabhängigkeit!

---

Wer seinen eigenen Solarstrom erzeugt, hat sich bereits ein wertvolles Stück Unabhängigkeit vom Strommarkt gesichert. Mit einem Photovoltaik-Speichersystem können Sie diese Unabhängigkeit jetzt deutlich ausweiten und einen Autarkiegrad bis zu 80 Prozent erreichen. Das heißt, Sie verbrauchen mehr von Ihrem Solarstrom selbst und müssen weniger Strom aus dem öffentlichen Netz beziehen.

### Die Vorteile der Photovoltaik stärker nutzen...

Wenn es um die Wirtschaftlichkeit von Solarstromanlagen geht, wird heute der Eigenverbrauch zum bestimmenden Thema. Gleichzeitig ermöglichen verbesserte Herstellungsprozesse und ständig weiterentwickelte Qualitätsprodukte eine deutlich höhere Effizienz und sinkende Stromgestehungskosten der Photovoltaik als das noch vor Jahren der Fall war. Der nächste Meilenstein in der Entwicklung der Photovoltaik ist die Zwischenspeicherung von selbsterzeugtem Solarstrom. Diese positiven Effekte führen zur Erhöhung des Eigenverbrauchs-anteils. Unser qualitativ hochwertiges Produktportfolio von namhaften Herstellern bietet neben Solarmodulen, Wechselrichtern, Montagesystemen und Zubehör auch Photovoltaik-Speicherlösungen, die geprüfte Qualität, Langlebigkeit und höchste Erträge garantieren. Dabei verfolgen wir genau die technische Entwicklung der unterschiedlichen Systeme und bieten derzeit Photovoltaik-Speicherlösungen vier namhafter Hersteller an.

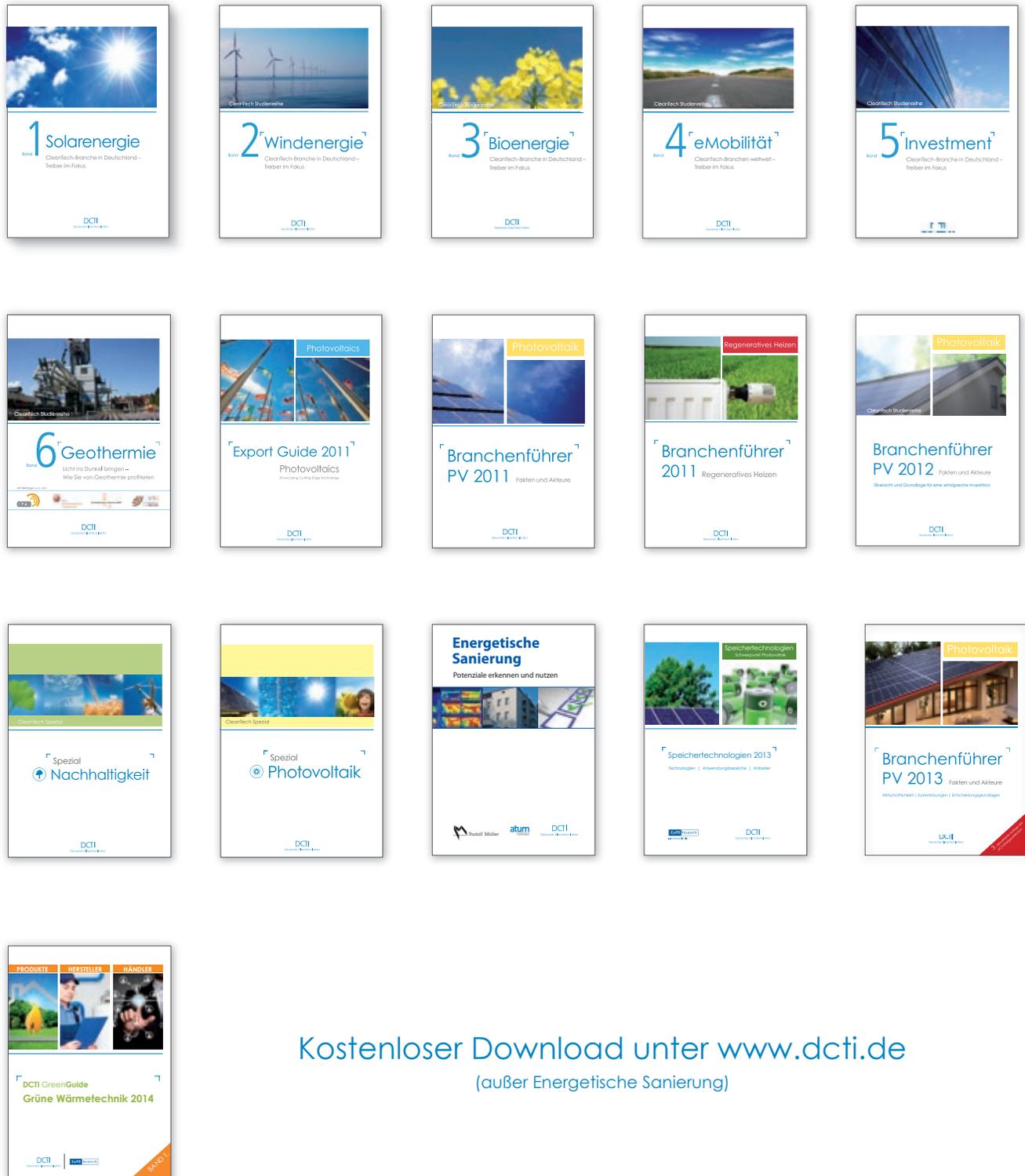
### ...mit unseren Photovoltaik-Speichersystemen

Hauptanwendungsgebiet für Photovoltaik-Speichersysteme sind aktuell Privathaushalte sowie kleine bis mittelgroße Gewerbebetriebe. Gerade hier ist Solarstrom preislich günstiger als Netzstrom. Und die Preisunterschiede werden immer größer, was eine Speicherung des selbst erzeugten Solarstroms zunehmend sinnvoller macht. Als Speichermedien stehen neben den etablierten Blei-Batterien auch die neuesten Lithium-Ionen-Akkus zur Verfügung. Die Lösungen unserer namhaften Hersteller garantieren nicht nur eine hohe Sicherheit im Betrieb, sondern bieten gleichzeitig hervorragende Garantiebedingungen.

Zu unseren Partnern für AC-gekoppelte Systeme gehören SMA und VARTA, deren Systeme sich beispielsweise problemlos in Bestandsanlagen integrieren lassen. DC-gekoppelte Systeme wie beispielsweise von Bosch Power Tec oder KOSTAL zeichnen sich durch einen etwas höheren Wirkungsgrad aus.

Als erster wandmontierbarer Wechselrichter mit integrierter Lithium-Ionen-Batterie ist der neue SMA Smart Energy perfekt auf den Einsatz im SMA Smart Home und damit perfekt auf die Anforderungen der dezentralen Energieerzeugung zugeschnitten. Für die SMA-Systeme werden zur Speicherung Bleibatterien von Hoppecke sowie Lithium-Ionen-Akkus von LG Chem eingesetzt. Für die Speichersysteme von Bosch Power Tec und VARTA werden Lithium-Ionen-Akkus von Saft bzw. VARTA verwendet. Überzeugen Sie sich von unseren Photovoltaik-Speichersystemen.

# Bisher beim DCTI erschienen (Auswahl)



Kostenloser Download unter [www.dcti.de](http://www.dcti.de)  
(außer Energetische Sanierung)

CleanTech | Competence | Communications



# XII. Impressum

Impressum

## Herausgeber

**DCTI**

Deutsches CleanTech Institut

Deutsches CleanTech Institut GmbH  
Adenauerallee 134  
D-53113 Bonn  
Fon +49 (0) 228 92654 - 0  
Fax +49 (0) 228 92654 -11  
welcome@dcti.de

Geschäftsführer  
RA Philipp Wolff

Projektmanagement  
Leo Ganz,  
Linda Kleinschmidt

[www.dcti.de](http://www.dcti.de)

## Inhalt & Redaktion

**EuPD Research**

Studienleitung  
Daniel Pohl, M.A.

Redaktion  
Stefan Hausmann, M.A.

Fon +49 (0) 228 9743-0  
Fax +49 (0) 228 97143-11  
welcome@eupd-research.com

[www.eupd-research.com](http://www.eupd-research.com)

## Kooperationspartner



GERMANY  
TRADE & INVEST

Germany Trade and Invest  
Friedrichstraße 60  
10117 Berlin  
Fon +49 (0) 30 200 099-225  
Fax +49 (0) 30 200 099 77-225  
office@gtai.com

[www.gtai.com](http://www.gtai.com)

## Konzept & Gestaltung

**360 Concept**  
sustainable design

Art Direction  
Kludia Schmiejka

Mediengestaltung  
Zeynep Kar

Fon +49 (0) 228 85426-0  
Fax +49 (0) 228 85426-11  
welcome@360Concept.de

[www.360Concept.de](http://www.360Concept.de)

**DCTI**  
Deutsches CleanTech Institut

Konzept & Gestaltung

mit freundlicher Unterstützung von

**360** | **Concept**  
sustainable design

 GERMANY  
TRADE & INVEST

 THOMASLOYD

**EuPD** Research