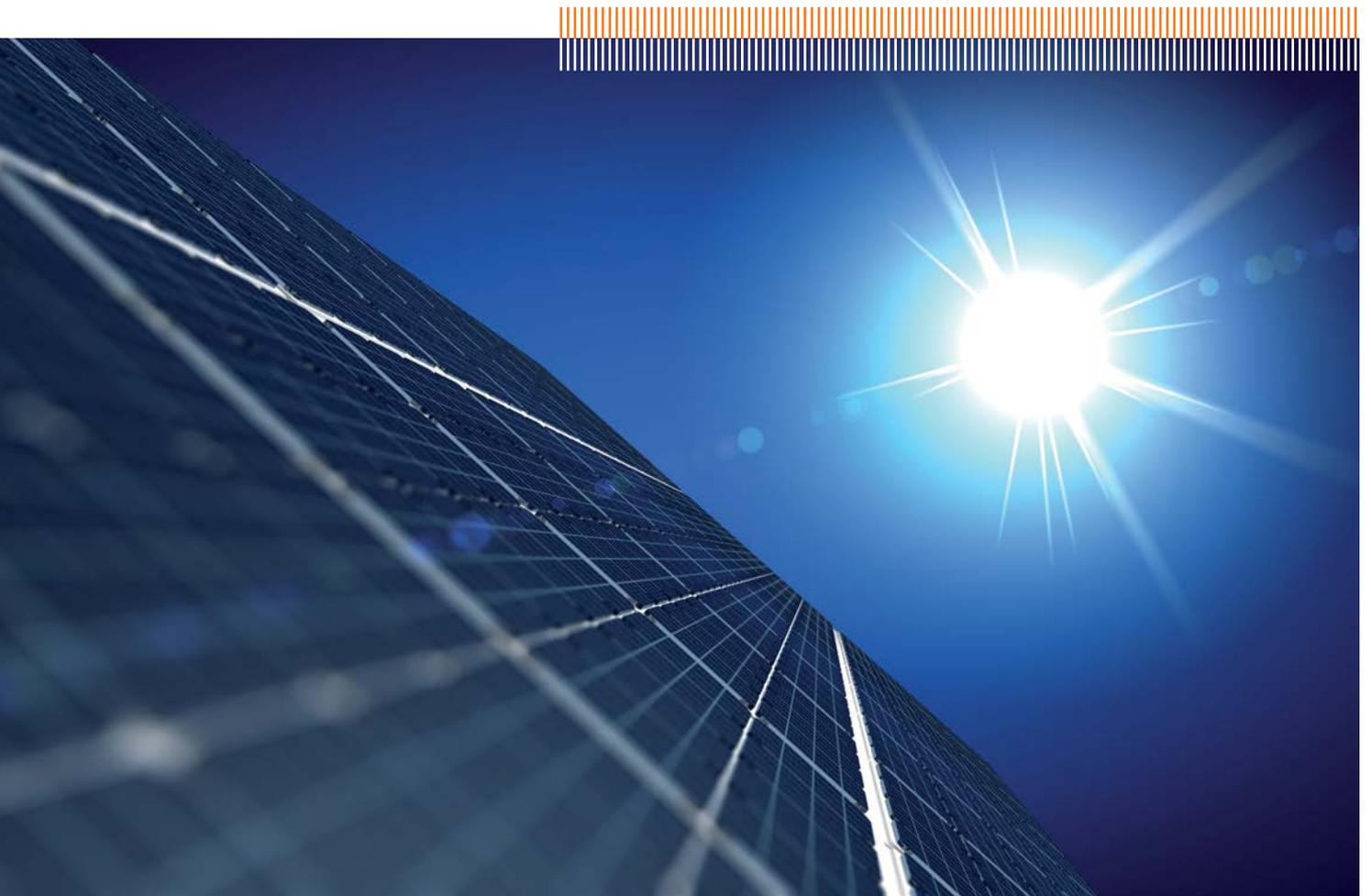




# Photovoltaik und Batteriespeicher

## Technologie, Integration, Wirtschaftlichkeit



## Einleitung

Mit Sonne Strom erzeugen – dafür entscheiden sich immer mehr Menschen in Deutschland. Die Zahl der Solaranlagen auf Dächern oder freier Fläche steigt und steigt. Ende 2014 waren etwa 1,4 Millionen Anlagen mit einer Gesamtleistung über 38,5 Gigawatt installiert. Immer mehr Anlagenbetreiber gehen jedoch noch einen Schritt weiter: Die erzeugte Energie wird nicht mehr nur ins Netz eingespeist, sondern für den Eigenverbrauch gespeichert. Solarstromspeicher machen dies möglich. Ohne einen Speicher wird der solar erzeugte Strom überwiegend in das öffentliche Stromnetz eingespeist, denn insbesondere in den Mittagsspitzen übersteigt er in der Regel deutlich den eigenen Strombedarf.

Solarstromspeicher machen Solarstrom zeitunabhängig für den Eigenverbrauch verfügbar. Mithilfe von dezentralen Batterien wird der solar erzeugte Strom zwischengespeichert und zeitversetzt wieder abgegeben – ganz nach Bedarf. Betreiber von Photovoltaikanlagen in Kombination mit einem Energiespeicher können so ihren Strombezug aus dem öffentlichen Netz weiter reduzieren und damit unabhängiger von tendenziell steigenden Strompreisen werden. Außerdem kann durch geschickte Steuerung des Speichers das öffentliche Netz entlastet werden.

Wie Solarstromspeicher ausgelegt werden sollten, welche Speichertypen und -systeme es gibt und wie diese gefördert werden, erfahren Sie in dieser Broschüre.

## Steigerung des Eigenverbrauchs

Um zu prüfen, ob und inwieweit eine Photovoltaikanlage mit kombiniertem Batteriespeicher im Einzelfall einen Nutzen hat, können zwei Kenngrößen herangezogen werden: Der Eigenverbrauchsanteil und der Autarkiegrad.

### Eigenverbrauchsanteil

Der Eigenverbrauchsanteil stellt eine zunehmend wichtige Größe bei der Planung von Photovoltaikanlagen dar. Er gibt den Anteil des erzeugten Stroms an, der vor Ort tatsächlich selbst verbraucht wird. Da die Anlagenpreise in den letzten Jahren stark gesunken sind, liegen die Erzeugungskosten für Solarstrom mittlerweile deutlich unter dem durchschnittlichen Strombezugspreis für Privatkunden. Daher lohnt sich generell ein möglichst hoher Eigenverbrauchsanteil, um Strombezugskosten einzusparen.

### Autarkiegrad

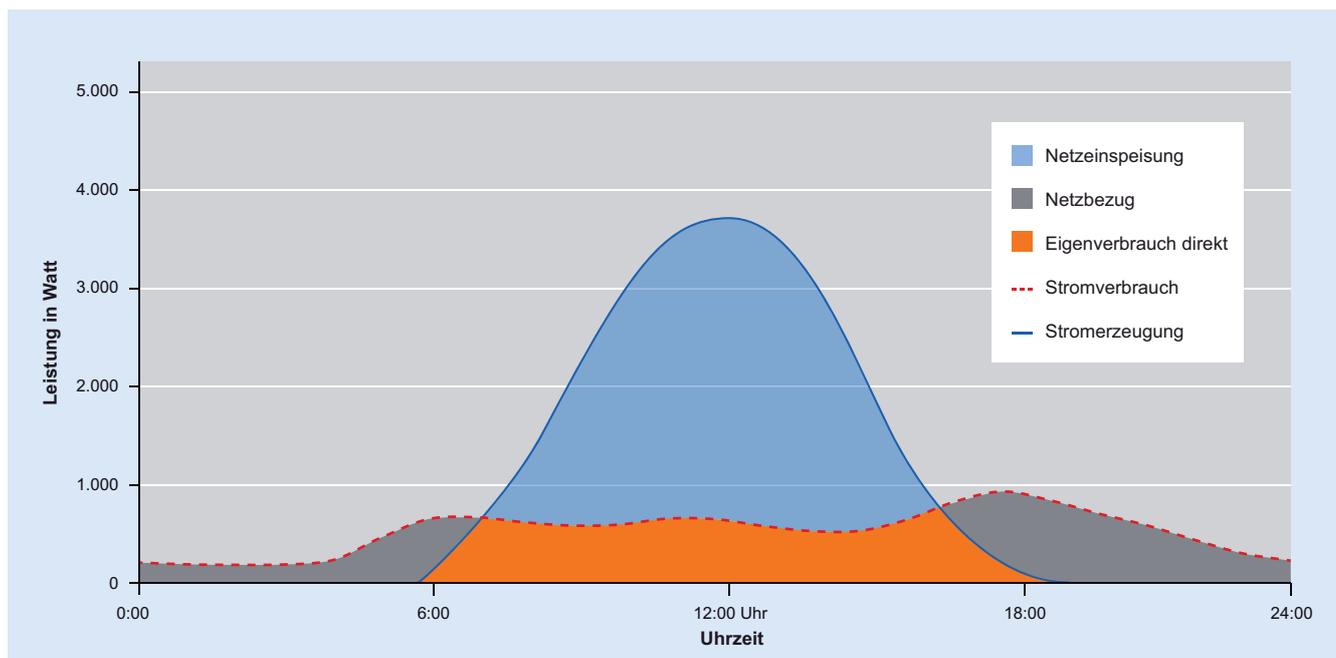
Der Autarkiegrad wiederum beschreibt, inwieweit sich ein Haushalt – gemessen an seinem Jahresstromverbrauch – mit dem selbsterzeugten Strom der Photovoltaikanlage

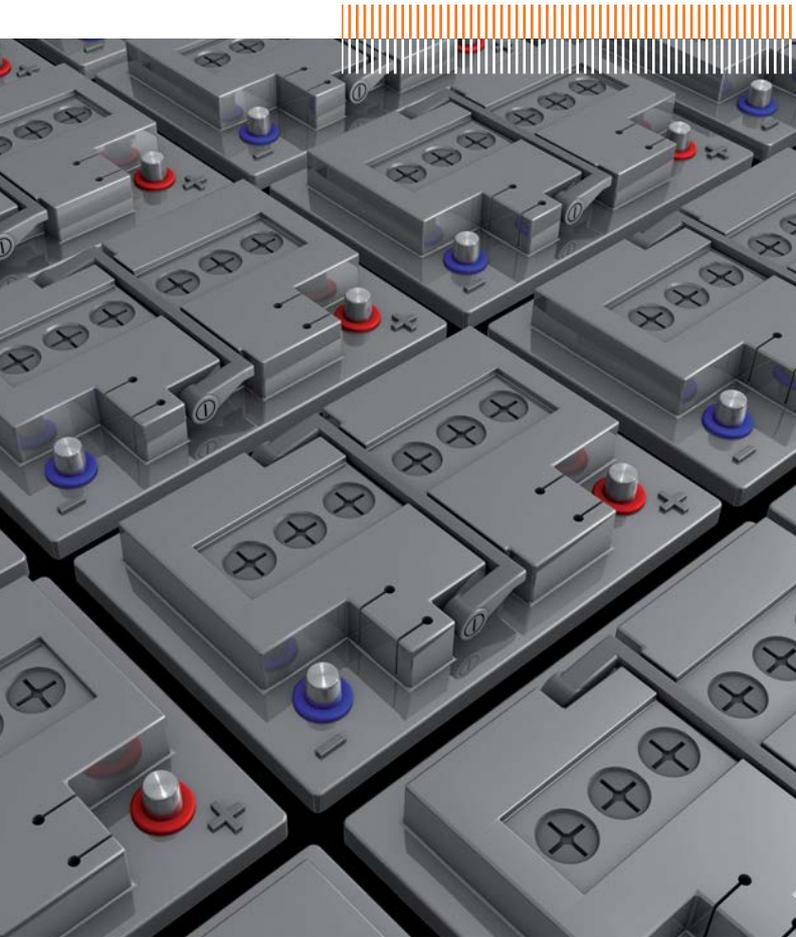
eigenständig versorgen kann. Er verdeutlicht also das Maß der Unabhängigkeit eines Haushalts von zusätzlichen Strombezügen.

### Einfluss eines Speichers

In Nordrhein-Westfalen können Solaranlagenbetreiber bei Süd-Ausrichtung in einem durchschnittlichen Jahr mit einem Stromertrag von rund 860 bis 920 Kilowattstunden (kWh) pro Jahr je Kilowattpeak (kWp) installierter Leistung rechnen. Ein Durchschnittshaushalt mit einem jährlichen Strombedarf von 4.000 kWh könnte entsprechend rein rechnerisch bereits mit einer Anlagengröße von 4,5 kWp bedarfsdeckend mit Solarenergie versorgt werden. Da aber Stromerzeugung und -verbrauch nicht deckungsgleich sind, liegen der tatsächliche Eigenverbrauchsanteil sowie der Autarkiegrad bei dieser Anlagenkonfiguration – und einer typischen Verbrauchskurve – bei jeweils etwa 30 Prozent. Ein Drittel des solar erzeugten Stroms wird also typischerweise direkt selbst verbraucht.

### Eigenverbrauch ohne Stromspeicher

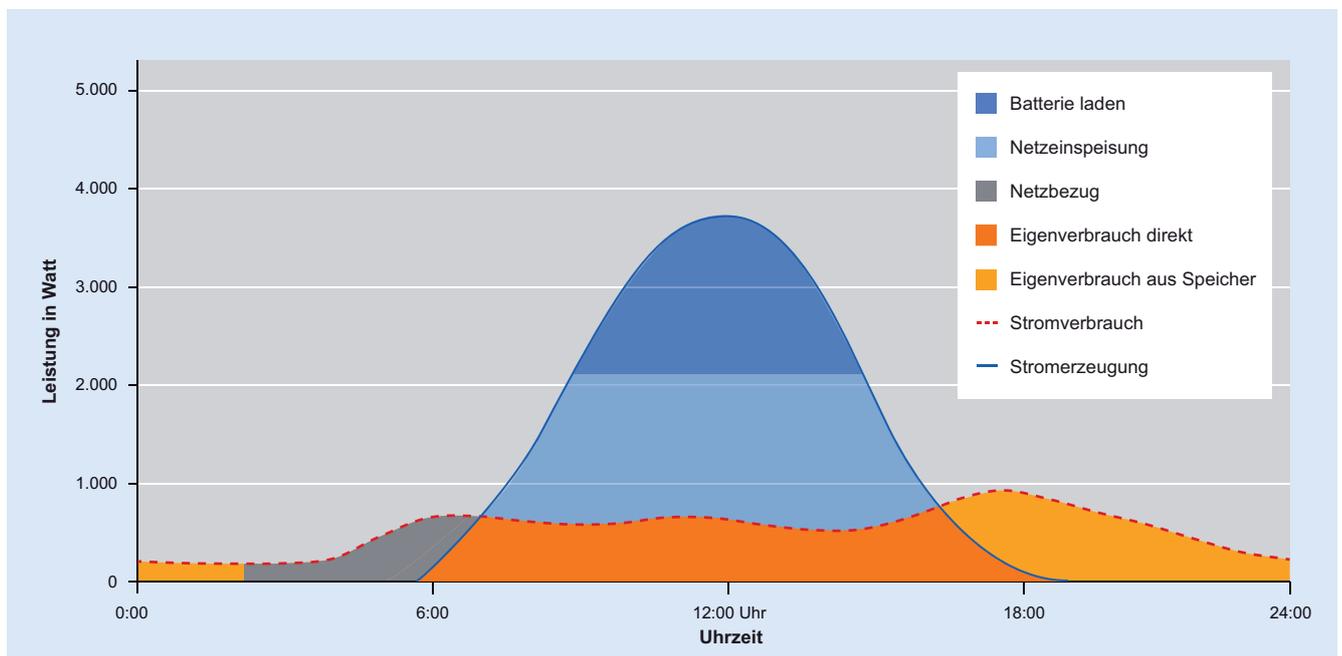




Durch die Installation eines Batteriespeichersystems lässt sich diese Menge weiter steigern, indem insbesondere morgens und abends auf den gespeicherten Solarstrom zurückgegriffen wird. Eine Batterie mit einer nutzbaren Speicherkapazität von 4 kWh erhöht in dem konkreten Beispiel den Eigenverbrauchsanteil auf etwa 60 Prozent und den Autarkiegrad auf etwa 55 Prozent. Für Betreiber von Photovoltaikanlagen ist die Investition in einen Speicher daher bereits heute interessant, um sich unabhängiger von zusätzlichen Strombezügen und damit von tendenziell steigenden Strompreisen zu machen.

Dezentrale Speicher sind daneben auch aus Sicht des gesamten Stromsystems von zunehmender Bedeutung. Durch ihren Einsatz reduziert sich die Netzeinspeisung von Photovoltaikanlagen. Wird das System netzoptimiert betrieben, indem z. B. Wetterprognosen mit einfließen und die Batterie insbesondere die häufigen Einspeisespitzen am Mittag abfedert, werden die örtlichen Stromverteilnetze erheblich entlastet.

### Eigenverbrauch mit Stromspeicher (netzoptimierte Ladung)



## Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit

### Nutzbare Speicherkapazität

Eine wichtige Kenngröße für die optimale Auslegung des Speichersystems ist die nutzbare Kapazität. Sie gibt an, welche Kapazität für die maximale Lebensdauer der Batterie zur Verfügung steht. Da eine Solarbatterie nicht komplett entladen werden kann, ohne dass sie Schaden nimmt, sollte die vom Hersteller angegebene maximale Entladetiefe grundsätzlich nicht unterschritten werden. Hat eine Batterie beispielsweise eine Gesamtkapazität von 9 kWh und eine Entladetiefe von 80 Prozent, liegt die nutzbare Kapazität bei 7,2 kWh.

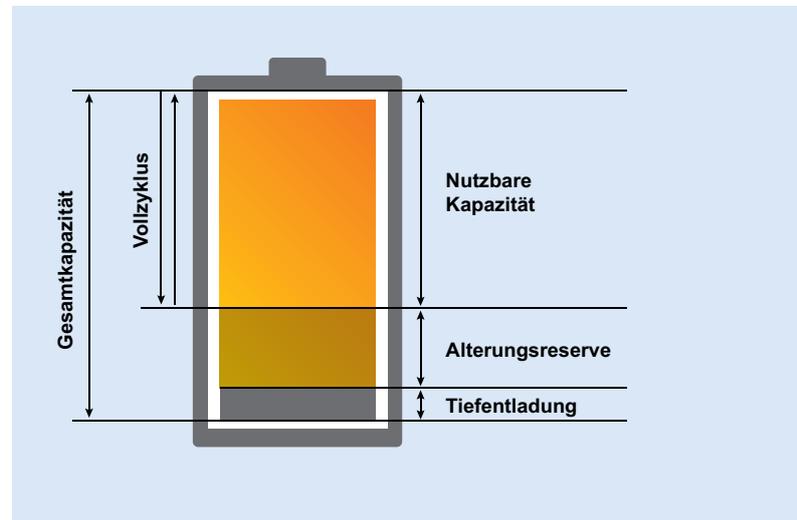
### Optimale Auslegung des Speichers

Grundsätzlich stellt die Installation einer nutzbaren Speicherkapazität von 1 kWh je 1 kWp PV-Leistung eine sinnvolle Dimensionierung des Batteriespeichersystems dar. Ein Durchschnittshaushalt mit einem 4 kWp PV-System erreicht mit Hilfe eines 4 kWh-Batteriespeichers einen Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad von etwa 60 bzw. 55 Prozent. Steht der Autarkiegedanke im Vordergrund, lässt sich dieser Wert weiter steigern, allerdings mit einem verhältnismäßig hohen Aufwand.

Wirtschaftlich betrachtet lohnt sich die Investition in einen derart großen Speicher noch nicht, da dadurch die mittleren Kosten des selbst erzeugten Solarstroms zu stark steigen. Kleinere Batteriespeicher mit einer nutzbaren Kapazität von 2 kWh in Kombination mit einer 4 kWp PV-Anlage (0,5 kWh/kWp) können sich – je nach spezifischem Lastgang – aber bereits heute finanziell auszahlen.

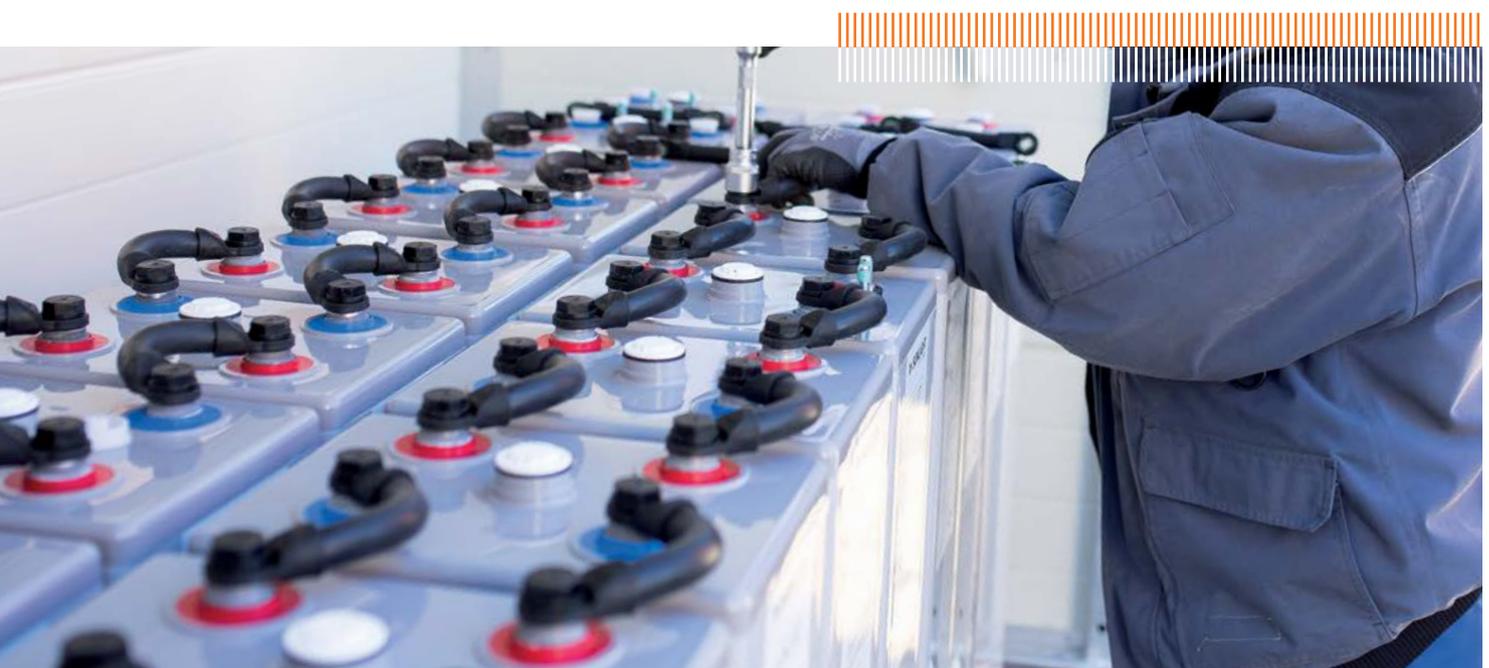
In den kommenden Jahren ist außerdem aufgrund der Preissenkungen bei der Speichertechnologie damit zu rechnen, dass sich auch PV-Systeme mit größeren Batteriespeichern wirtschaftlich darstellen und der Eigenverbrauchsanteil sowie der Autarkiegrad mit immer geringeren Mehrkosten weiter steigern lassen.

### Batteriekapazität



Neben den Kosten der Batteriesysteme sind viele weitere Faktoren – wie die Entwicklung der finanziellen Förderung oder der Strompreise – entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Investition in einen Speicher und bei der Planung zu berücksichtigen. Eine erste Einschätzung ermöglichen mittlerweile Speicherrechner im Internet. Diese ersetzen aber nicht die professionelle Beratung vor Ort auf Basis der individuellen Verbrauchsdaten und der Solarstromerzeugung.

Berücksichtigt werden sollten dabei soweit wie möglich auch zukünftige Entwicklungen wie das Wachsen des Haushalts oder der Anschluss zusätzlicher Stromverbraucher. Das Speichersystem sollte nachträglich erweiterbar sein.



## Speichertechnologien

Vor allem zwei Batterietechnologien kommen derzeit in Verbindung mit Photovoltaik in Betracht: Batterien auf Blei-Basis oder Lithium-Ionen-Batterien. Diese beiden grundlegenden Batterietypen unterscheiden sich in wesentlichen Parametern. Die Entscheidung für eine der jeweiligen Technologien ist nur im Einzelfall zu treffen und sollte unbedingt im Rahmen einer fachkundigen Beratung getroffen werden.

### Kosten

Bei den handelsüblichen Blei-Batterien handelt es sich meist um Blei-Säure-Batterien oder Blei-Gel-Batterien. Im Alltag begegnet man ihnen bereits häufiger, etwa im eigenen Auto (Autobatterie) oder in der industriellen Produktion. Aus diesem Grund gilt die Technologie als erprobt und es gibt langjährige Erfahrungswerte. Blei-Batterien sind daher momentan noch günstiger als Lithium-Ionen-Speicher.

Entscheidender als der Anschaffungspreis sind aber die Investitionskosten bezogen auf die nutzbare Speicherkapazität (Euro/kWh). Diese spezifischen Kosten variieren derzeit noch sehr stark zwischen den einzelnen Herstellern. Insgesamt ist in den kommenden Jahren mit einem deutlichen Rückgang der Investitionskosten insbesondere für Lithium-Ionen-Batterien zu rechnen.

Die Kosten eines Batteriespeichers über den gesamten Nutzungszeitraum hängen außerdem vom Wirkungsgrad und von der Lebensdauer des Speichers ab. Neben den spezifischen Kosten gilt es daher auch die Entwicklung dieser Parameter bei der Kaufentscheidung im Blick zu haben.

### Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis von gespeicherter Energie zu später wieder abgegebener Energie. Er macht entsprechend Leistungsverluste durch elektrische Komponenten (Wechselrichter, Laderichter, etc.) deutlich.

Der Wirkungsgrad von Lithium-Ionen-Akkus ist grundsätzlich höher als der von Blei-Akkus.

### Lebensdauer

Für die Betrachtung der Lebensdauer sind zwei Herstellerangaben von Bedeutung: Die Zyklenlebensdauer und die kalendarische Alterung.

Die Zyklenlebensdauer ist die Anzahl der Vollzyklen, also der möglichen Be- und Entladungen, bevor die Kapazität der Batterie auf 80 Prozent der ursprünglichen Gesamtkapazität gesunken ist. Aus dem spezifischen Anwendungsprofil des Haushalts – bei einem Durchschnittshaushalt z. B. ca. 250 Vollzyklen im Jahr – ergibt sich die zu erwartende Lebensdauer in Jahren.

Die kalendarische Alterung beschreibt die Alterung durch chemische Zerfallsprozesse. Diese treten auch auf, wenn der Speicher gar nicht in Betrieb ist.

Je nach Anwendungsprofil ist der eine oder der andere Parameter für die Lebensdauer bestimmender.

### Entladetiefe

Um die Kapazität eines Speichers über einen möglichst langen Zeitraum aufrecht erhalten zu können, sollten bei beiden Technologien die jeweils vom Hersteller empfohlenen maximalen Entladetiefen, die Depth of Discharge (DoD), nicht unterschritten werden, da sich dadurch sowohl die zyklische als auch die kalendarische Lebensdauer verringern würde. Bei Lithium-Ionen-Batterien ist grundsätzlich eine größere Entladetiefe möglich als bei Bleibatterien.

### Lagerung

Aufgrund der geringeren Energiedichte benötigen Blei-Batterien entsprechend mehr Platz im Haushalt. Sie sollten grundsätzlich an einem trockenen, frostfreien Ort ohne direkte Sonneneinstrahlung untergebracht sein. Insbesondere muss auf eine ausreichende Belüftung des Batterieraums aufgrund der Batteriegasung geachtet werden. Der notwendige Luftdurchsatz ist in speziellen Normen geregelt, z. B. DIN EN 50272-2.

Lithium-Ionen-Batterien sollten nur im Innenbereich aufgestellt werden. Die Lufttemperatur liegt dabei idealerweise zwischen 15 und 20 Grad und die maximale Luftfeuchtigkeit nicht über 80 Prozent. Brandlasten sollten mindestens zwei bis drei Meter entfernt sein.

### Wartung

Bleibatterien sind grundsätzlich wartungsintensiver als Lithium-Ionen-Batterien. Empfohlen werden eine regelmäßige Spannungsmessung und Temperaturkontrolle sowie insbesondere die Prüfung der ordnungsgemäßen Be- und Entlüftung des Raums.

Lithium-Speicher-Systeme sind generell eher wartungsarm. Hersteller geben Wartungsintervalle von ein bis zwei Jahren vor.

### Versicherung

Die dauerhafte Installation eines Speichersystems sollte in jedem Fall dem Gebäudeversicherer gemeldet werden. Im Vergleich zu Bleibatterien ist die spezifische Brandgefahr bei Lithiumspeichern erhöht, etwa durch die generelle Möglichkeit der Selbstentzündung aufgrund eines technischen Defekts.

### Beide Technologien im Detail\*:

	Lithium-Ionen-Batterien		Blei-Batterien	
	Heute	In 10 Jahren erwartet	Heute	In 10 Jahren erwartet
<b>Wirkungsgrad</b>	80 % bis 85 %	85 % bis 90 %	70 % bis 75 %	73 % bis 78 %
<b>Zykluslebensdauer</b> (Vollzyklen)	1.000 bis 5.000	2.000 bis 10.000	500 bis 2.000	1.000 bis 4.000
<b>Kalendarische Lebensdauer</b> (abhängig von Temperatur u. Ladezustand)	5 bis 20 Jahre	10 bis 25 Jahre	5 bis 15 Jahre	8 bis 20 Jahre
<b>Entladetiefe</b>	Bis 100 %	Bis 100 %	70 %	80 %
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lange Lebensdauer</li> <li>■ Keine hohen Anforderungen an Aufstellort</li> <li>■ Kompaktes System</li> <li>■ Geringer Wartungsaufwand</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Etablierte Technologie</li> <li>■ Geringe Investitionskosten</li> </ul>	
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Derzeit noch hohe Investitionskosten</li> <li>■ Im Fehlerfall Gefahr von Brand</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Größerer Platzbedarf</li> <li>■ Hohe Lüftungsanforderung</li> </ul>	

Quelle: Dirk Uwe Sauer (2013): Marktanzreizprogramm für dezentrale Speicher insbesondere für PV-Strom. Kurzgutachten im Auftrag des BMU.

\* Es handelt sich um Durchschnittswerte. Diese variieren zum Teil sehr stark. Die tatsächlichen Parameter einzelner Batteriespeicher können zudem deutlich von diesen Werten abweichen. Insbesondere die verschiedenen Lithium-Batterietechnologien haben jeweils sehr unterschiedliche Eigenschaften.

## Speicherintegration

Die Wahl des Batterietyps ist nicht die einzige Entscheidung, die Verbraucher treffen müssen. Es stellt sich daneben die Frage, an welcher Stelle im PV-System die Batteriespeicher integriert werden. Grundsätzlich wird unterschieden, ob der Speicher auf der Wechselstromseite (AC-System) oder auf der Gleichstromseite des PV-Wechselrichters (DC-System) eingebunden ist.

Beide Installationsmöglichkeiten haben spezifische Vor- und Nachteile. Welche Variante im Einzelfall sinnvoller ist, hängt von der jeweiligen Ausgangssituation ab.

### AC-Systeme

Insbesondere bei der Nachrüstung bietet sich eine AC-Kopplung an. Die Solarbatterie wird dann mit einem Konverter (Batteriewechselrichter) an das Hausnetz (Wechselstrom) angeschlossen. Die Solaranlage mit Gleichstromwandler und PV-Wechselrichter bleibt hierbei unverändert.

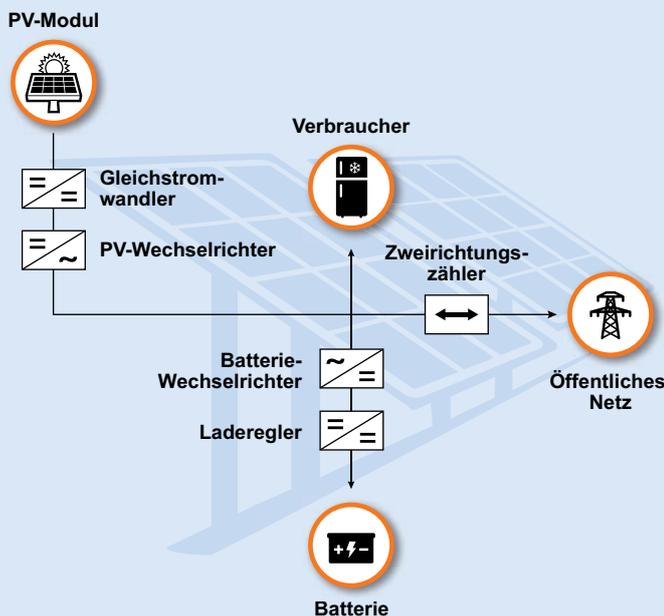
Der Konverter ist notwendig, da eine Solarbatterie grundsätzlich mit Gleichstrom be- und entladen wird. Der zusätzliche Wechselrichter hat tendenziell höhere Umwandlungsverluste zur Folge.

### DC-Systeme

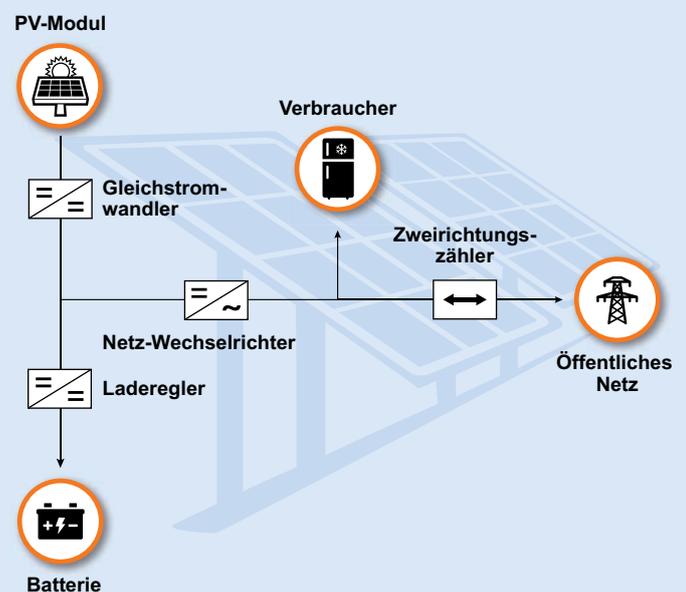
Bei DC-gekoppelten Systemen wird der Batteriespeicher vor dem PV-Wechselrichter im Gleichstromkreis angeschlossen. Die doppelte Transformation des Stroms entfällt, da die Batterie direkt den erzeugten Gleichstrom der Photovoltaikanlage lädt. Ein separater Batteriewechselrichter ist nicht notwendig. Hierdurch ergibt sich eine leicht höhere Effizienz gegenüber AC-Systemen.

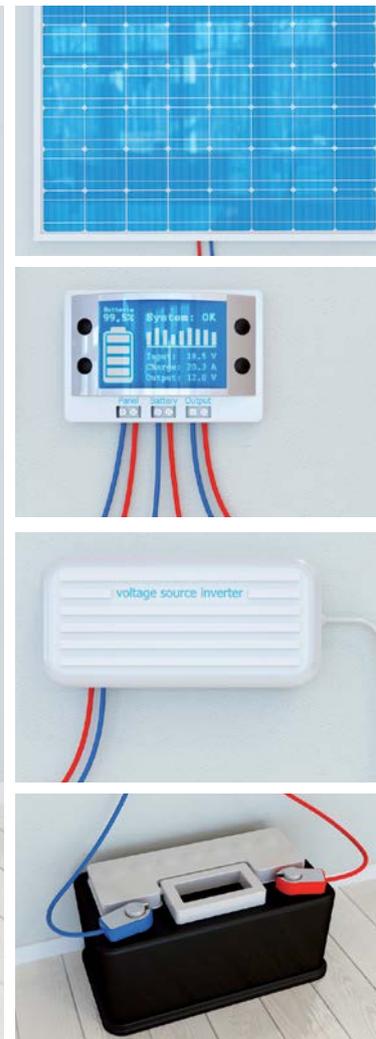
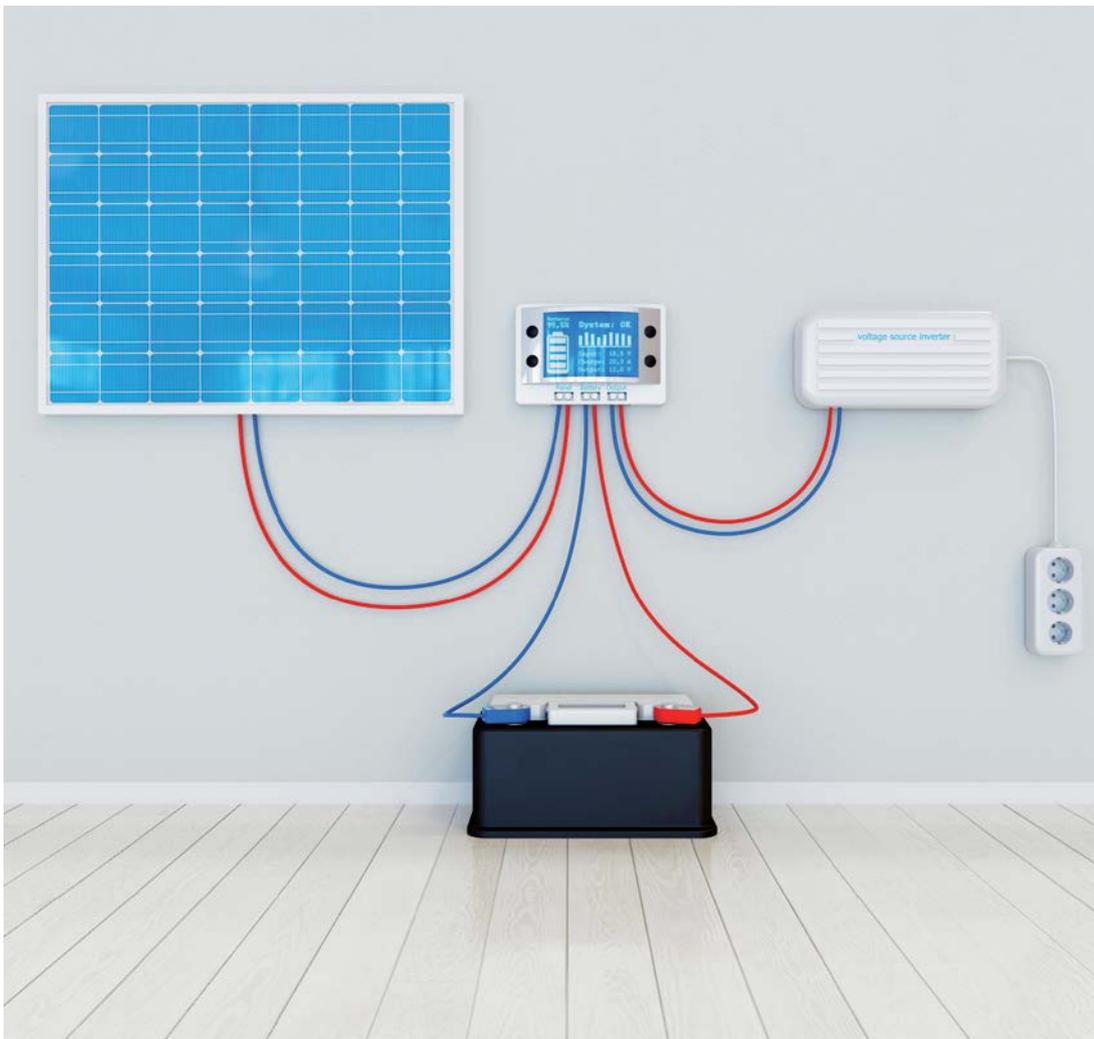
Die Nachrüstung eines Speichers im Gleichstromkreis kann den Austausch des Wechselrichters der PV-Anlage notwendig machen.

### AC-gekoppeltes System



### DC-gekoppeltes System





### Beide Installationsvarianten im Überblick:

	AC-Systeme	DC-Systeme
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Höhere Flexibilität</li> <li>■ Einfachere Nachrüstung bestehender Systeme</li> <li>■ Freie Skalierung des Batteriesystems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tendenziell geringere Umwandlungsverluste</li> <li>■ Geringer Platzbedarf des integrierten Systems</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Höhere Kosten durch zusätzlichen Wechselrichter</li> <li>■ Höherer Platzbedarf durch zwei separate Systeme</li> <li>■ Tendenziell höhere Umwandlungsverluste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geringe Flexibilität</li> <li>■ Aufwändiges Nachrüsten bestehender Systeme</li> </ul>

Quelle: [www.speichermonitoring.de](http://www.speichermonitoring.de)

### Speicherpass

Der Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) und der Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) haben mittlerweile ein Qualitätssiegel für Solarstromspeicher („Photovoltaik-Speicherpass“) entwickelt. Kunden können sich diesen bei der Übergabe des Speichersystems aushändigen lassen, um die Qualität der Komponenten sowie die fachgerechte Installation zu dokumentieren.



## Förderung

Die Neuinstallation sowie Nachrüstung stationärer Batteriespeichersysteme in Verbindung mit Photovoltaikanlagen wird staatlich gefördert. Die Förderung setzt sich aus einem zinsgünstigen Kredit der KfW-Bank und einem Tilgungszuschuss des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zusammen.

### Voraussetzungen

Das Förderprogramm richtet sich an Unternehmen, Freiberufler, Privatpersonen, sowie gemeinnützige Antragsteller. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt sein:

- Die installierte Leistung der verbundenen Photovoltaikanlage darf 30 kWp nicht überschreiten.
- Für jede Photovoltaikanlage ist die Anzahl der förderfähigen Batteriespeicher auf ein System beschränkt.
- Die geförderten Speicher müssen sich auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland befinden und müssen mindestens 5 Jahre zweckentsprechend betrieben werden.

Darüber hinaus ist vorgeschrieben, die maximale Leistungsabgabe der Photovoltaikanlage am Netzanschlusspunkt auf 50 Prozent der installierten Leistung zu begrenzen. Durch den Anreiz, die darüberhinausgehende Erzeugung zur Mittagszeit entweder direkt selbst zu verbrauchen oder in der Batterie zu speichern, werden die lokalen Verteilnetze entlastet. Das Speichersystem muss eine Möglichkeit zur Fernsteuerung vorsehen.

Die Verpflichtung zur Leistungsbegrenzung besteht für die gesamte Lebensdauer der Photovoltaikanlage, auch nach Außerbetriebnahme des Speichersystems.

### Förderhöhe

Der Kredit kann für die Gesamtinvestition beantragt werden und beträgt bis zu 100 Prozent der Investitionskosten für das Batteriespeichersystem und die Photovoltaikanlage (ohne Mehrwertsteuer).

Der Tilgungszuschuss reduziert die Kreditschuld und verkürzt so die Laufzeit des Kredites. Er wird für die Investition in das Batteriespeichersystem gewährt. Die Höhe des Zuschusses hängt von den Anschaffungskosten des Speichersystems, von der Größe der Photovoltaikanlage sowie vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme ab. Wird der Speicher gleichzeitig mit der Solaranlage installiert, liegt der Fördersatz bei maximal 2000 Euro pro Kilowattpeak Solaranlagen-Leistung. Wurde die Photovoltaikanlage nach dem 31. Dezember 2012 in Betrieb genommen und liegt zwischen ihrer Inbetriebnahme und der Inbetriebnahme des Batteriespeichersystems ein Zeitraum von mindestens sechs Monaten, gilt ein erhöhter Fördersatz von maximal 2.200 Euro/kWp, da ein höherer Aufwand für die Nachrüstung der Steuerungstechnik angenommen wird.

Der Zuschuss berechnet sich als Anteil an den förderfähigen Kosten in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Antragstellung:

Antragszeitraum	Anteil der förderfähigen Kosten
ab 1.3.2016 (Programmbeginn) bis 30.6.2016	25 %
ab 01.07.2016 bis 31.12.2016	22 %
ab 01.01.2017 bis 30.06.2017	19 %
ab 01.07.2017 bis 31.12.2017	16 %
ab 01.01.2018 bis 30.06.2018	13 %
ab 1.7.2018 bis zum 31.12.2018 (Programmende)	10 %

### Beispiel A: Kombinierte Installation

PV-Anlage: 5 kWp, Batteriespeichersystem:  
3,3 kWh nutzbare Kapazität  
Antragstellung am 15.08.2016

#### I. Ermittlung der Kosten des Speichers

Kosten des Gesamtsystems: 18.500 Euro (ohne MWSt)  
Unterstellt werden anteilige Kosten der PV-Anlage i. H. v.  
 $1.600 \text{ Euro} / \text{kWp} = 8.000 \text{ Euro}$   
Anlegbare Kosten des Speichers:  
 $18.500 \text{ Euro} - 8.000 \text{ Euro} = 10.500 \text{ Euro}$

#### II. Ermittlung der förderfähigen Kosten

$10.500 \text{ Euro} / 5 \text{ kWp} = 2.100 \text{ Euro} / \text{kWp}$   
Gefördert werden maximal 2.000 Euro/kWp.

#### III. Ermittlung des Zuschuss

$2.000 \text{ Euro} / \text{kWp} \times 5 \text{ kWp} \times 22\% = 2.200 \text{ Euro}$   
Es wird ein Zuschuss in Höhe von 2.200 Euro gewährt.

### Beispiel B: Nachrüstung

PV-Anlage: 4 kWp, Batteriespeichersystem:  
3,3 kWh nutzbare Kapazität  
Antragstellung am 15.04.2017

#### I. Ermittlung der Kosten des Speichers

Kosten Batteriespeichersystem: 6.000 Euro

#### II. Ermittlung der förderfähigen Kosten

$6.000 \text{ Euro} / 4 \text{ kWp} = 1.500 \text{ Euro} / \text{kWp}$   
Das Ergebnis liegt unterhalb der maximalen Förderhöhe  
von 2.200 Euro/kWp.

#### III. Ermittlung des Zuschuss

$1.500 \text{ Euro} / \text{kWp} \times 4 \text{ kWp} \times 19\% = 1.320 \text{ Euro}$   
Es wird ein Zuschuss in Höhe von 1.320 Euro gewährt.

### Garantie

Die Garantiebedingungen der am Markt erhältlichen Batteriespeichersysteme unterscheiden sich derzeit zum Teil noch erheblich. Das Förderprogramm nennt als eine weitere Voraussetzung, dass für die Batterien des Batteriespeichersystems eine Zeitwertersatzgarantie des Händlers bzw. Herstellers für einen Zeitraum von 10 Jahren vorliegen muss. Beim Kauf eines Speichers sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, ob es auch Händler oder Hersteller gibt, die mit ihren Garantiebedingungen über dieses Mindestmaß hinausgehen.



### Impressum

EnergieAgentur.NRW GmbH  
Roßstraße 92  
40476 Düsseldorf

Telefon: 0211 / 837-1930  
hotline@energieagentur.nrw  
www.energieagentur.nrw

© EnergieAgentur.NRW GmbH/EA438

### Gestaltung

www.liniezwei.de

### Stand

07/2016

Die EnergieAgentur.NRW GmbH verwendet in ihren Veröffentlichungen allein aus Gründen der Lesbarkeit die männliche Form von Substantiven; diese impliziert jedoch stets auch die weibliche Form.

### Bildnachweis

Titel: markus dehlzeit; S. 2: vege;  
S. 4: Thomas Jansa; S. 9: styleuneeed;  
S. 10: momius; S.11: Simon Kraus (alle © fotolia.de);  
S. 6: BSW-Solar/Borrmann

### Quellen

Weniger, Johannes; Quaschnig, Volker; Tjaden,  
Tjarko (2013): Optimale Dimensionierung von  
PV-Speichersystemen. In: pv magazine 01/2013.



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

