

PV-BATTERIESPEICHER

SICHERES UND FACHGERECHTES PLANEN UND INSTALLIEREN TEIL 1: INSTALLATION UND SICHERHEITSMASSNAHMEN



Bild 1: AC-Speichersystem mit Bleiakkus und Backup-Funktion

Je mehr Erzeugungskosten für Solarstrom unter die Strombezugskosten sinken, umso wirtschaftlich attraktiver ist es für den Anlagenbetreiber, seinen erzeugten Strom selbst zu verbrauchen, statt ihn ins öffentliche Stromnetz einzuspeisen und die niedrigere EEG-Einspeisevergütung zu erhalten. Außerdem werden ab 2014 von allen PV-Anlagen über 10 kW nur 90 % des eingespeisten Solarstroms mit dem EEG-Vergütungssatz vergütet. Folge ist, dass immer mehr Anlagen für den Eigenstromverbrauch optimiert werden. Nach Ermittlungen des Instituts für ökologische Wirtschaftsförderung werden in typischen Zwei- und Vierpersonenhaushalten mit 3, 4 bzw. 5 kW-Anlagen Eigenverbrauchsanteile bis 36% sowie solare Deckungsanteile bis 27 % erreicht. Durch den Einsatz von energiesparenden Haushaltsgeräten lässt sich der Deckungsanteil um ca. 5 Prozentpunkte erhöhen.

Höherer Anteile der Nutzung des Solarstroms lassen sich durch Speicher erreichen. So kann bei elektrischer Warmwasserbereitung in einem ausreichend großen Warmwasserspeicher die solare Deckung um 20 % gesteigert werden.

Mit elektrochemischen Speichern, üblich sind Blei-Säure-, Blei-Gel- oder Lithium-Ion-Batterien, kann weitaus mehr überschüssige solare Energie zwischengespeichert und bei Bedarf allen anderen Stromverbrauchern zur Verfügung gestellt werden, so dass ca. 80% des Strombedarfs gedeckt wird. Eine hundertprozentige Versorgung ist wegen der sonnenarmen Winterperiode oft nicht wirtschaftlich darstellbar. Standardsysteme für optimierte PV-Eigenstromversorgung mit Speichern werden von vielen Systemanbietern oder Fachhändlern angeboten. Nach dem Aufbau lassen sie sich in Speichersysteme mit DC-Kopplung der Batterien über einen Gleichstromwandler oder in Systeme mit AC-Kopplung über einen zusätzlichen Wechselrichter unterscheiden. DC-Kopplungssysteme können höhere Wirkungsgrade erreichen, da sie keinen zweiten Wechselrichter benötigen.

Errichtung von Eigenstromanlagen mit Speichern – Sicherheitsmaßnahmen

Speicherlösungen für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen werden in den kommenden Jahren verstärkt umgesetzt werden. Seit Mai 2013 wird die Markteinführung durch das KfW-Förderprogramm 275 „Finanzierung von stationären Batteriespeichersystemen in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage“ beschleunigt. Dieses KfW-Speicherprogramm setzt in den Förderrichtlinien u.a. voraus, dass die Arbeiten fachgerecht ausgeführt werden. Fördervoraussetzung sind die Einreichung von Herstellererklärungen und einer Fachunternehmererklärung des Installateurs.

Der BSW-Solar und der ZVEH initiierten die Erarbeitungen eines „PV-Speicherpasses“ um Qualität und Sicherheit bei der Umsetzung von Speichersystemen voran zu bringen. Der Speicherpass gibt einen Standard für die Dokumentation der fachgerechten Errichtung und Installation vor und kann die Fachunternehmererklärung für den KfW-Förderantrag ersetzen. Somit interpretiert und ergänzt er die normativen Anforderungen sowie die der Hersteller- und Fachunternehmererklärung. Dazu erarbeitete ein Expertenkreis aus Herstellern, KfW, BMU, GdV,

ZVEI unter maßgeblicher Beteiligung des DGS-Fachausschusses Photovoltaik die Grundlagen und das Begleitdokument zum Speicherpass. Im PV-Speicherpass sind alle relevanten Daten der spezifischen Installation und Komponenten bzw. des Speichersystems übersichtlich zu dokumentieren. Grundlage ist die Definition zur Eigensicherheit von Speichersystemen: „Eigensichere Batteriespeichersysteme, Batterien oder Wechselrichter (für PV-Anlagen) sind dadurch gekennzeichnet, dass im 1-Fehlerfall kein unsicherer Zustand auftreten kann. Dies beinhaltet Fehler die sowohl von außen als auch durch Fehler im System selber bei nicht bestimmungsgemäßem Einsatz (z.B. Interner Kurzschluss, Ausfall einer Elektronikkomponente) verursacht werden können. Ein unsicherer Zustand ist dann gegeben, wenn Gefahren (z.B. mechanisch, chemisch, thermisch, elektrisch) für Personen oder Sachen bestehen können. Situationen bei denen Gefahren für Personen oder Sachen bestehen können sollen benannt sowie auch die entsprechenden Gegenmaßnahmen zur Risikominimierung beschrieben sei, z.B. in den

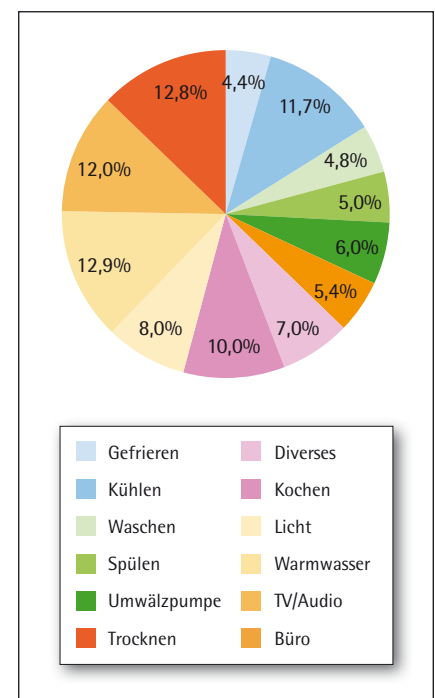


Bild 2: Durchschnittlicher Anteil beim Haushaltsstromverbrauch

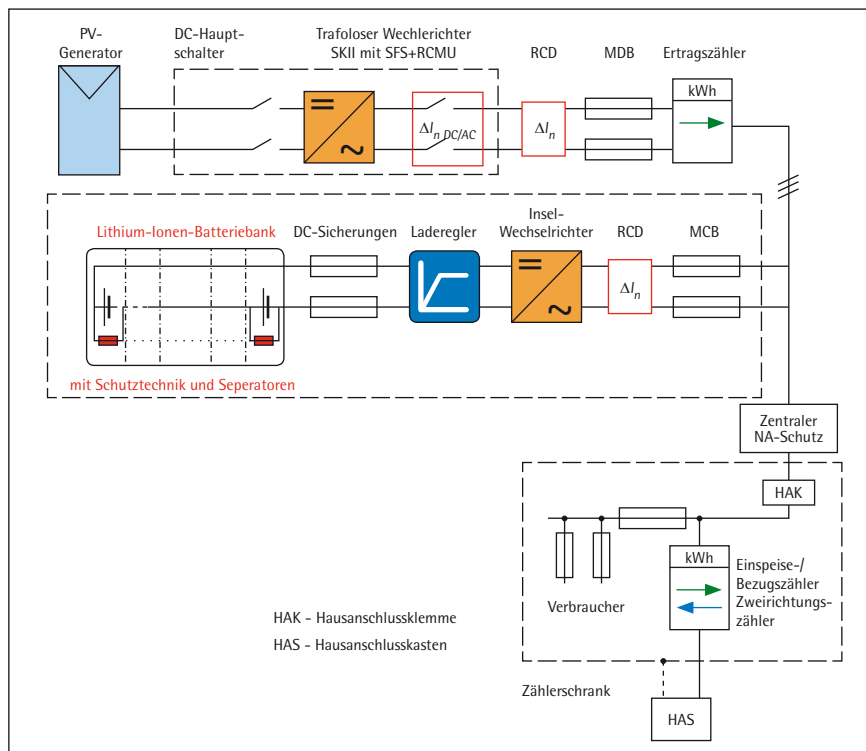


Bild 3: Anschluss eines AC-gekoppeltes Lithium-Ionen-Speichersystems

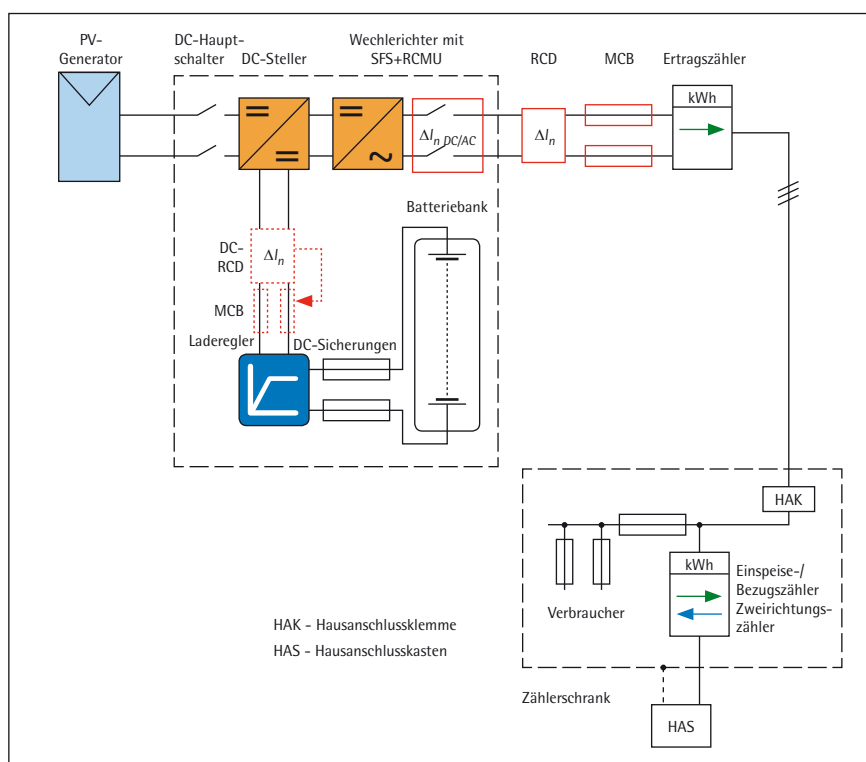


Bild 4: Anschluss eines DC-gekoppeltes Speichersystems

Installations- und Betriebsanweisungen. Sind sowohl die Batterie als auch der Wechselrichter/Ladegerät bestimmungsgemäß eingesetzt und jeweils eigensicher, ist auch das System als eigensicher zu betrachten.“

Bei der Errichtung von Speichersystemen sind die normativen Anforderungen, Sicherheitskonzepte und Netzanschlusskriterien, Schutzkonzepte, Schutztech-

nik, Transport, Lagerung, Handling, bauliche Anforderungen und Brandschutz zu beachten. Seit Mitte 2013 arbeitet ein DKE-Arbeitskreis an einer „VDE-Anwendungsregel für stationäre elektrische Energiespeichersysteme am Niederspannungsnetz“ (VDE AR E 2510-2) um den Herstellern, Planern, Installateuren und Betreibern Hilfe bei der normgerechten und sicheren Planung, der Errichtung,

dem Betrieb sowie der Demontage und dem Recycling zu geben. Normativen Lücken bestehen derzeit insbesondere bei Lithium-Ionen-Batterien.

Für Lithium-Ionen-Batterien sind allgemein anerkannte Normen für den Einsatz im stationären Bereich erst in Entwicklung. Grundlegende Sicherheits- und Prüfanforderungen für Lithium-Ionen-Batterien im Elektromobil- und Fahrzeugbereich, die derzeit realisiert werden, sind in den internationalen Standards UL1642 „Standard for Safety for Lithium-Batteries“ sowie „BATSO-Manual for evaluation of energy system for Light Electric Vehicle (LEV) – Secondary Lithium Batteries“ beschrieben. Für große Lithium-Akkumulatoren und -batterien in industriellen Anwendungen kann auf den Normentwurf E DIN EN 62620 VDE 0510-35 verwiesen werden. In der demnächst als Entwurf VDE 2510-50 „Stationäre Energiespeichersystem mit Lithium-Batterien“ erscheinenden VDE-Anwendungsregel werden viele Sicherheits- und Prüfanforderungen beschrieben. Diese sollte von jedem Hersteller und auch Installateur beachten werden.

Grundsätzlich sind beim Einsatz von Lithium-Ionen-Zellen ein abgestimmtes Batteriemanagement sowie das Segmentierungen der Zellen und angepasste Schutzeinrichtungen sicherheitsrelevant. Das übergeordnete Ladesystem muss die Vorgaben des Batterieherstellers einhalten. Nur typgleiche Batterien dürfen entsprechend den Herstellervorgaben verschaltet werden. Bei Nichtbeachten der Sicherheitsanforderungen wie z.B. ungeeigneten Laderegeln etc. kann es zu explosionsartigen thermischen Überlastungen bei Lithium-Ionen-Batterien kommen.

Um diese zu verhindern, arbeitete eine gemeinsame Expertengruppe des BSW, des Bundesverbandes Erneuerbare Energiespeicher (BVES) und der DGS Berlin, dem Fraunhofer KIT, Herstellern und Prüflaboren um einen Schutzzielkatalog für Lithium-Ionen-Batteriesysteme zu erstellen. Ziel ist es Prüfgrundlagen und Regeln zur Herstellung eigensicherer Systeme schnell in die Praxis zu überführen. Dieser Schutzzielkatalog wurde im September der Fachöffentlichkeit vorgestellt.

Elektrischer Anschluss von Speichersystemen

Beim Anschluss an das Niederspannungsnetz muss das elektrische Schutzkonzept und die Netzform (TN-C, TT, IT...) der bestehenden elektrische Anlage beachten werden.

Als Schutzmaßnahme für die AC-seitige Installation wird nach der VDE 100-410

der Einsatz von Schutzeinrichtungen gefordert. Prinzipiell müssen die Maßnahme zum Schutz gegen direktes Berühren (Basisschutz) und bei Auftreten eines Fehlers (Fehlerschutz) umgesetzt werden. Letzterer tritt in Kraft, wenn der Basisschutz nicht mehr wirkt und körperliche Schäden nicht verhindert werden. Die automatische Abschaltung der 230V-Stromversorgung bei Auftreten eines Fehlers ist dabei mit den folgenden Abschaltzeiten: 0,2 s in TT-Netzen bzw. 0,4 s in TN-Netzen vorgeschrieben. Prinzipiell wird bei Stromkreisen mit für Laien zugänglichen Steckdosen als zusätzlicher Schutz ein RCD mit 30 mA-Bemessungsstrom gefordert.

Generell sind Schutzmaßnahmen vor Überstrom und Kurzschluss an der Batterieanlage vorzusehen. Dabei ist zu beachten, dass der zu erwartende Kurzschlussstrom von der Kapazität, dem Typ und dem Alterungszustand der Batterie abhängt. Die Schutzmaßnahmen unterscheiden sich danach ob es ein DC- oder AC-gekoppeltes System ist.

Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD) für AC-Speichersysteme

Batteriespeichersysteme bzw. Wechselrichter können glatte Gleichfehlerströme $\geq$ DC 6mA oder höhere Fehlerströme mit höheren Frequenzen verursachen, welche die Funktionalität von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vom Typ A beeinflussen können. Geht aus den Herstellerangaben hervor, dass beim ersten Fehler glatte Gleichfehlerströme $\geq$ DC 6mA verursacht werden können, sind Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vom Typ B / B+ vorzusehen.

Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD) für DC-Speichersysteme

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) vom Typ B für reine DC-Systeme sind zurzeit nur als MRCDs (Modulare Fehlerstromgeräte) nach DIN EN 60947-2 Anhang M verfügbar. Diese bestehen aus separatem Summenstromwandler, Auswerteeinheit und Leistungsschalter. MRCDs dürfen nur in einer vom Hersteller freigegebenen Kombination eingesetzt werden. Die Abschaltvorrichtung muss für reine DC-Systeme geeignet sein.

Bei Verwendung von verzögerten Ausführungen muss darauf geachtet werden, dass die erforderlichen Abschaltzeiten für die Schutzmaßnahme eingehalten werden.

Isolationsüberwachungsgeräte

Ein Isolationsüberwachungsgerät (IMD = Insulation Monitoring Device) überwacht in einem IT-System (ungeerdetes System) permanent den Isolationswiderstand R_F zwischen den aktiven Leitern

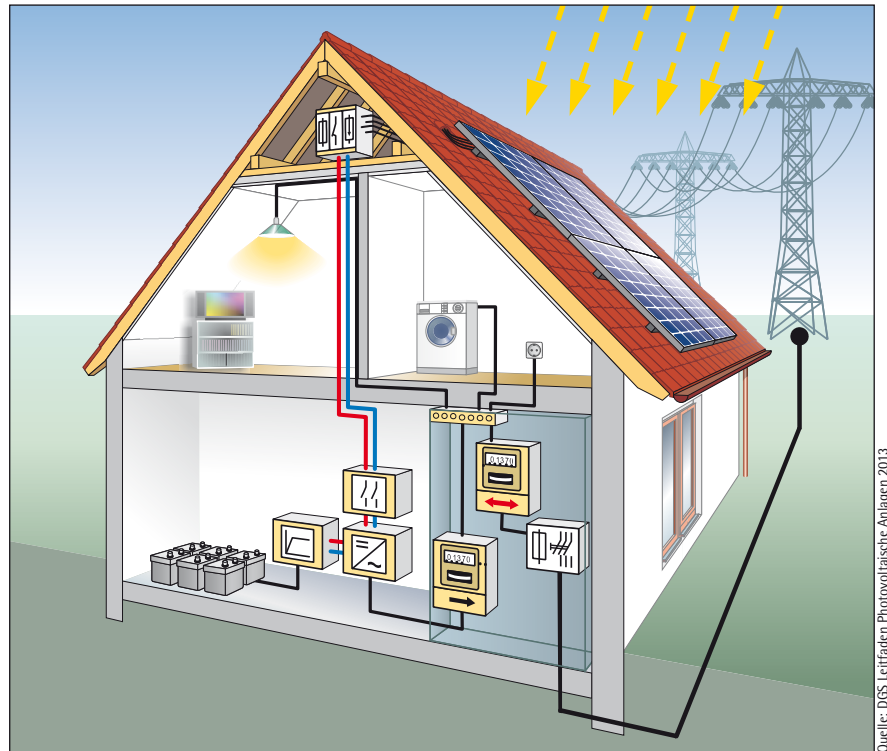


Bild 5: Prinzipbild einer PV-Eigenverbrauchsanlage mit einem DC-gekoppelten System

und Erde. Unterschreitet dieser den eingestellten Ansprechwertes R_a wird ein Schaltbefehl ausgelöst.

Isolationsüberwachungsgeräte müssen den Anforderungen von DIN VDE 61557-8 / DIN VDE 61557-15 entsprechen. Das Messverfahren des Isolationsüberwachungsgerätes (IMD) muss auch in der Lage sein, symmetrische Isolationsfehler zu erkennen. Erdschlussrelais, die als Auswertekriterium die Verlagerungsspannung nutzen, sind nicht zulässig.

Erdungsanlagen und Schutzleiter

Die Sternpunktnachbildung muss niederohmig mit mindestens 10 qmm CU Querschnitt oder äquivalent an die Haupterdungsschiene angeschlossen werden.

Außerdem ist entscheidend, ob das System aus Einzelkomponenten vom Installateur zusammengestellt (Batterien, Laderegler, Wechselrichter, Schutztechnik...) und montiert wird oder es sich um ein Gesamtsystem handelt. Bei letzteren sind Schutztechnik gleich in dem System integriert sowie weitere Schutzmaßnahmen konstruktiv vom Hersteller umgesetzt. Das Gesamtsystem muss dann nur noch vom Installateur entsprechend den Herstellerangaben mit den Schutzmaßnahmen an die jeweilige Netzform und das Schutzkonzept der bestehenden elektrischen Anlage angepasst werden. Bei einem Komponentensystem wird der Installateur zum Inverkehrbringer des Gesamtsystems nach dem Produkthaftungsgesetz. Somit sind die Anforderungen für den Installateur sehr viel komple-

xer. Im Rahmen des KfW-Förderantrages dokumentiert der Installateur mit der Fachunternehmererklärung den fachgerechten Aufbau des Systems.

Bei Systemen, die einen Netzersatzbetrieb (Notstrom-Systeme bzw. Backup-Systeme) ermöglichen, muss berücksichtigt werden, dass im Inselbetrieb u.U. eine vom Netzbetrieb abweichende Netzform realisiert wird. Der Installateur hat dann sicherzustellen, dass beide Schutzkonzepte normgerecht errichtet werden und die jeweiligen Schutzmaßnahmenprüfungen nach VDE0100-600 erfolgen.

Netzersatzbetrieb mit IT-System

So werden z.B. bei einem Backup-System im Netzbetrieb die Verbraucherstromkreise im TT-Netz über eine Fehlerstromschutzvorrichtung (RCD) nach VDE0100-410 geschützt, die in die speisende Zuleitung integriert ist. Beim Inselbetrieb erfolgen eine allpolige Trennung und so eine Versorgung über ein IT-System. Die RCD kann jetzt nur bei einem Doppelfehler auslösen.

Unabhängig von bestehenden Schutzmaßnahmen wird der Personenschutz gegen elektrischen Schlag durch die Schutzmaßnahme „automatische Abschaltung der Stromversorgung im IT-System“ nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410) sichergestellt. Die Abschaltung des inselnetzbildenden IT-Systems bei Auftreten des ersten Fehlers muss innerhalb von 5s erfolgen.

Wenn der Schutz gegen elektrischen Schlag durch die Schutzmaßnahme

„Automatische Abschaltung der Stromversorgung“ nicht in der nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410): 2007.06, Tabelle 41.1 geforderten Zeit sichergestellt ist, muss das Inselnetzbildende System innerhalb der geforderten Abschaltzeiten die Ausgangsspannung gegen Erdpotenzial auf maximal 50VAC oder 120V DC begrenzen (Spannungsreduktion im Überlastfall). Nach spätestens 5s im Betrieb in der Spannungsreduktion muss sich das Inselnetzbildende System abschalten.

Zu beachten ist, dass im IT-System nicht alle Verbraucher versorgt werden können. Moderne Heizkessel z.B. benötigen einen Bezug zum Erdpotenzial, damit z.B. die Flammüberwachung richtig funktioniert.

Die Isolationsüberwachungsgeräte müssen den Anforderungen von DIN VDE 61557-8 (VDE 0413-8) entsprechen. Sofern dies nicht im Inselnetzbildenden System enthalten ist muss dieser installiert werden. Das Messverfahren des Isolationsüberwachungsgerätes muss in der Lage sein, symmetrische Isolationsfehler zu erkennen. Erdschlussrelais, die als Auswertekriterium die Verlagerungsspannung nutzen, sind nicht zulässig.

Das Inselnetzbildende System kann nach Auftreten einer durch Ansprechen der Isolationsüberwachung ausgelösten Abschaltung wieder zugeschaltet werden, sobald wieder ein entsprechend hoher Isolationswiderstand erreicht wird. Dies kann manuell oder automatisch erfolgen. Es wird empfohlen, einen Ansprechwert von 100 Ω/V für die Hauptmeldung und 300 Ω/V für eine Vorwarnung einzustellen.

Netzersatzbetrieb mit TN-System

Das Speichersystem bildet im Netzersatzbetrieb ein TN-System nach. Unabhängig von bestehenden Schutzmaßnahmen wird der Schutz gegen elektrischen Schlag durch die Schutzmaßnahme „Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-System“ nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410) sichergestellt.

Das Inselnetzbildende System muss während des Ersatznetzbetriebs eine

Verbindung des Neutralleiters (Sternpunktnachbildung) mit dem Schutzleiter (Haupterdungsschiene) erzeugen. Dabei ist sicherzustellen, dass der Schutzleiter in der elektrischen Anlage nach DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540) nicht geschaltet werden darf und dass die allpolige Trennung zum Netz erhalten bleibt. Bei Versagen der Sternpunktnachbildung muss sich das Inselnetzbildende System abschalten.

Die Sternpunktnachbildung muss auf den Kurzschlussstrom des Inselnetzbildenden Systems ausgelegt sein. Die Sternpunktnachbildung darf während des Netzparallelbetriebs nicht aktiv sein. Die Dauer der Umschaltung der Sternpunktnachbildung von Netzparallel- zu Netzersatzbetrieb und umgekehrt darf 100ms nicht überschreiten.

Der vom Inselnetzbildenden System bereitgestellte Kurzschlussstrom dient zur Auslösung vorhandener Schutzgeräte (z.B. Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, Leitungsschutzschalter).

Wenn der Schutz gegen elektrischen Schlag durch die Schutzmaßnahme „Automatische Abschaltung der Stromversorgung“ nicht in der nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410): 2007.06, Tabelle 41.1 geforderten Zeit sichergestellt ist, muss das Inselnetzbildende System innerhalb der geforderten Abschaltzeiten die Ausgangsspannung gegen Erdpotenzial auf maximal 50 V AC oder 120 V DC begrenzen (Spannungsreduktion im Überlastfall). Nach spätestens 5s im Betrieb in der Spannungsreduktion muss sich das Inselnetzbildende System abschalten.

Das Inselnetzbildende System kann nach Abschalten der Spannungsreduktion wieder zugeschaltet werden. Dies kann manuell oder automatisch erfolgen. Bei automatischer Wiedereinschaltung muss das Inselnetzbildende System die Ausgangsspannung auf maximal 50 V AC oder 120 V DC gegen Erdpotenzial begrenzen, wenn der Fehler weiterhin anliegt. Dabei ist ein geringer Isolationswert oder das sofortige Erreichen des maximalen Kurzschlussstroms des

inselnetzbildenden Systems bei Wiedereinschaltung als Weiterbestehen des Fehlers anzusehen.

Literatur

- BMU-Richtlinie zur Förderung von stationären und dezentralen Batteriespeichersystemen zur Nutzung in Verbindung mit Photovoltaikanlagen, 19. April 2013
- BSW/ZVEH-Speicherpass und Begleitdokument, 24.10.2013
- VDE 0510 -1 und -2 „Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen“
- Arbeitsentwurf der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-E 2510-2 „Stationäre elektrische Energiespeichersysteme am Niederspannungsnetz“ 07-2014
- Arbeitsentwurf der VDE-Anwendungsregel VDE 2510-50 „Stationäre Energiespeichersystem mit Lithium-Batterien“ 07-2014
- Ralf Haselhuhn: „Normative und Sicherheits-Anforderungen für die fachgerechte Umsetzung von elektrischen Speichersystemen am Niederspannungsnetz“, Tagungreader 29.
- OTTI-Symposium Photovoltaische Solarenergie, 3/2014 Kloster Banz
- FNN-Hinweisepapier „Anschluss und Betrieb von Speichern am Niederspannungsnetz“ 7-2013 sowie Entwurf 11-2013

ZUM AUTOR:

► Ralf Haselhuhn

Neben seiner Tätigkeit als Vorsitzender des Fachausschuss Photovoltaik der DGS ist er Mitarbeiter im DKE-Normungskomitee im DIN und VDE K 373 „Photovoltaische Solarenergiesysteme“, im DKE-Arbeitskreis „Anwendungsregel elektrische Energiespeicher“, im ZVEH Expertenkreis „Speicher“ zum Speicherpass sowie in der BSW/BVES-Arbeitsgruppe „Systemsicherheit von Batteriesystemen“
rh@dgs-berlin.de

PV-BATTERIESPEICHER

SICHERES UND FACHGERECHTES PLANEN UND INSTALLIEREN TEIL 2: ERRICHTUNG UND NETZANSCHLUSS

Arbeitsschutz

Bei der Errichtung, Montage und Installation von Batteriespeichersystem kommt auf den Elektroinstallateur eine anspruchsvolle Aufgabe zu. Abhängig von tatsächlich eingesetztem Produkt oder beschriebener Komponente weichen die Maßnahmen zur Risikominimierung voneinander ab. Für jeden Speichersystemtyp gelten daher unter Umständen besondere Anforderungen. Prinzipiell gilt, dass die Vorgaben der Hersteller einzuhalten sind. Die Errichtung muss durch eine autorisierte Elektrofachkraft erfolgen, die eine Qualifikation zu dem jeweiligen Speichersystem absolviert hat und die Montageanleitung fachgerecht umsetzt. Die besonderen Maßnahmen u.a. bei Arbeiten unter Spannung, sind in der BGR A3 sowie der VDE 0105-100 beschrieben. Für die durchzuführenden Arbeiten und den Umgang mit säurehaltigen Batterien sind auf jeden Fall angemessene Kenntnisse und Erfahrung erforderlich. Die Tabelle gibt einen Überblick über mögliche Gefährdungen und die Maßnahmen zur Unfallverhütung.

Die Batterien können in verschiedenen Ausgangszuständen geliefert werden. Bleisäurebatterien können ungefüllt und trocken geladen sein, so dass noch eine Befüllung mit Elektrolyt gemäß den Herstellerangaben notwendig ist. Dabei muss der Installateur um sich zu schützen Gummihandschuhe, Schutzbrille und Sicherheitsschuhe tragen.

Folgende Punkte sollten beim allgemeinen Umgang mit Bleisäurebatterien beachtet werden:

- Installation und Inbetriebnahme nur von autorisierten und geschulten Elektrofachkräften
- maximale Stapelhöhe beachten
- Handhabungshinweise auf Verpackungen und in Anleitungen beachten
- kein Rauchen oder Umgang mit offenem Feuer
- Gummihandschuhe, Schutzbrille, Sicherheitsschuhe tragen
- Stets isoliertes Werkzeug verwenden und nie auf Batterien ablegen
- Batterien nie an Polen anheben
- Stöße vermeiden

- keine synthetischen Tücher/Schwämme mit Reinigungszusätzen verwenden
- min. 2 Personen einsetzen

Bauliche Anforderungen

Grundsätzlich sind die Herstellerempfehlungen zum Aufstellort zu berücksichtigen. Prinzipiell kann zwischen Speichersystemen in abgeschlossenen Batterieschränken und Systemen in elektrischen Betriebsräumen unterschieden werden. Abgeschlossene Batterieschränke stellen geringe Anforderungen an den Aufstellort. Abgeschlossene Batterieschränke sollten trotzdem nicht im Wohnbereich oder im Bereich der Fluchtwege aufgestellt werden (geeignete Keller- oder Hauswirtschaftsräume). Am Aufstellort sollten keine Brennstoffe bzw. leichtentzündliche Materialien oder

Materialien mit hoher Brandlast gelagert werden. Ist mit Kleinnagern zu rechnen (z.B. Schuppen) ist entsprechender Kabelschutz vorzusehen.

Typische weitere Anforderungen sind:

- Sicherstellung einer ausreichenden Zugänglichkeit zu Wartungszwecken
- Sicherstellung einer ausreichenden Tragfähigkeit des Untergrundes
- Untergrund muss vibrationsfrei und eben sein
- Untergrund aus flammenhemmendem Material (z.B. Beton; kein Holz)
- Zusätzliche Wandbefestigung des Speichers (Kippsicherung)
- Einhalten eines Freiraums oberhalb und ggf. seitlich des Speichers für ausreichende Kühlluftzufuhr und Warmluftabfuhr

Gefährdungen	Grundlegende Maßnahmen	Qualifikationen / autorisierte Fachkräfte Unterweisung zum Verhalten / Vorgehen bei Havarien
elektrischer Schlag	■ 5 Sicherheitsregeln der Elektrotechnik beachten Achtung: Das Erden und Kurschließen von Batterien ist zu vermeiden! ■ Regeln zum Arbeiten an elektrischen Anlagen unter Spannung	
Verätzungen / Reizungen	■ persönliche Schutzausrüstung (bei Arbeiten mit und an den Batterien) ■ Erste Hilfe Unterweisung (Spediteur, Installateur und Betreiber) ■ Unterweisung zum Umgang mit gefährlichen Stoffen (B) ■ Atemschutz (bei Havarien)	
Explosionsgefahr	■ elektrostatische Aufladungen vermeiden ■ Rauchverbot / Verbot offener Flammen ■ Abstand zu Zündquellen einhalten ■ Belüftung sicherstellen (Luftwechselrate, Wandabstände etc.)	
Brandgefahr	■ Abstand zu brennbaren Materialien ■ Belüftung sicherstellen (Luftwechselrate, Wandabstände etc.) ■ geeignetes Löschmittel mitführen (L)	
mechanische Verletzungsgefahr (Quetschungen / Kippgefahr)	■ geeignete Transporthilfen nutzen ■ mechanische Belastungen berücksichtigen ■ Befestigung der Komponenten nach Herstellervorgaben	
Verbrennungen (heiße Oberflächen)	■ Abkühlungszeiten beachten (nur während des Betriebs relevant)	
Sonstige Gefahren	■ Kurzschlüsse durch leitende Teile (Werkzeuge, Körperschmuck) vermeiden ■ Batteriezüleitungen wegen der Kurzschlussgefahr (z.B. bei unisolierten Leitungsenden) immer als letztes an die Batterie anschließen, vorher Isolationsmessung vornehmen ■ thermische Überlastungen vorbeugen	

Quelle: BSW, DGS-Berlin

Tabelle1: Allgemeine Informationen zur Unfallverhütung bei Installation und Handling von Batterien



Bild 1: Je nach Speichertechnologie, Größe und Aufstellungssituation können diese oder ähnliche Warn- und Sicherheitshinweise und Kennzeichnungen direkt am Speichersystem oder im Zugangsbereich notwendig werden. Die Hinweise sind in geeigneter Weise durch ein Symbol und zusätzlich mit der Beschreibung von Art und Quelle der Gefahren, den möglichen Folgen bei Nichtbeachtung sowie den Maßnahmen zur Vermeidung aufzuführen. Die Vorgaben der Hersteller sind zu beachten.

- für Bleibatterien und Nickel-Cadmium-Batterien sind entsprechenden Lüftungsanforderungen der Norm EN 50272-2 einzuhalten
- Umgebungstemperaturbereich nach Herstellerangaben
- Vermeidung zusätzlicher Wärmequellen im Betriebsraum
- Ausschluss von relativer Luftfeuchtigkeit über einem bestimmten Grenzwert (z.B. nicht > 80 %)
- Ausschluss von salz- oder ammoniakhaltiger Feuchtluft
- Ausschluss von bestimmten Höhenlagen (z.B. > 2.000 m)
- Ausschluss von direkter Sonneneinstrahlung
- Ausschluss von Installation in Überschwemmungsgebieten
- Ausschluss von explosionsfähiger Atmosphäre
- Ausschluss von starker Span- oder Staubeentwicklung
- Ausschluss von funkenverursachenden Gegenständen oder Geräten im Betriebsraum
- Rauchverbot im Betriebsraum
- Abstand zu Zündquellen nach Herstellerangaben

Insbesondere bei Bleisäure-Akkumulatoren sind die Anforderungen an eine ausreichende natürliche oder technische Lüftung (Explosionsgefahr) einzuhalten.

Die Anforderungen an die Belüftung eines Batterieraums sind in der Norm VDE 0510-2 „Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen Teil 2 stationäre Batterieanlagen“ geregelt.

Ziel ist es, die Wasserstoffkonzentration im Batterieraum unter der Explosionsschwelle von 4 %-Vol zu halten. Dies ist vorzugsweise durch eine natürliche Lüftung und wenn dies nicht möglich ist durch technische Belüftung, also die Installation von Lüftungsöffnungen und

Lüftern, zu realisieren. Die Zu- und Abluftöffnungen müssen dazu an geeigneten Stellen realisiert werden (an gegenüberliegenden Wänden oder Trennabstand min. 2m bei derselben Wand). Der Öffnungsquerschnitt der Öffnungen (in cm²) muss dabei dem 28-fachen des notwendigen Volumenstroms entsprechen. Die Abluft darf nicht in andere Räume geführt werden, sondern muss direkt aus dem Gebäude herausströmen. Ist eine technische Lüftung erforderlich, so ist diese in den Ladeprozess einzubinden und je nach Ladebetrieb zu regeln.

Der notwendige Volumenstrom lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_N \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

mit:

- n = Anzahl der Zellen
- I_{gas} = der Strom, der die Gasentwicklung verursacht
- C_N = Kapazität C_{10}

Sofern kein I_{gas} vom Hersteller vorgegeben wird, kann dieser anhand der Tabelle 1 der VDE 0510-2; 2001-12 bestimmt werden. Alternativ können auch Auslegungstools von Herstellern für die Berechnung genutzt werden.

Kennzeichnungspflicht

Nach der Norm VDE 0510-1 ist das Warnschild „Gefährliche Spannung“ gemäß ISO 3864 anzubringen, sofern die Batteriespannung mehr als 60 V beträgt. Es sind des Weiteren in Batterieräumen die Schilder „Feuer, offene Flammen und Rauchen verboten“ sowie „Akkumulator, Batterieraum“ zum Hinweis auf ätzende Elektrolyte, explosive Gase sowie gefährliche Spannungen und Ströme anzubringen. Sofern vom Speicherhersteller oder normativ ein bestimmtes Raumvolumen vorgesehen ist, z.B. um eine ausreichende

Verdünnung austretenden Wasserstoffs zu gewährleisten, so ist dieses Volumen als vorzuhaltendes Leerraumvolumen zu verstehen. Es sollte dann ein Hinweis angebracht werden, dass das Leerraumvolumen nicht durch Schränke, Geräte usw. gemindert werden darf oder, dass ein bestimmter Wert zu gewährleisten ist.

Bei Inselnetzbildenden Systemen muss ein Hinweisschild für Einsatzkräfte von Feuerwehren am Hausanschlusskasten oder an anderen Stellen, an welchen die Versorgung durch das Netz abgeschaltet werden kann, angebracht werden.

Zusätzlich ist eine einfache Dokumentation oder Hinweis anzubringen, an welcher Stelle auf welche Weise das Inselnetzbildende System abgeschaltet werden kann.

Stationäre Energiespeichersysteme müssen mit folgenden Kennzeichnungen versehen werden:

- Firmenname und Name des Errichters;
- Datum der Errichtung;
- Sicherungswerte, der Sicherungen, die dem Bediener zugänglich sind;
- Kennzeichnung aller Anschlüsse und Bedienelemente;
- Kennzeichnung aller Schalter
- Ggfs. sind Kennzeichnungsschilder oder Markierungen gemäß Herstellervorgaben anzubringen.

Netzanschluss

Für Anlagen unter 30 kW kann nach dem EEG das „vereinfachte“ Einspeisemanagement eingesetzt werden, welches eine maximale Wirkleistungseinspeisung von 70 % der installierten Leistung am Netzverknüpfungspunkt zulässt, oder es wird eine vom Netzbetreiber ferngesteuerte Einrichtung zur Leistungsabregelung eingesetzt. Die Erfassung und Abregelung wird häufig im Wechselrichter realisiert. Beim Eigenverbrauch ist es jedoch sinnvoll die Erfassung der Isteinspeisung am Netzeinspeisepunkt vorzunehmen und den Messwert an die Wechselrichterregelung zu übergeben. Dadurch können die Abregelungen minimiert werden. Bei dieser Regelung wird ein Impulsausgangstromzähler (S0-Stromzähler) benötigt, der den Verbrauch des Hauses misst und den Wert über kommunikative Kopplung an die Regelung des Wechselrichters übergibt. Bei PV-Anlagen mit Speichern, die nach dem KfW-Programm gefördert wurden, muss Netzeinspeisung auf maximal 60 % realisiert werden.

Obwohl viele transformatorlose Wechselrichter einen Fehlerstromschutzschalter RCD Typ B schon im Gerät integriert haben, kann ein separater RCD wie im

Bei AC-gekoppelten Speichersystemen kann die Inselerkennung integriert in den beiden Wechselrichtern erfolgen. Diese Funktionalität muss bei einem Backup System durch einen zentralen NA-Schutz im Hausanschlusskasten übernommen werden. Der im Wechselrichter integrierte NA-Schutz muss dann deaktiviert werden. Die vom Netz getrennte Anlage muss dann alle Funktionen einer Inselanlage übernehmen. Will man dabei unabhängig von der Einstrahlung sein muss ein Speicher vorhanden sein. Durch geeignete Regeleinrichtungen können Energiemanagementfunktionen übernommen werden. So können diese Verbraucher (z.B. Geschirrspüler oder Waschmaschine) gezielt zuschalten, wenn die Sonne scheint, um den Eigenverbrauch zu erhöhen.

Errichtung von Eigenstromanlagen mit Speicher- Netzanschlussanforderungen

Für den Netzanschluss gilt zunächst einmal prinzipiell die Anwendungsregel VDE-AR-N 4105. Da jedoch Speichersysteme auch neue Anforderungen für den Netzanschluss stellen, wurde vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) im Juni 2013 technische Hinweise „Anschluss und Betrieb von Speichern am Niederspannungsnetz“ veröffentlicht. In diesem Hinweispapier werden die technischen und bilanziellen Anforderungen für den Anschluss an das öffentliche Niederspannungsnetz festgelegt und beschrieben. Außerdem wird die technische Umsetzung der Anforderungen aus dem KfW-Speicherprogramm beschrieben. Der Hinweis gilt für Planung, Errichtung, Betrieb und Änderung von Speichern oder Speichersystemen, die an das Niederspannungsnetz angeschlossen und parallel mit dem Netz eines Netzbetreibers betrieben werden (Netzanschlusspunkt am Niederspannungsnetz). Speichersysteme bis zu 30 kW können auch in Unterverteilungen angeschlossen werden. Der Anschluss an einen Endstromkreis ist gemäß FNN-Hinweispapier nicht zulässig. Der Leistungswert für die Lieferung in das öffentliche Netz ist technisch zu überwachen und ggf. zu begrenzen. Bei Inanspruchnahme des KfW-Programms muss die maximale Einspeiseleistung auf 60 % der Wirkleistung der PV-Anlage begrenzt werden.

Die Netzeinspeisung sollte vorzugsweise symmetrisch dreiphasig erfolgen.

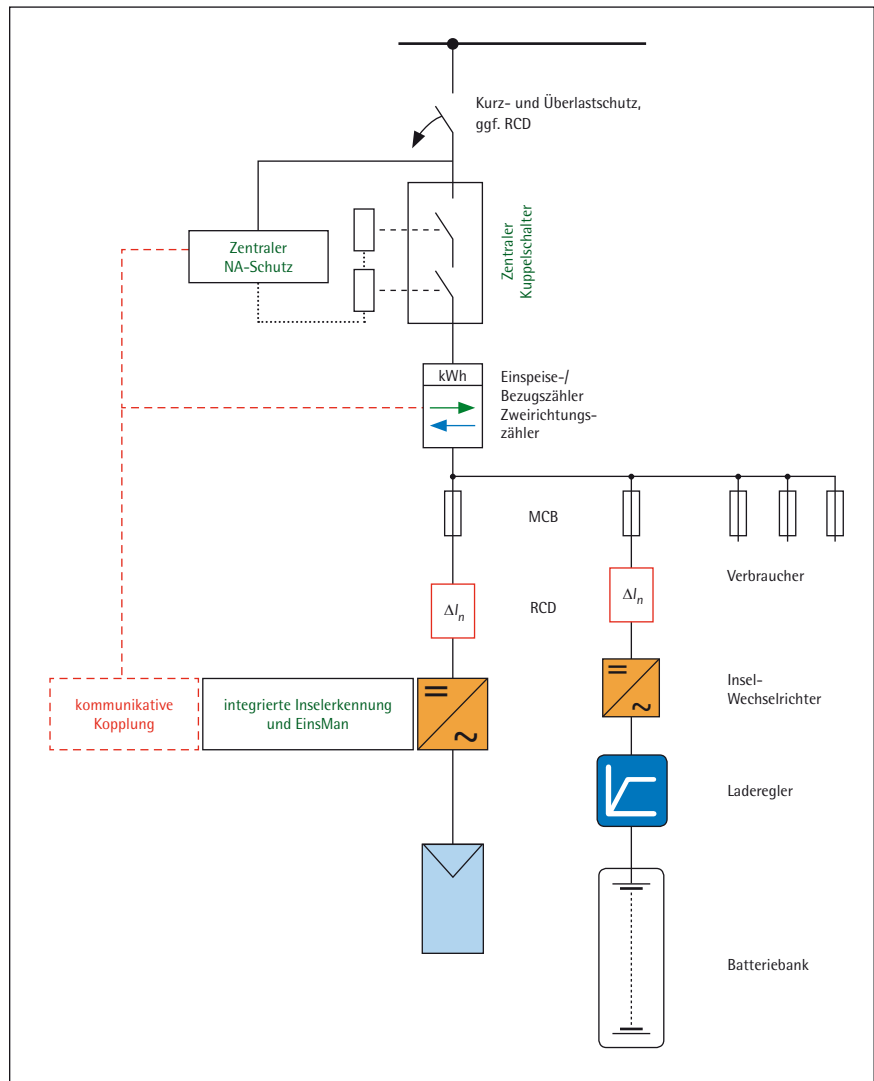


Bild 2: Elektrischer Anschluss eines AC-gekoppelten PV-Speichersystems > 30 kVA

Es darf bei einphasigen Systemen eine maximale Unsymmetrie von 4,6 kVA zwischen zwei Außenleitern entstehen. Dies gilt insbesondere auch wenn Speicher und Erzeugungsanlage gleichzeitig einspeisen. Für die Unsymmetriebedingung ist der 1-min-Mittelwert einzuhalten. Da Speichersystem und PV-Anlage gleichzeitig einphasig einspeisen können, muss durch eine kommunikative Kopplung die maximale Summenleistung auf 4,6 kVA begrenzt werden.

Das FNN Hinweispapier interpretiert das EEG so, dass die Einspeisung von Strom aus der Batterie des Speichersystems in das öffentliche Stromnetz auszuschließen ist. Sogenannte Erhaltungsladungen (bzw. Wartungsladungen), die einer Tiefentladung der Batterie des Speichersystems in Zeiten geringer sola-

rer Einstrahlung entgegenwirken, müssen Speichersysteme allerdings sogenannte Erhaltungsladungen aus dem Netz beziehen. Allerdings kann hier als Bagatellgrenze für die Erhaltungsladung eine Jahresenergiemenge des Speichersystems von 1–2 % gelten. Üblicherweise gilt in der Energiewirtschaft eine Bagatellgrenze von 1–2 % der Jahresenergiemenge (so besitzen z.B. PTB-geeichte Haushaltstromzähler eine Messgenauigkeit von 2 %).

Bei den technisch-bilanziellen Anforderungen unterscheidet das Hinweispa-

- Speicher ohne Erzeugungs- und Verbrauchsanlage mit direktem Anschluss an das Netz
- Erzeugungsanlage mit Speicher ohne Verbrauchseinrichtung
- Speichersystem im Erzeugungspfad
- Speichersystem im Verbrauchspfad

Außerdem ergeben sich aus dem EEG §16 und §3 (1) unterschiedliche Konfigurationen der Mess- und Zähleinrich-

Notstromversorgung

Bild 3: Hinweisschild Notstromversorgung

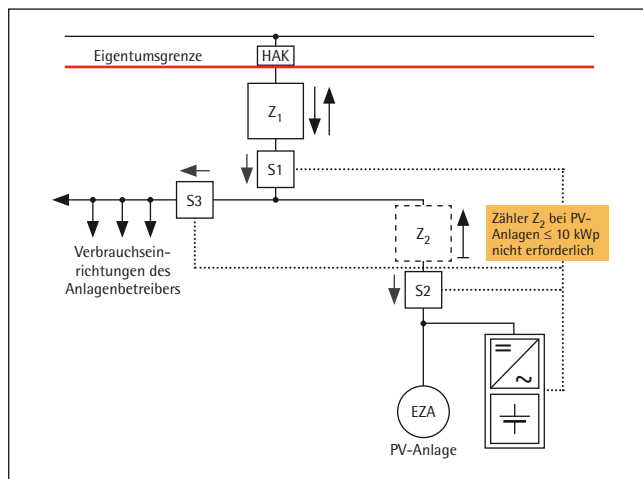


Bild 4: Netzanschluss eines Speichersystems im Ertragspfad nach FNN-Hinweispapier 6-2014

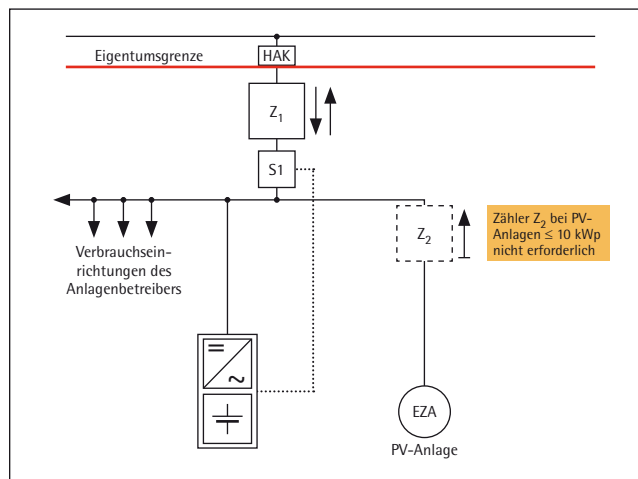


Bild 5: Netzanschluss eines Speichersystems im Verbrauchspfad nach FNN-Hinweispapier 6-2014

tungen.

Bei einem Speichersystem im Ertragspfad gemäß Bild 5 kann der Stromrichtungssensor S1 auch im Wechselrichter integriert sein. Die Einbindung des Batteriespeichersystems kann im AC- oder DC-Bereich erfolgen. Der Stromrichtungssensor S3 erfasst den Leistungsfluss der Verbrauchstromkreise. Die Steuerung der Wirkleistung basiert auf den Messwerten von Sensor S1 auf der Verbraucherseite oder von S3 im Verbrauchspfad und S2 im Erzeugungspfad.

Bei einem Speichersystem das an einem Verbrauchsstromkreis angeschlossen wird reduziert sich die Stromsensoranzahl. Soll die in der PV-Anlage erzeugte und im Speichersystem zwischengespeicherte Energie in das öffentliche Netz zurückgespeist werden, darf keine Speicherladung aus dem Netz erfolgen außer Erhaltungsladung innerhalb der Bagatellgrenze s.o.

Bei Speichersystemen die Inselnetz-fähig sind (BackUp- oder Notstrombetrieb) muss die Umschalteneinrichtung in TN-Systemen grundsätzlich allpolig, d.h. 4polig ausgeführt werden, da es bei einer 3poligen Umschaltung zu einer nicht gewollten Stromflussverzweigung über die PEN-Leiter-Klemme im Hausanschlusskasten kommt. Dieses entspricht auch einer Anforderung nach DIN VDE 0100-551. Ein kurzzeitiger Parallelbetrieb zur Synchronisierung von Inselssystem und öffentlichen Netz ist zulässig. Die Dauer für diesen Parallelbetrieb umfasst nur die Umschaltzeit nach erfolgreicher Synchronisierung und soll 100 Millisekunden nicht überschreiten. Insbesondere ist zu beachten, dass sich bei AC-gekoppelten Systemen mit zwei Frequenzstellern (Solar- und Batteriewechselrichter) eine von der Netzfrequenz abweichende Frequenz einstellen kann. Bei Netzzuschaltung müssen die Synchronisierungsbedingungen der Notstromaggregate-Richtlinie

eingehalten werden. USV-Systeme realisieren i.A. höhere Anforderungen an die Spannungsqualität und sollte die Normenreihe DIN VDE 0558 einhalten.

Literatur

- BMU-Richtlinie zur Förderung von stationären und dezentralen Batteriespeichersystemen zur Nutzung in Verbindung mit Photovoltaikanlagen, 19. April 2013
- BSW/ZVEH-Speicherpass und Begleitdokument, 24.10.2013
- VDE 0510-1 und -2 „Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen“
- Arbeitsentwurf der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-E 2510-2 „Stationäre elektrische Energiespeichersysteme am Niederspannungsnetz“ 07-2014
- Arbeitsentwurf der VDE-Anwendungsregel VDE 2510-50 „Stationäre Energiespeichersystem mit Lithium-Batterien“ 07-2014
- Ralf Haselhuhn: „Normative und Sicherheits-Anforderungen für die fachgerechte Umsetzung von elektrischen Speichersystemen am Niederspannungsnetz“, Tagungsreader 29.
- OTTI-Symposium Photovoltaische Solarenergie, 3/2014 Kloster Banz
- FNN-Hinweispapier „Anschluss und Betrieb von Speichern am Niederspannungsnetz“ 6-2014

ZUM AUTOR:

► Ralf Haselhuhn

Neben seiner Tätigkeit als Vorsitzender des Fachausschuss Photovoltaik der DGS ist er Mitarbeiter im DKE-Normungskomitee im DIN und VDE K 373 „Photovoltaische Solarenergiesysteme“,

im DKE-Arbeitskreis „Anwendungsregel elektrische Energiespeicher“, im ZVEH Expertenkreis „Speicher“ zum Speicherpass sowie in der BSW/BVES-Arbeitsgruppe „Systemsicherheit von Batteriesystemen“
rh@dgs-berlin.de