

Batterie-Management in Insel-Systemen



SMA Wechselrichter überzeugen durch exakte Ladezustands-Erfassung

Kurzfassung

Mit den von SMA entwickelten Sunny Island-Wechselrichtern können autarke Stromversorgungen auf besonders einfache Art und Weise aufgebaut werden. Dabei wird das Inselstromnetz mit den vor Ort verfügbaren regenerativen Energien gespeist - zum Beispiel mit dem Strom aus Photovoltaikanlagen. Als Netzmanager sorgen die Sunny Island-Wechselrichter gleichzeitig für die Zwischenspeicherung der Energie in Akkus. So können sie Erzeugungs- und Lastspitzen jederzeit abfangen und eine kontinuierliche Energieversorgung sicherstellen. Die Zuverlässigkeit und Effizienz der Akkus spielen deshalb eine wichtige Rolle.

Bisher gilt der Akku als die riskanteste Komponente in Insel-Systemen. Dies lässt sich vor allem auf ein ungenaues Batterie-Management zurückführen. Die Schwierigkeit dabei ist, dass der Ladezustand von Batterien nur schwer messbar ist. Eine genaue Erfassung des Ladezustands ist aber Grundvoraussetzung für den korrekten Betrieb und damit die maximale Lebensdauer der Batterie. Arbeitet das Batterie-Management nicht genau, bedeutet dies für den Anlagenbetreiber, dass die

Batterie schon relativ früh ausgetauscht werden muss.

SMA bietet mit den Batterie-Wechselrichtern Sunny Island die optimale Lösung: Das spezielle Batterie-Management baut auf einer exakten Ladezustands-Bestimmung auf. Durch die Kombination der drei gängigsten Methoden der Ladezustands-Erfassung erreichen die Geräte eine Messgenauigkeit von mehr als 95 Prozent. Überladungen und Tiefenentladungen der Akkus werden damit sicher verhindert. Klarer Vorteil: Durch das von SMA entwickelte Batterie-Management lässt sich die vom Hersteller angegebene Batterie-Lebensdauer auch in Off Grid-Systemen erreichen. Wettbewerbsgeräte hingegen erzielen häufig nur die Hälfte der vom Hersteller angegebenen Lebensdauer. Das System von SMA erspart einen unnötigen Austausch einzelner Akkus und reduziert die hohen Instandhaltungskosten. Darüber hinaus ermöglicht die präzise Erfassung eine optimale Ausnutzung der Batteriekapazität. So können bei gleicher Leistungsfähigkeit und längerer Lebensdauer kleinere und damit kostengünstigere Batterien eingesetzt werden.



Akkus in Inselstrom-Versorgungen

Das Sunny Island-System

Mit den von SMA entwickelten Sunny Island Batterie-Wechselrichtern lassen sich autarke Stromversorgungen aufbauen. Dabei wird der Sunny Island mit den vor Ort verfügbaren regenerativen Energien gespeist – zum Beispiel mit dem Strom aus Photovoltaikanlagen, Wind- oder Wasserkraftwerken. Verbunden mit einer Batterieeinheit, in der die Energie bis zum tatsächlichen Verbrauch gespeichert wird, bildet der Sunny Island ein unabhängiges Wechselstromnetz, das höchsten Qualitätsstandards entspricht.

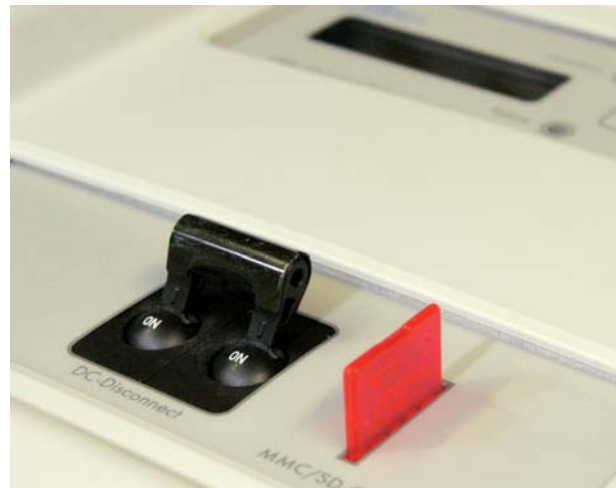
Ein Großteil der rund zwei Milliarden Menschen, die heute noch ohne Strom auskommen müssen, kann mit dieser Technologie versorgt werden. Sunny Island-Systeme kommen daher häufig in abgelegenen Gebieten zum Einsatz, wo ein Anschluss an das öffentliche Stromnetz nur schwer oder gar nicht möglich ist. Dementsprechend wichtig ist die Stabilität des Insel-Systems – und damit auch das reibungslose, effiziente Zusammenspiel von Batterie und Wechselrichter.



Risikofaktor Akku?

Die wiederaufladbare Batterie – auch Akkumulator oder kurz Akku genannt – gilt als die riskanteste Komponente in Insel-Systemen. Dies lässt sich vor allem darauf zurückführen, dass der Ladezustand von Batterien schwer messbar ist und die kalkulierte Lebensdauer häufig nicht erreicht wird. Für den Anlagenbetreiber bedeutet dies, dass die ohnehin kostenintensiven Akkus, im Vergleich zu anderen Komponenten, schon relativ früh ausgetauscht werden müssen. Um dem vorzubeugen, werden in autarken Energieversorgungen häufig Akkumulatoren eingesetzt, die bezüglich ihrer Kapazität größer sind als eigentlich notwendig. Damit gewinnt der Anlagenbetreiber zwar mehr Spielraum, aber nicht auch automatisch eine längere Lebensdauer der Akkus. Die Investitionskosten steigen, das Lebensende ist aber trotzdem nach spätestens 10 bis 15 Jahren erreicht, häufig sogar früher.

Diese Methode ist zudem alles andere als preisgünstig, denn der Preis von Batterien steigt mit ihrer Größe annähernd linear. Deshalb arbeitet SMA ständig an der Optimierung der Ladezustands-Erkennung.



Der Akkumulator: Energiespeicher – Energiespender

Die Umwandlung der Energie

Der Akku speichert elektrische Energie, um sie bei Bedarf zur Verfügung zu stellen. Dies erfolgt auf der Basis eines elektro-chemischen Systems: Beim Aufladen des Akkus wird elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt. Der Akku speichert diese chemische Energie. Mit dem Anschluss bzw. Betriebsstart eines Verbrauchers wandelt er diese wieder in elektrische Energie um und stellt sie zur Verfügung.

Strom für unterwegs, zu Hause und netzferne Gebiete

Akkumulatoren kommen überall dort zum Einsatz, wo ein netzunabhängiger Betrieb von elektrischen Geräten erforderlich oder gewünscht ist. So zum Beispiel in kleineren Gebrauchsgegenständen wie Rasierapparaten, Handys oder MP3-Playern, aber auch in großen netzfernen Anwendungen wie einem Inselstrom-System. Oft ist ein solches System die einzige Möglichkeit, Häuser oder Gebiete, die nicht an ein öffentliches Stromnetz angebunden sind, mit Energie zu versorgen.



Kapazität und Ladezustand

Die Kapazitäten einer Batterie

Der Begriff „Kapazität“ bezeichnet die maximale Ladungsmenge, die ein Akku speichern kann. Sie wird in Amperestunden (Ah) angegeben und hängt von mehreren Faktoren ab: Vom Entladestrom, der Entladeschluss-Spannung des Akkus (der Spannung, bei der die Entladung beendet wird), von der Temperatur und vom Alter. Unterschiedliche Entladeverfahren, wie beispielsweise mit konstantem Strom, über konstanten Widerstand oder mit konstanter Leistung, vor allem aber unterschiedliche Entladeströme führen demnach zu einer unterschiedlichen Auslastung des Akkus.

Grundsätzlich wird zwischen zwei Kapazitäten unterschieden: Der Nennkapazität – also der Kapazität, über die eine neue Batterie laut Herstellerangaben verfügt sowie der aktuellen Kapazität, bei der sowohl das Alter als auch die Temperatur berücksichtigt werden.

Der Ladezustand

Der Ladezustand eines Akkus, auch als „state of charge“ oder kurz als „SOC“ bezeichnet, gibt Auskunft über die momentan zur Verfügung stehende Ladungsmenge. Der Ladezustand wird in Prozent angegeben, sodass eine Batterie bei einem SOC von 100 Prozent komplett aufgeladen ist. Liegt der Wert bei 0 Prozent, ist die Batterie leer. Dabei sollten Bleiakkumulatoren einen Wert von 20 – 40 Prozent nicht unterschreiten. Andernfalls kann es zu Tiefentladungen kommen, die die Lebensdauer der Batterie erheblich verkürzen oder sie sogar völlig zerstören können.

Der Ladezustand kann zwar auf die Nennkapazität des Akkus bezogen werden, gibt dann aber keine realistische Auskunft über die tatsächlich nutzbare Ladungsmenge. Denn diese hängt auch von weiteren Parametern ab, wie beispielsweise Umgebungstemperatur, Alter und der „Geschichte“ des Akkus. Deshalb bezieht sich bei SMA die Angabe des Ladezustands auf die aktuelle Kapazität und berücksichtigt so diese Parameter.

Der Batterielader

Ein Laderegler steuert und überwacht die Ladung und Entladung von Akkumulatoren. Seine Hauptaufgabe ist es, Über- oder Tiefentladungen zu verhindern. Dies kann im einfachsten Fall durch eine Begrenzung der Ladespannung erfolgen. Aufwendigere Laderegler nutzen mehrere Parameter, wie beispielsweise Temperatur, Zeit oder Ladestrom, für die Steuerung. Ein Laderegler kann sowohl als einzelne Komponente in ein Inselstrom-System eingebaut werden als auch – wie bei den Sunny Islands von SMA – bereits in den Wechselrichter integriert sein.



Eine Batterie lebt nicht ewig

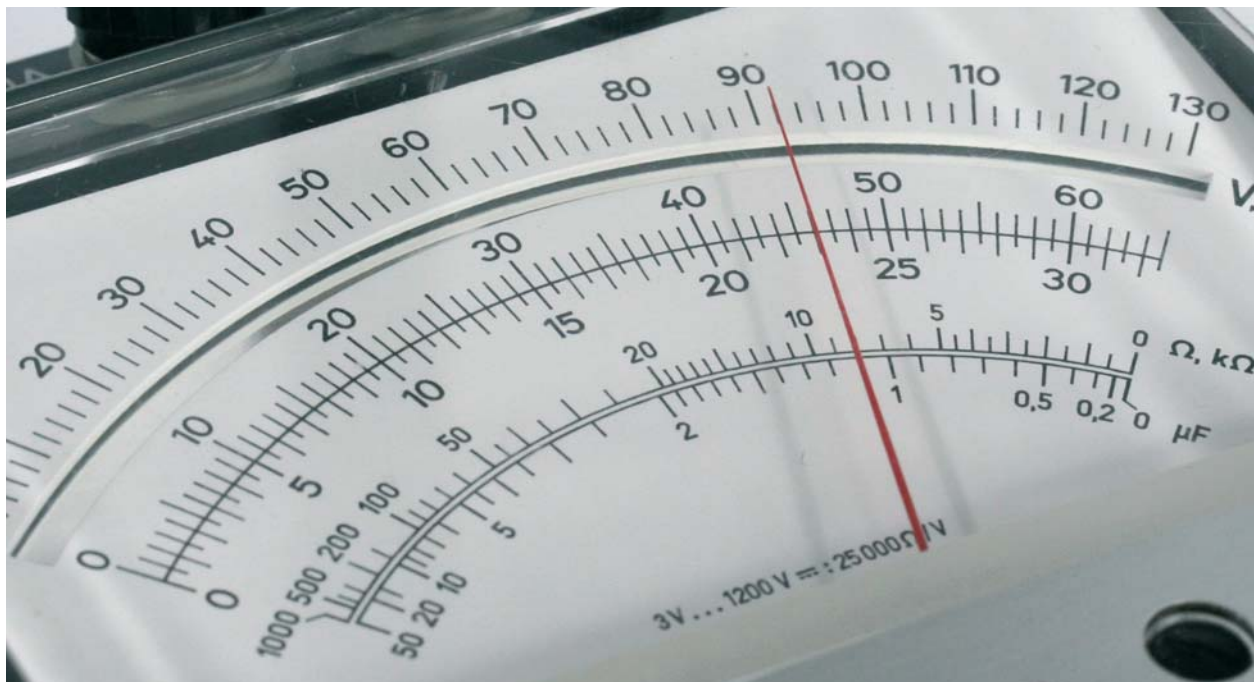
Warum Ladezustands-Erfassung?

Die Lebensdauer von Akkus hängt sowohl von ihrer Auf- als auch von ihrer Entladung ab und damit von einer genauen Ladezustands-Erfassung. So kann eine Tiefentladung beim Entladen der Akkus am sichersten durch die Erfassung des aktuellen Ladezustands verhindert und damit die Lebensdauer der Akkus erhöht werden – denn bei einer Tiefentladung finden im Innern des Akkus chemische Prozesse statt, die zu einer starken Alterung führen.

Was eine Batterie altern lässt

1. Sulfatation

Die normale Entladereaktion der Bleibatterie führt zur Umwandlung von Blei und Bleidioxid in Bleisulfat. Dieser Prozess führt zu einer Verringerung der Schwefelsäurekonzentration im Innern des Akkus und damit zu einer Erhöhung der Löslichkeit des Bleisulfats. Während einer Tiefentladung bilden sich nun Sulfatkristalle, die so groß sind, dass sie nicht mehr aufgelöst werden können. Damit sind sie für den reversiblen Prozess verloren. Diesen Vorgang bezeichnet man als Sulfatation.



2. Korrosion

Während einer Tiefenentladung oder einer Überladung reagieren die Bleigitter im Innern des Akkus verstärkt mit Schwefelsäure. Dies führt langfristig zu einer Korrosion des Gitters: Es kommt zur Verringerung des Gitterquerschnitts und dadurch zu einer Erhöhung des Gitterwiderstands. Damit verschlechtert sich im Laufe der Zeit die Leitfähigkeit des Akkus erheblich. Eine Tiefenentladung begünstigt diesen Prozess und verursacht eine vorzeitige Alterung der Energiespeicher.

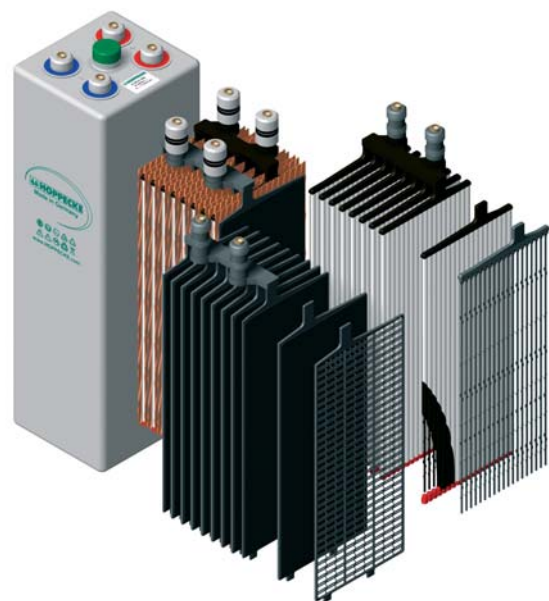
3. „Auseinanderlaufen“ der Zellen

Keine Akkuzelle gleicht der anderen – auch wenn sie gleich aussehen, über die gleichen Angaben zur Nennkapazität verfügen und über das gleiche Verfahren entladen werden. Ihr Verhalten bei der Entladung kann sich – wenn auch geringfügig – unterscheiden. So fallen „schwache“ Zellen eines Verbands früher in einen Zustand der Tiefenentladung, wodurch sie aufgrund von Sulfatation und Korrosion schneller altern als andere Zellen. Da der Unterschied zwischen den einzelnen Akkus im Laufe der Jahre immer größer wird, bezeichnet man dieses Phänomen als „Auseinanderlaufen der Zellen“.

Als ein weiterer Faktor, der die Alterung beeinflusst, sei an dieser Stelle noch die Batterietemperatur erwähnt – denn hohe Temperaturen fördern sowohl die Sulfatation als auch die Korrosion. Hierbei handelt es sich allerdings um ein Phänomen, auf das selbst ein intelligentes Batterie-Management keinen Einfluss hat.

Der Bleiakku

Der in Insel-Systemen am häufigsten verwendete Akkutyp ist der Bleiakкумуляtor. Er besteht im aufgeladenen Zustand am positiven Pol aus Bleioxid (PbO_2), am negativen aus fein verteiltem, porösen Blei (Bleischwamm). Als Elektrolyt wird Schwefelsäure (H_2SO_4) verwendet – wobei als Elektrolyte Stoffe bezeichnet werden, die beim Anlegen einer Spannung elektrischen Strom leiten. Bleiakкумуляtoren sind zwar relativ schwer und weisen für elektro-chemische Speicher nur eine geringe Energiedichte auf, gelten jedoch als zuverlässig und preisgünstig. Die wohl bekannteste Anwendung ist die Starterbatterie für Kraftfahrzeuge.



Methoden der Ladezustands-Erfassung

Batterieüberwachung durch Messung der Spannung

Um sowohl eine Überladung als auch eine Tiefenentladung von Akkus zu verhindern, gibt es verschiedene Ansätze. Die einfachste und am häufigsten angewandte Methode ist das Festlegen einer Lade- und Entladeschluss-Spannung. Dabei wird bei der Aufladung - nach Erreichen der Ladeschluss-Spannung - die Spannung konstant eingeregelt. Die Entladung wird beendet, sobald der Akku die definierte Schwelle erreicht hat. Da sich die Batteriespannung leicht messen lässt, ist diese Methode sehr naheliegend. Allerdings ist sie

für einen Schutz vor Tiefenentladung nicht geeignet, da die Spannung nicht nur vom Ladezustand, sondern auch von der aktuellen Belastung des Akkus abhängig ist. Die Entladung wird somit entweder zu früh oder zu spät beendet.

Zusätzlich kann die Ruhespannung einer Batterie als Maß für den Ladezustand verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass die Batterie für einen längeren Zeitraum bis zu einigen Tagen nicht auf- oder entladen werden darf. Allerdings ist auch der Zusammenhang zwischen Ladezustand und Ruhespannung von Batterie zu Batterie sehr verschieden.



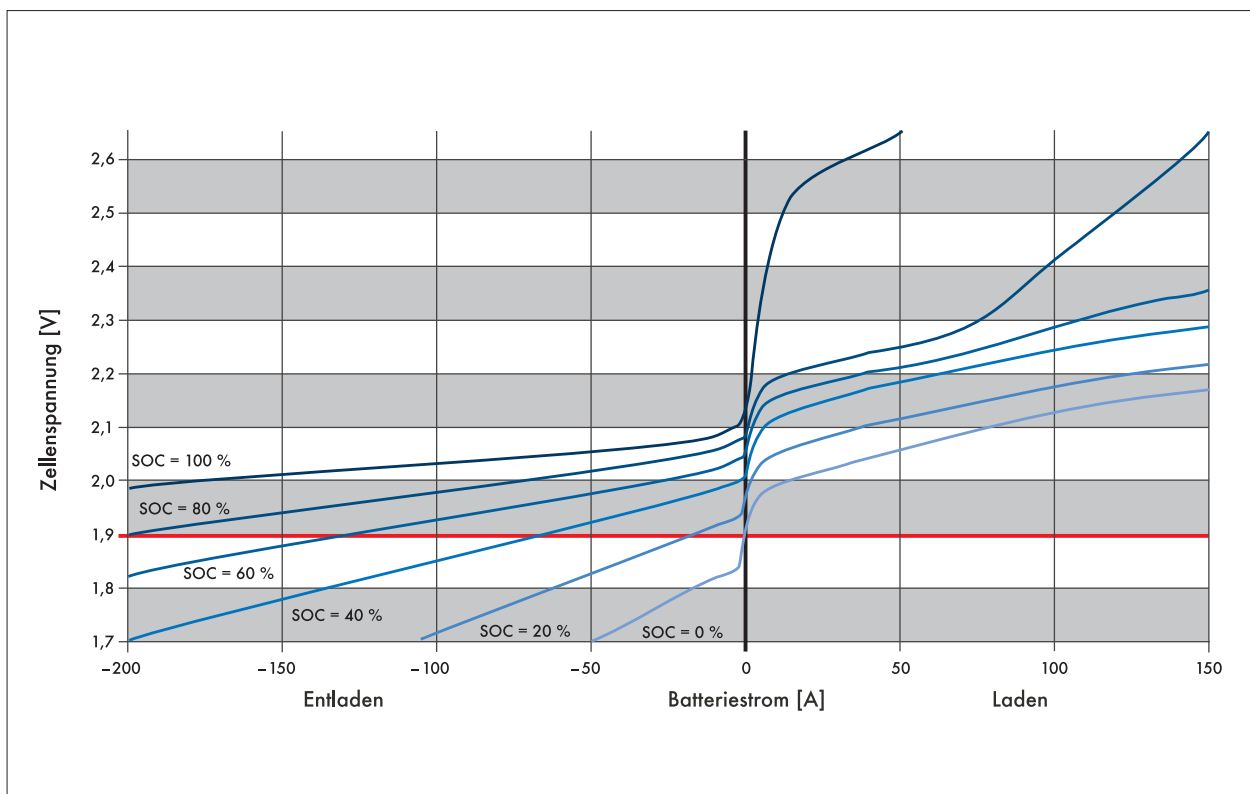
Strom-Spannungs-Modelle

Sogenannte Strom-Spannungs-Modelle beziehen in ihre Berechnungen des Ladezustands neben der Spannung auch Batterieströme mit ein. Damit wird die Abhängigkeit der Batteriespannung von Lade- und Entladeströmen berücksichtigt und eine etwas genauere Erfassung des Ladezustands möglich, als dies bei einer bloßen Spannungsmessung der Fall ist. Trotzdem erreichen auch diese Modelle keine exakte Erfassung des Ladezustands, denn wichtige Faktoren wie Alter, Temperatur und Entladeprofil bleiben vernachlässigt. Dementsprechend lassen sich erhebliche Erfassungsfehler von mehr als 50 Prozent nicht ausschließen.

Bilanzierung des Stroms

Eine dritte Möglichkeit, eine Überladung bzw. Tiefentladung zu verhindern, ist die Bilanzierung des Stroms. Hierbei wird der in die Akkumulatoren hinein- und herausfließende Strom gemessen und aufsummiert. Notwendige Voraussetzung für diese Methode: Die Batterie muss zu Beginn der Bilanz voll und ihr gesamter Inhalt bekannt sein – nur so lässt sich der Ladezustand bestimmen.

Problematisch bei diesem Verfahren sind zum einen die nicht messbaren Nebenreaktionen in der Batterie, zum anderen die notwendige Messgenauigkeit bei der Stromerfassung. Diese Messgenauigkeit wird mit zunehmender Zeit ab der letzten Vollladung immer schlechter, da die Messfehler – so klein sie auch sein mögen – ebenfalls bilanziert werden. Dementsprechend sind Geräte, die eine reine Ladungsbilanz durchführen, für PV-Anlagen nicht geeignet. Denn hier findet häufig auch über einen längeren Zeitraum keine Vollladung statt.



Strom-Spannungs-Diagramm einer 400 Ah Batterie im Strom-Spannungsbereich des Sunny Island SI 5048

Ladezustands-Erfassung bei SMA

Präzise

Die SMA Insel-Wechselrichter Sunny Island SI 2012/2224/5048 und die Sunny Backup-Wechselrichter SBU 2200/5000 können den Ladezustand „ihrer“ Akkumulatoren sehr präzise bestimmen. Dazu hat SMA die Stärken der beiden vorgestellten Erfassungsmethoden kombiniert. Im Vordergrund steht das Bilanzierungsverfahren, also die Messung des ein- und ausgehenden Stroms. Da diese Methode allein – vor allem bei in Inselnetze integrierten PV-Anlagen – relativ unzuverlässig wäre, wird sie in gewissen Situationen durch ein Strom-Spannungsmodell ergänzt. Diese Spannungsmessungen werden zum Beispiel in den Nachtstunden, wenn wenig Strom ausfließt, durchgeführt und mit der Bilanz abgeglichen. So erreichen die Sunny Island eine Messgenauigkeit von mehr als 95 Prozent.

Anpassungsfähig

Die automatische Anpassung der Ladezustands-Erfassung an Batterietyp, Alter und Temperatur ermöglicht eine hohe Genauigkeit – und das selbst unter extremen Bedingungen. Mittels eines selbstlernenden Algorithmus passt sich das Strom-Spannungsmodell an die tatsächlichen Gegebenheiten in der Batterie an. So kann neben dem Ladezustand auch die aktuelle Kapazität der Batterien abgeschätzt werden. Der Ladezustand wird deshalb nicht auf die Nennkapazität der Batterie bezogen, sondern auf die aktuelle Kapazität. Gerade bei tiefen Temperaturen, sehr hohen Entladeströmen oder bereits deutlich gealterten Batterien wird hierdurch die Genauigkeit signifikant verbessert. Darüber hinaus informieren die Sunny Island den Anlagenbetreiber zuverlässig über zu niedrige Temperaturen sowie das Ende der Batterie-Lebensdauer.

Laderegung bei SMA

Ein weiteres Plus der Sunny Island ist ihre äußerst schonende Laderegung. Sie sorgt automatisch für die dem Batterietyp und der Situation entsprechend optimalen Ladestrategie. So lassen sich nicht nur Überladungen sicher verhindern, sondern auch regelmäßige Vollladungen durchführen. Dabei wird die zur Verfügung stehende Ladeenergie immer optimal genutzt. Auch die Erfassung des Ladezustands lässt sich so über einen langen Zeitraum hinweg weitgehend fehlerfrei halten. Zusätzlich wird ein Auseinanderlaufen der Zellen durch eine regelmäßige Ausgleichsladung verhindert. Dies ist extrem wichtig, um die deutlich verlängerte Lebensdauer der Batterie zu gewährleisten.



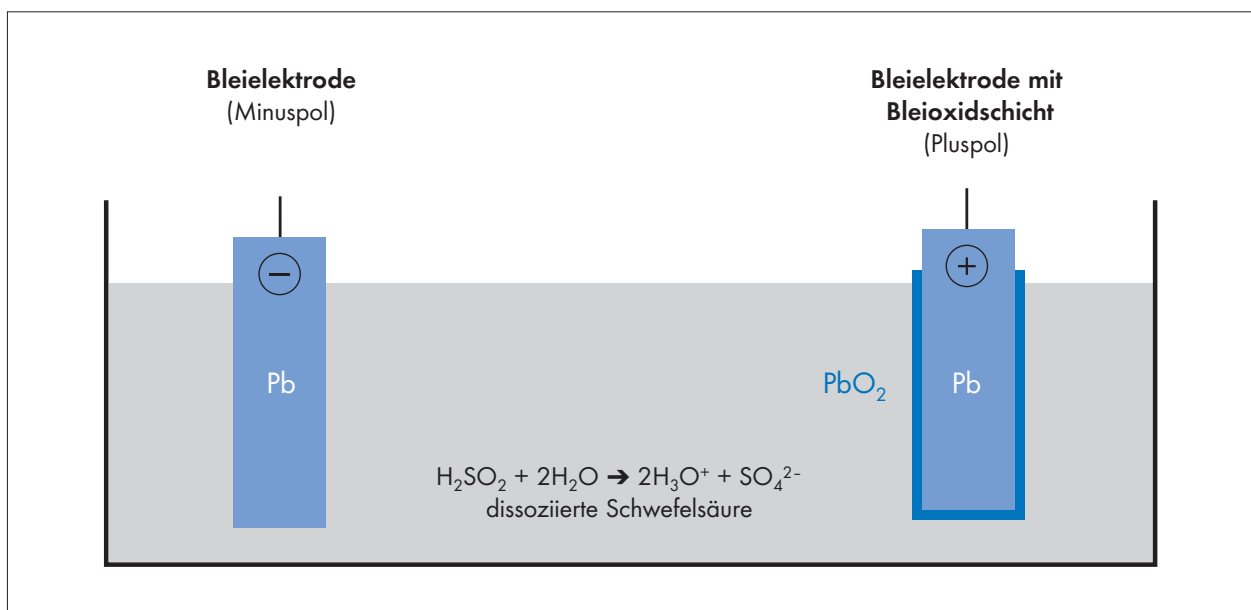
Komfortabel

Für Systemplaner und Anlagenbetreiber bietet die Ladezustands-Erfassung von SMA hohen Komfort: Bei der Inbetriebnahme der Wechselrichter müssen sie lediglich die Nennspannung, den Batterietyp sowie die Nennkapazität eingeben. Während des Betriebes informieren die Sunny Island – ähnlich wie bei einer Tankanzeige – stets über den aktuellen Ladezustand der Akkus. So lernt der Nutzer immer besser mit dem System umzugehen – und kann es perfekt nutzen.

Zweimal Kosten sparen

Durch die genaue Erfassung des Ladezustands sowie die präzise Laderegulierung werden Überladungen und Tiefenentladungen in Sunny Island-Systemen sicher verhindert. Dementsprechend lange können die Akkumulatoren genutzt werden: Durch das von SMA entwickelte Batterie-Management kann die vom Hersteller angegebene Batterie-Lebensdauer auch in Off Grid-Systemen erreicht werden. Mit herkömmlichem Batterie-Management wird dagegen oft nur die Hälfte der Lebensdauer erreicht. Das SMA Batterie-Management erspart dem Anlagenbetreiber den frühen Austausch einzelner Akkus oder des ganzen Verbands und die damit verbundenen Anschaffungskosten.

Darüber hinaus ermöglicht die präzise Erfassung eine optimale Ausnutzung der Batteriekapazität. So können bei gleicher Leistungsfähigkeit und längeren Lebensdauern kleinere und damit kostengünstigere Batterien eingesetzt werden. Damit bietet das Batterie-Management von SMA die optimalen Voraussetzungen für einen günstigen, zuverlässigen und effizienten Betrieb von Insel-Systemen.



Aufbau einer Bleibatterie (vereinfachte Darstellung)

SMA Solar Technology AG

www.SMA.de

Sonnenallee 1
34266 Niestetal
Tel.: +49 561 9522-0
Fax: +49 561 9522-100
E-Mail: info@SMA.de

