

Technische Information

Batteriemanagement des SUNNY ISLAND

Schonende Laderegulung für Bleibatterien basierend auf aktuellem Batteriezustand



Inhalt

Eine genaue Erfassung des Ladezustandes ist Grundvoraussetzung für den korrekten Betrieb von Bleibatterien. Nur bei korrektem Betrieb kann die Batterie die vom Hersteller in Aussicht gestellte Lebensdauer erreichen. Das Batteriemangement des Batterie-Wechselrichters Sunny Island baut daher auf einer sehr präzisen Ladezustandsbestimmung auf. Durch die Kombination der 3 gängigsten Methoden zur Erfassung des Ladezustands minimiert der Sunny Island seine Messwertabweichung auf bis zu 5 %. Überladungen und Tiefentladungen der Bleibatterien können damit sicher verhindert werden. Ein weiteres Plus des Batteriemangement ist die äußerst schonende Laderegulung. Sie sorgt automatisch für die dem Batterietyp und den Einsatzbedingungen entsprechende optimale Ladestrategie.

Das Batteriemangement des Wechselrichters Sunny Island unterstützt Bleibatterien des Typs **FLA** und **VRLA**.

In Sunny Island-Systemen dürfen ebenfalls Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt werden („Bestimmungsgemäße Verwendung“ siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island unter www.SMA-Solar.com). Für den Betrieb mit dem Sunny Island geeignete Lithium-Ionen-Batterien besitzen ihr eigenes Batteriemangement, das üblicherweise vom Hersteller programmiert und in die Batterie integriert wird. Auf die Arbeitsweise dieses externen Batteriemagements hat SMA Solar Technology AG keinen Einfluss. Die folgenden Kapitel beschreiben das Batteriemangement des Wechselrichters Sunny Island und gelten ausschließlich für Bleibatterien.

1 Zustand der Batterie

1.1 Nennkapazität und Batteriealterung

Die verfügbare Kapazität einer **neuen** Batterie ist gleich der vom Batteriehersteller angegebenen Nennkapazität für eine zehnstündige Entladung (C10). Im laufenden Betrieb verringert sich die verfügbare Batteriekapazität aus folgenden Gründen:

- **Kalendarische Alterung**

Ohne Batterienutzung verringert sich die verfügbare Batteriekapazität im Laufe der Zeit.

- **Zyklusalterung**

Die Batterie altert durch die Anzahl der Entladezyklen.

Die Alterung wird zusätzlich durch verschiedene andere Faktoren beeinflusst, z.B. durch unzureichende Ladungen, zu hohe Ladespannungen, Tiefentladungen oder Temperatur. Durch die korrekte Wahl der Batterieparameter kann das Batteriemangement diese Faktoren beeinflussen und die Batterie schonen.

1.2 Aktueller Ladezustand (SOC)

Der Sunny Island gibt den aktuellen Ladezustand der Batterie (SOC, State of Charge) durch den Parameter **BatSoc** an. Ermittelt wird der Parameter **BatSoc** durch die Kombination dieser Methoden:

- Amperestundenbilanzierung inklusive der Voll-Ladeerkennung
- Spannungsrekalibrierung: Rekalisierung des Ladezustands anhand der Batteriespannung.

Amperestundenbilanzierung:

Die Amperestundenbilanzierung ist ein einfaches Verfahren, das zur Schätzung des Ladezustands eine Batteriestromintegration verwendet. Da der ursprüngliche Ladezustand in der Regel unbekannt und die Gleichstrommessung nicht hinreichend genau ist, ist ein ausschließlich nach Amperestundenbilanzierung geschätzter Ladezustandswert ebenfalls ungenau. Daher beinhaltet die Amperestundenbilanzierung von SMA Solar Technology AG weitere Funktionen, die dieses einfache Verfahren verbessern.

Vor allem ist der von SMA Solar Technology AG genutzte Algorithmus in der Lage, die Batterieverlustströme (Nebenreaktionen in der Batterie) zu berechnen, die sowohl spannungs- wie auch temperaturabhängig sind. Zusätzlich führt der Algorithmus aufgrund der typischen Ladeigenschaften von Bleibatterien (siehe Kapitel 2.1, Seite 4) die so genannte Voll-Ladeerkennung durch. Dabei werden verschiedene Messgrößen wie Temperatur, Batteriespannung, Ladestrom und Zeit berücksichtigt. Des Weiteren ermöglicht diese Voll-Ladeerkennung durch selbstlernende Verfahren die Anpassung verschiedener Parameter, wodurch die Genauigkeit des Ladezustandswertes erheblich verbessert wird.

Den geschätzten Ladezustandsfehler gibt der Parameter **BatSocErr** an. Der Ladezustandsfehler gibt Auskunft über die Genauigkeit der Berechnung des aktuellen Ladezustands. Den niedrigsten Wert hat der Fehler nach einer Voll- oder Ausgleichladung. Nach einigen Batteriezyklen steigt er wieder an, bis die nächste Voll- oder Ausgleichladung abgeschlossen ist.

Ladezustandsrekalisierung

Der Sunny Island überwacht ständig die Batteriespannung und den Ladezustand. Zur Rekalisierung des Ladezustands anhand der Batteriespannung existieren zwei verschiedene Ansätze:

- In einem Fall erfolgt die Rekalisierung des Ladezustands praktisch unter Leerlaufbedingungen (Schwachlast). Der anhand der gemessenen Leerlaufspannung ermittelte Ladezustand wird mit dem anhand der Amperestundenbilanzierung ermittelten Ladezustand verglichen. Bei Abweichungen erfolgt Ladezustandsrekalisierung nach oben oder unten.
- Ein anderer Ansatz zur Rekalisierung des Ladezustands je nach Batteriespannung ist die kontinuierliche Überwachung der Batteriespannung und des Ladezustands während der Entladung. Hauptzweck dieser Rekalisierung ist der Schutz der Batterie vor einer Tiefentladung. Erkennt der Sunny Island einen unerwartet starken

Batteriespannungsfall beim Entladen, d. h. eine niedrigere als für den gegebenen Entladungsstrom erwartete Batteriespannung bei einem bestimmten Ladezustand, wird eine Rekalibrierung des Ladezustand auf 20 % durchgeführt.

Durch diese Rekalibrierung auf 20 % kann der Sunny Island die Batterie vor einer Tiefentladung schützen und potenzielle Schäden vermeiden. Diese Art der Rekalibrierung erfordert jedoch besondere Aufmerksamkeit. Daher werden die folgenden Meldungen angezeigt, um den Benutzer/Installateur darauf aufmerksam zu machen:

- **E224**: 20 %-Rekalibrierung wird durchgeführt
- **W222**: 20 %-Rekalibrierung ergab einen Sprung größer als 10 %

Häufige Rekalibrierungen des Ladezustands auf 20 % können ein Hinweis auf mangelnde Batteriewartung, gealterte Batterien oder Installationsfehler sein (siehe Kapitel 4, Seite 8).

1.3 Gesundheitszustand der Batterie (SOH)

Das Batteriemangement gibt die aktuell verfügbare Batteriekapazität bezogen auf die Nennkapazität in Prozent als den Gesundheitszustand der Batterie (SOH, State of Health) an. Nach der Inbetriebnahme übernimmt der Sunny Island die eingestellte Nennkapazität (Parameter **BatCpyNom**) als verfügbare Batteriekapazität und setzt damit den SOH zunächst auf 100 %.

Im laufenden Betrieb lernt der Sunny Island, den angenommenen SOH von 100 % immer genauer zu bestimmen. Dieser Lernprozess funktioniert nur in Sunny Island-Systemen, in denen die Bleibatterie zyklisiert betrieben wird. Außerdem muss es immer wieder längere Ruhephasen geben, in denen die Batterie nicht geladen und nur mit geringer elektrischer Last betrieben wird. Eine geringe elektrische Last entspricht ca. 1,5 % der Nennkapazität für eine zehnstündige Entladung, z. B. 150 W bei einer 10 kWh-Batterie.

Vor allem in den ersten Monaten nach Inbetriebnahme des Sunny Island-Systems ist es daher wichtig, den SOH regelmäßig zu prüfen.

- Steigt der SOH nach der Inbetriebnahme des Wechselrichters Sunny Island auf über 100 % an, ist die verfügbare Batteriekapazität höher als die am Sunny Island eingestellte Nennkapazität. In diesem Fall muss sichergestellt werden, dass am Sunny Island tatsächlich die vom Hersteller angegebene Nennkapazität bezogen auf eine 10-stündige Entladung (C10) eingestellt ist.
- Sinkt der SOH im laufenden Betrieb um einige Prozent pro Jahr oder pro 100 Ladezyklen, entspricht dieses Absinken der zu erwartenden Batteriealterung. Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.
- Sinkt der SOH innerhalb der ersten Monate nach Inbetriebnahme um mehrere 10 %, deutet dieses Absinken auf einen möglichen Fehler hin (siehe Kapitel 4, Seite 8).
- Weicht der SOH innerhalb der ersten Monate nicht von 100 % ab, deutet dies darauf hin, dass der SOH aufgrund der Betriebsweise des Sunny Island-Systems nicht gelernt werden kann.

Der Sunny Island ist in der Lage, den SOH mit einer Genauigkeit von ± 15 % zu bestimmen. Für eine genauere Bestimmung des SOH muss die Kapazität der Batterie z. B. nach DIN EN 60896 gemessen werden. Dazu müssen Elektrofachkräfte mit speziellen Messgeräten vor Ort sein, z. B. Servicepersonal des Batterieherstellers.

Einfluss der Batterietemperatur auf die aktuell verfügbare Batteriekapazität:

Die aktuell verfügbare Batteriekapazität ist von der Batterietemperatur abhängig. Bei Temperaturen von 20 °C und darunter nimmt die verfügbare Kapazität einer Batterie deutlich ab. Das Batteriemangement korrigiert die aktuell verfügbare Batteriekapazität um -1 % pro °C ausgehend von 20 °C.

1.4 Batterietemperatur

Das Batteriemangement überwacht kontinuierlich die Batterietemperatur. An die aktuelle Batterietemperatur passt der Sunny Island die aktuell verfügbare Batteriekapazität und die Ladespannung an (siehe Kapitel 2.3 „Automatische Temperaturkompensation“, Seite 6).

Das Batteriemangement gibt eine Warnmeldung aus, wenn eines der folgenden Ereignisse eintritt:

- Die Batterietemperatur nähert sich bis auf 5 °C der maximal zulässigen Batterietemperatur.
- Die Batterietemperatur ist kleiner als – 10 °C.

Wenn die maximal zulässige Batterietemperatur überschritten wird, schaltet sich der Sunny Island ab. Sobald sich die Batterie bis auf eine vorgegebene Temperatur abgekühlt hat, startet der Sunny Island erneut.

2 Laderegung

2.1 Ladephasen

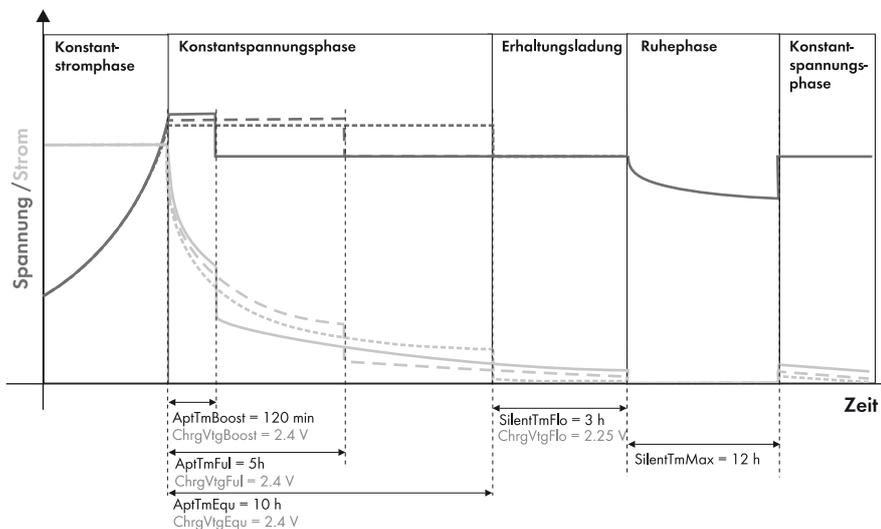


Abbildung 1: Ladephasen des Sunny Island mit Beispielwerten für eine AGM-Batterie. Die angegebenen Parameter können für die eingesetzte Batterie nach Herstellerangaben angepasst werden.

Der Sunny Island regelt das Laden der Batterie in folgenden 3 Phasen:

- Konstantstromphase (I-Phase/Bulk-Phase)
- Konstantspannungsphase (Absorptionsphase/Uo-Phase)
- Erhaltungsladung (Floatcharge/U-Phase)

Beim Betrieb am öffentlichen Stromnetz und aktiviertem Silent-Mode gibt es zusätzlich die Ruhephase.

Konstantstromphase

Während der Konstantstromphase hat das Batteriemangement die primäre Aufgabe den Strom auf dem maximal zulässigen Batteriestrom zu begrenzen. Der maximale Ladestrom kann durch die Änderung des Parameters **BatChrgCurMax** auf den vom Batteriehersteller gewünschten Wert angepasst werden.

Der zur Verfügung stehende Batterieladestrom wird zusätzlich durch 2 andere Parameter begrenzt:

- Nennströme der externen Energiequellen (Parameter **GdCurNom** und **GnCurNom**)
- Maximaler AC-Ladestrom des Sunny Island (Parameter **InvChrgCurMax**)

Der zuerst erreichte Wert begrenzt den Ladestrom der Batterie. Während der Ladestrom innerhalb der festgelegten Grenzwerte gehalten wird, steigt die Batteriespannung mit dem zunehmenden Ladezustand an. Wenn die Zellenspannung der Batterie den für den jeweiligen Batterietyp vorgegeben Sollwert erreicht hat, endet die Konstantstromphase.

Konstantspannungsphase

In der Konstantspannungsphase wird die Batteriespannung auf einen konstanten Wert geregelt. Dadurch nimmt der Batteriestrom stetig ab.

Für die Konstantspannungsphase wählt das Batteriemangement eines der folgenden 3 Ladeverfahren (siehe Kapitel 2.2 „Ladeverfahren während der Konstantspannungsphase“, Seite 5):

- Schnell-Ladung (Boost Charge)
- Voll-Ladung (Full Charge)
- Ausgleichsladung (Equalization Charge)

Für jedes dieser 3 Ladeverfahren können Sie im Sunny Island die Höhe der Batteriespannung und die Ladedauer an die Angaben vom Batteriehersteller anpassen. Wenn die gewünschte Ladedauer erreicht ist, endet die Konstantspannungsphase und der Sunny Island wechselt in die Erhaltungsladung.

Erhaltungsladung

Die Erhaltungsladung dient dazu, die Batterie im vollgeladenen Zustand zu halten, ohne die Batterie zu überladen. Mit Beginn der Erhaltungsladung senkt das Batteriemangement schrittweise die Ladespannung, bis der für die Erhaltungsladung vorgegebene Sollwert erreicht ist. Diese Ladespannung hält das Batteriemangement bis zum Ende der Erhaltungsladung. Die Erhaltungsladung endet, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Alle Entladungen der Batterie haben in Summe 30 % der Nennkapazität erreicht.
- Der aktuelle Ladezustand ist kleiner als 70 % der verfügbaren Ladekapazität.

Von der Erhaltungsladung wechselt das Batteriemangement in die Konstantstromphase. Wenn das Inselnetz mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden ist, kann das Batteriemangement zusätzlich aus der Erhaltungsladung in den Ruhezustand wechseln.

Ruhezustand

Im Ruhezustand wechselt der Sunny Island in den Standby und spart dadurch Energie ein.

Wenn bei Systemen am öffentlichen Stromnetz eine einstellbare Zeit für die Dauer der Erhaltungsladung (Parameter **SilentTmFlo**) abgelaufen ist, wechselt das Batteriemangement in einen Ruhezustand und die angeschlossenen Verbraucher werden ausschließlich vom öffentlichen Stromnetz versorgt. Der Sunny Island verlässt den Ruhezustand in einstellbaren Zeitabständen (Parameter **SilentTmMax**) oder wenn die Batteriespannung pro Zelle um 0,14 V sinkt. Dadurch bleibt die Batterie immer vollgeladen.

2.2 Ladeverfahren während der Konstantspannungsphase

Beim Übergang in die Konstantspannungsphase wählt das Batteriemangement eines der folgenden Ladeverfahren:

- Schnell-Ladung
- Voll-Ladung
- Ausgleichsladung

Schnell-Ladung

Bei einer Schnell-Ladung liegt an der Batterie eine hohe Ladespannung an. Die Batterie soll innerhalb kurzer Zeit auf 85 % bis 90 % der aktuell verfügbaren Batteriekapazität aufgeladen werden.

Die Ladespannung (Parameter **ChrgVtgBoost**) und die Dauer (Parameter **AptTmBoost**) können Sie entsprechend den Empfehlungen für die eingesetzte Batterie anpassen.

Voll-Ladung

Ziel der Voll-Ladung ist es, die Batterie auf einen Ladezustand von mindestens 95 % aufzuladen. Dabei sollen Effekte durch eventuelle Mangelladungen ausgeglichen und die Lebensdauer der Batterie verlängert werden.

Der Sunny Island führt eine Voll-Ladung der Batterie durch, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Die vorgegebene Zykluszeit für die Voll-Ladung ist abgelaufen (Parameter **CycTmFul**).
- Die Summe aller Entladungen seit der letzten Voll-Ladung entspricht der 8-fachen Nennkapazität der Batterie.

Die Ladespannung (Parameter **ChrgVtgFul**) und die Dauer (Parameter **AptTmFul**) können Sie entsprechend den Empfehlungen für die eingesetzte Batterie anpassen.

Ausgleichsladung

Mit der Ausgleichsladung neutralisiert der Sunny Island Unterschiede in den Ladezuständen einzelner Batteriezellen, die sich durch das unterschiedliche Verhalten der Batteriezellen ergeben haben. Damit verhindert der Sunny Island den vorzeitigen Ausfall einzelner Batteriezellen und verlängert die Lebensdauer der Batterie.

Der Sunny Island führt eine Ausgleichsladung der Batterie durch, wenn die automatische Ausgleichsladung aktiviert und eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Die vorgegebene Zykluszeit für die Ausgleichsladung ist abgelaufen (Parameter **CycTmEqu**).
- Die Summe aller Entladungen seit der letzten Ausgleichsladung entspricht der 30-fachen Nennkapazität der Batterie.

Die Ladespannung (Parameter **ChrgVtgEqu**) und die Dauer (Parameter **AptTmEqu**) können Sie entsprechend den Empfehlungen für die eingesetzte Batterie anpassen.

Um z. B. bei saisonal genutzten Systemen die Batterie zu pflegen oder zu warten, können Sie eine Ausgleichsladung manuell starten (siehe Betriebsanleitung des Sunny Island unter www.SMA-Solar.com).

2.3 Automatische Temperaturkompensation

Die Ladefähigkeit der Batterie ist von der Temperatur abhängig. Um Überladungen und Mangelladungen der Batterie zu verhindern, verfügt das Batteriemangement über eine automatische Temperaturkompensation.

Bei Temperaturen über 20 °C senkt das Batteriemangement die Ladespannung. Bei Temperaturen unter 20 °C hebt das Batteriemangement die Ladespannung.

3 Battery Protection-Mode

Der Battery Protection-Mode schützt die Batterie.

Wenn die Grenzwerte für den Ladezustand der Batterie SOC unterschritten werden, wird der Battery Protection-Mode aktiv. Im Battery Protection-Mode schaltet der Sunny Island in Standby oder schaltet sich selbst ab. Der Battery Protection-Mode verfügt über 3 Stufen. Für jede Stufe gibt es 1 einstellbaren SOC-Grenzwert. Die Stufen 1 und 2 des Battery Protection-Mode sind durch Startzeiten und Endzeiten tageszeitabhängig.

Stufe 1

Wenn der SOC-Grenzwert für die Stufe 1 unterschritten wird, schaltet der Sunny Island zwischen der Startzeit und der Endzeit in Standby. Dadurch können Sie Zeiten vorgeben, in der bei Energiemangel das Inselnetz bevorzugt abgeschaltet wird.

Stufe 2

Wenn der SOC-Grenzwert für die Stufe 2 unterschritten wird, schaltet der Sunny Island in Standby. Tagsüber, wenn PV-Wechselrichter Energie liefern könnten, versucht der Sunny Island die Batterie zu laden.

Mit der Startzeit und Endzeit stellen Sie das Zeitfenster ein, in welchem der Sunny Island alle 2 Stunden startet, um die Batterie zu laden. Steht keine Energie zum Laden der Batterie zur Verfügung, verbleibt der Sunny Island im Standby.

Stufe 3

Wenn der SOC-Grenzwert für die Stufe 3 unterschritten wird, schaltet sich der Sunny Island selbsttätig aus. Dadurch wird die Batterie vor Tiefentladung und vollständiger Schädigung geschützt. Um die Batterie wieder zu Laden muss der Sunny Island manuell eingeschaltet und gestartet werden.

Für alle 3 Stufen gilt, dass der Sunny Island nur dann in den Standby wechselt oder sich ausschaltet, wenn innerhalb von 6 Minuten kein Ladestrom in die Batterie fließt.

Sie können die Grenzwerte für den Battery Protection-Mode an das System anpassen (Battery Protection Mode ändern siehe Installationsanleitung des Sunny Island).

4 Erste Abhilfe bei Abweichungen des Ladezustands (SOC) und des Gesundheitszustands (SOH)

Direkte Messungen zum Ermitteln des Ladezustands (SOC) und des Gesundheitszustands (SOH) sind nicht möglich. Daher sind die angezeigten Werte immer eine Schätzung, die auf den verfügbaren messbaren Werten, implementierten Algorithmen und auf Parametereinstellungen basiert. Eine Abweichung der Schätzung von den tatsächlichen Werten ist zu erwarten. Zu beachten ist, dass sowohl eine falsche Installation als auch falsche Parametereinstellungen die Genauigkeit der Schätzung beeinträchtigen. Die tatsächlichen SOC- und SOH-Werte können nur durch Kapazitätstests ermittelt werden, die für die meisten Anwendungen nicht im laufenden Betrieb durchführbar sind.

Sofern die Batterie gesund ist und die richtigen Einstellungen gewählt wurden, können im Normalbetrieb durch Rekalibrierungsverfahren bedingte Sprünge im Ladezustand von weniger als 10 % beobachtet werden (siehe Kapitel 1.2, Seite 2). Eine Rekalibrierung auf einen Ladezustand von 20 % und Sprünge von mehr als 10 % sind unter diesen Bedingungen unwahrscheinlich (gesunde Batterie, korrekte Installation und richtige Einstellungen). Demnach können schnelle Veränderungen des Ladezustands und Sprünge in geschätzten Ladezustandswerten ein Indikator für falsche Einstellungen, vorschnelle Batteriealterung oder Batteriefehler sein.

Einige Ursachen für dieses Verhalten zeigt die folgende Tabelle:

Mögliche Ursachen	Maßnahmen
Die Batterieparameter des Wechselrichters Sunny Island können falsch eingestellt sein.	<ul style="list-style-type: none"> Batterieparameter prüfen, insbesondere BatTyp und BatCpyNom sowie für Voll-Ladung und Ausgleichladung (siehe Betriebsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Wegen einer ungünstigen Auslegung des Sunny Island-Systems kann nicht genügend Energie zum Laden der Batterie zur Verfügung gestellt werden.	<ul style="list-style-type: none"> Systemauslegung prüfen (siehe Planungsleitfäden des Wechselrichters Sunny Island).
Der Querschnitt der Batteriekabel kann zu gering sein, insbesondere bei langen Batteriekabeln. Infolge des Spannungsfalls in Kabeln kann die Ladespannung an der Batterie niedriger sein als vorgesehen.	<ul style="list-style-type: none"> Batteriekabel prüfen (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Der Batterieleitungs-widerstand könnte falsch parametrier-t sein.	<ul style="list-style-type: none"> Batterieleitungs-widerstand korrekt parametrieren (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Die Polverbinder der Batteriekabel können unsachgemäß montiert sein, z. B. falsches Anzugsdrehmoment oder verschmutzte Kontaktflächen.	<ul style="list-style-type: none"> Am Sunny Island Montage der Polverbinder prüfen (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island). An der Batterie Montage der Polverbinder prüfen (siehe Dokumentation des Batterieherstellers).
Die Batterie hat möglicherweise eine niedrigere Kapazität als vom Hersteller angegeben.	<ul style="list-style-type: none"> Kapazitätstest durchführen lassen (siehe Dokumentation des Batterieherstellers).
Einzelne Zellen der Batterie können möglicherweise defekt sein	<ul style="list-style-type: none"> Batteriezellen ersetzen (siehe Betriebsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).

Die genaue Ursache muss so schnell wie möglich abgeklärt werden, um eine vermeidbare Schädigung der Batterie zu verhindern. SMA Solar Technology AG empfiehlt dringend, eine Ausgleichladung einzuleiten und die Reaktion des Systems zu beobachten. In einigen Fällen muss die SMA Service Line kontaktiert oder der Batteriehersteller hinzugezogen werden.

Sofern noch kein irreversibler Schaden eingetreten ist, wird nach Beseitigung der Fehlerursache der SOH wieder steigen. Die Anpassung des SOH kann jedoch einige Wochen dauern.