

Auslegung von Inselnetzsystemen mit Sunny Island 4.4M / 6.0H / 8.0H



Inhaltsverzeichnis

1	Netzunabhängige Energieversorgung	4
1.1	Notwendigkeit einer netzunabhängigen Energieversorgung	4
1.2	Inselnetzsysteme	4
1.3	Arten von Inselnetzsystemen	5
1.3.1	AC-gekoppelte Inselnetzsysteme	5
1.3.2	DC-gekoppelte Inselnetzsysteme	6
1.3.3	Mischung von AC- und DC-gekoppelte Inselnetzsystemen	7
2	Inselnetzsystem mit Sunny Island	8
2.1	Funktionsweise des Wechselrichters Sunny Island	8
2.2	Vorteile des Wechselrichters Sunny Island	8
2.3	Modularer Aufbau	9
2.3.1	Single-System	9
2.3.2	Single-Cluster-System 1-phasig	9
2.3.3	Single-Cluster-System 3-phasig	10
2.3.4	Multiclustern-System	10
3	Auslegung eines Inselnetzsystems	12
3.1	Vorgehensweise	12
3.2	Abschätzung der elektrischen Lasten	12
3.3	Auslegung von Sunny Island und Multiclustern-Box	13
3.3.1	Empfehlungen zu Auswahl von Sunny Island / Multiclustern-Box	13
3.3.2	Auswahl des Wechselrichters Sunny Island	14
3.3.3	Auswahl der Multiclustern-Box	14
3.4	Auslegung des Batteriespeichers	14
3.5	Auslegung der PV-Anlage	16
3.5.1	Abschätzung der Anlagen-Nennleistung	16
3.5.2	Auswahl der PV-Wechselrichter	17
3.6	Auslegung der Generatoren	18
3.7	Abschätzung der Anlagenkosten	18
3.8	Planungswerkzeuge	18
3.8.1	Datenerfassung mit Off-Grid-Fragebogen	18
3.8.2	Anlagenauslegung mit Sunny Design	19
4	Beispiel zur Auslegung eines Inselnetzsystems	20
5	Anhang	22
5.1	Zubehör	22
5.2	Weitere Funktionen des Wechselrichters Sunny Island im Inselnetzsystem	22
5.2.1	Netz- und Generatormanagement	22
5.2.1.1	Typische externe Energiequellen	22
5.2.1.2	Synchronisation des Inselnetzes auf externe Energiequellen	23
5.2.1.3	Wechselwirkungen externer Energiequellen mit dem Inselnetz	23
5.2.2	Lastmanagement	23
5.2.2.1	Überlastfähigkeit	23
5.2.2.2	Lastabwurf	23
5.2.3	Frequency Shift Power Control	24
5.2.4	Steuerung und Überwachung über interne Multifunktionsrelais	25
5.2.5	Betriebs- und Benutzerführung	25
5.2.6	Datenerfassung und Datenspeicherung	26
5.3	Weitere Informationen zum Batteriemanagement für Bleibatterien	26
5.3.1	Vorteile des Batteriemanagements	26

5.3.2	Zustand der Batterie.....	26
5.3.2.1	Nennkapazität und Batteriealterung	26
5.3.2.2	Aktueller Ladezustand	26
5.3.2.3	Aktuell verfügbare Batteriekapazität	27
5.3.2.4	Batterietemperatur.....	27
5.3.3	Ladephasen	28
5.3.4	Ladeverfahren.....	29
5.3.5	Automatische Temperaturkompensation	30
5.3.6	Batterieschonbetrieb	30
5.4	Weitere Informationen zum Generatormanagement	30
5.4.1	Aufgaben des Generatormanagements	30
5.4.2	Abhängigkeiten für die Generatoranforderung	31
5.4.3	Elektrische Grenzwerte für den Generator.....	31
5.4.4	Generatorlaufzeiten	32
5.4.5	Betriebsarten des Generators.....	32
5.4.6	Betriebsablauf der Generatorsteuerung	33
5.4.6.1	Betriebsablauf bei autostartfähigen Generatoren	33
5.4.6.2	Betriebsablauf bei Generatoren ohne Autostartfunktion	34
5.4.6.3	Betriebsablauf bei Generatoren mit externer Generatorsteuerung	36
5.5	Weitere Informationen zum Netzmanagement	37
5.5.1	Aufgaben des Netzmanagements	37
5.5.2	Abhängigkeiten für die Anforderung des öffentlichen Stromnetzes	37
5.5.3	Elektrische Grenzwerte für das öffentliche Stromnetz	38
5.5.4	Betriebsarten des öffentlichen Stromnetzes.....	38
5.5.5	Betriebsablauf der Netzsteuerung	39
5.6	Weitere Informationen zu Clustern.....	39

1 Netzunabhängige Energieversorgung

1.1 Notwendigkeit einer netzunabhängigen Energieversorgung

Nach Schätzungen der Europäischen Union leben weltweit etwa 1,5 Milliarden Menschen ohne Zugang zur elektrischen Energieversorgung. Allein in Europa haben etwa 300000 Gehöfte und Gebäude keinen Anschluss an das öffentliche Stromnetz.

Hohe Investitionskosten zum Ausbau des öffentlichen Stromnetzes bei gleichzeitig niedrigem Strombedarf verhindern oftmals einen Netzanschluss in entlegenen Gebieten. Inselnetzsysteme auf Basis von Photovoltaik-Systemen und anderen Energiequellen bieten hier eine sinnvolle Alternative und sind oft eine wirtschaftlich bessere Lösung.

1.2 Inselnetzsysteme

Inselnetzsysteme sind autarke Stromnetze, die mit Energie aus verschiedenen Energieerzeugern gespeist werden.

Inselnetzsysteme können aus folgenden Komponenten bestehen:

Komponenten	Beschreibung
PV-Generatoren	Ein PV-Generator besteht aus mehreren PV-Modulen, die aus Sonnenenergie Gleichstrom produzieren.
PV-Wechselrichter	Der PV-Wechselrichter (z. B. Sunny Boy oder Sunny Tripower) wandelt den Gleichstrom des PV-Generators in netzkonformen Wechselstrom und speist diesen in das Wechselstromnetz ein. Der PV-Wechselrichter und PV-Generatoren müssen entsprechend der gewählten Leistung dimensioniert werden (siehe Kapitel 3.5 "Auslegung der PV-Anlage", Seite 16).
DC/DC-Laderegler	In einem Inselnetzsystem kann der Gleichstrom der PV-Generatoren direkt zum Laden einer Batterie verwendet werden. Dafür ist ein Laderegler notwendig.
Batterien	Batterien speichern elektrische Energie und stützen das Netz, wenn von anderen Energieerzeugern nicht genügend Strom produziert wird. Wenn mehr Energie produziert als verbraucht wird, lassen sich die Batterien wieder aufladen. Bei der Auslegung der Batterien müssen Kapazität, Nennleistung und Typ der Batterie berücksichtigt werden (siehe Kapitel 3.4 "Auslegung des Batteriespeichers", Seite 14).
Batterie-Wechselrichter	Der Batterie-Wechselrichter (z. B. Sunny Island) bildet als Spannungsquelle das Inselnetz. Der Batterie-Wechselrichter regelt das Gleichgewicht zwischen erzeugter Energie und verbrauchter Energie und verfügt über ein Batterie-, Generator- und Lastmanagement (siehe Kapitel 2.1 "Funktionsweise des Wechselrichters Sunny Island", Seite 8).
Batteriesicherung	Die Batteriesicherung sichert als externe DC-Sicherung die Batterieanschlussleitungen des Batterie-Wechselrichters ab. Außerdem ermöglicht die Batteriesicherung das DC-seitige Freischalten des Batterie-Wechselrichters.
Generatoren	Mit Brennstoff betriebene Generatoren (z. B. Diesellgeneratoren) werden oft eingesetzt, um die Energieversorgung zu übernehmen, wenn der Ladezustand der Batterien abnimmt und nicht genügend Energie vom PV-Generator zur Verfügung steht. Die Generatoren stellen direkt Wechselstrom zur Verfügung.

Komponenten	Beschreibung
Windenergieanlagen	Windenergieanlagen wandeln die Windkraft in elektrische Energie und stellen direkt Wechselstrom zur Verfügung.
Wasserkraftwerke	Wasserkraftwerke nutzen die Bewegungsenergie des Wassers um elektrische Energie zu produzieren. Die Generatoren von Wasserkraftwerken stellen direkt Wechselstrom zur Verfügung oder verfügen über Wechselrichter zum Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom.

Inselnetzsysteme können einzelne Häuser, Siedlungen oder auch ganze Dörfer mit elektrischem Strom versorgen.

Bei der Planung, Auslegung und Auswahl eines Inselnetzsystems müssen verschiedene Randbedingungen berücksichtigt werden. Die optimale Auslegung eines Stromversorgungssystems hängt von folgenden Faktoren ab:

- Notwendige Anschlussleistung
- Energieverbrauch
- Art der Verbraucher
- Nutzungszeitraum
- Meteorologische Randbedingungen

1.3 Arten von Inselnetzsystemen

1.3.1 AC-gekoppelte Inselnetzsysteme

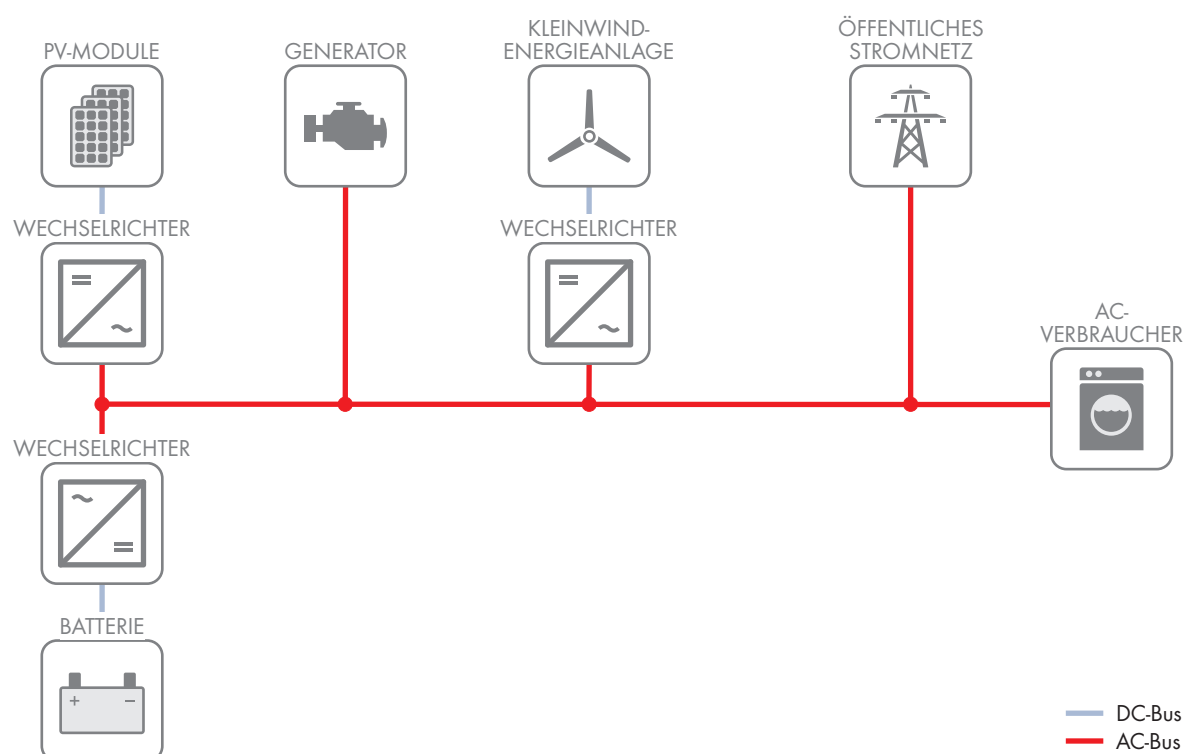


Abbildung 1: Beispiel eines AC-gekoppelten Systems

Bei der AC-Kopplung sind alle elektrischen Verbraucher und Energiequellen über ein Wechselstromnetz gekoppelt. Das hat den Vorteil, dass sich das Inselnetzsystem flexibel und modular mit standardisierten Komponenten aufbauen und erweitern lässt.

Je nach Anwendung und Verfügbarkeit können erneuerbare und konventionelle Energiequellen eingebunden werden. Die angeschlossenen Energiequellen laden die Batterien und stellen im Bedarfsfall Energie zur Verfügung. Der Anschluss an das öffentliche Stromnetz ist möglich, wenn der Batterie-Wechselrichter und die Verbrennungsaggregate dafür ausgelegt sind. AC-gekoppelte Inselnetzsysteme lassen sich durch zusätzliche Energiequellen einfach ausbauen. Damit werden sie einem steigenden Energiebedarf gerecht.

AC-gekoppelte Inselnetzsysteme können zur Versorgung konventioneller Wechselstromverbraucher genutzt werden. Damit eignen sie sich hervorragend für den Einsatz in ländlichen Regionen von Entwicklungs- und Schwellenländern, aber auch in Regionen von Industrieländern, wo kein öffentliches Stromnetz verfügbar ist.

Der an die Batterie angeschlossene Batterie-Wechselrichter, z. B. ein Sunny Island, bildet das Wechselstromnetz.

Im mittleren Leistungsbereich (1 kW bis 300 kW) sind aus ökonomischer Sicht Inselnetzsysteme mit Batteriespeicher deutlich günstiger als Systeme, bei denen ausschließlich Generatoren eingesetzt werden. Dies ist auf den hohen Wartungsaufwand, die kurze Lebensdauer und den sehr schlechten Teillastwirkungsgrad von Generatoren zurückzuführen.

1.3.2 DC-gekoppelte Inselnetzsysteme

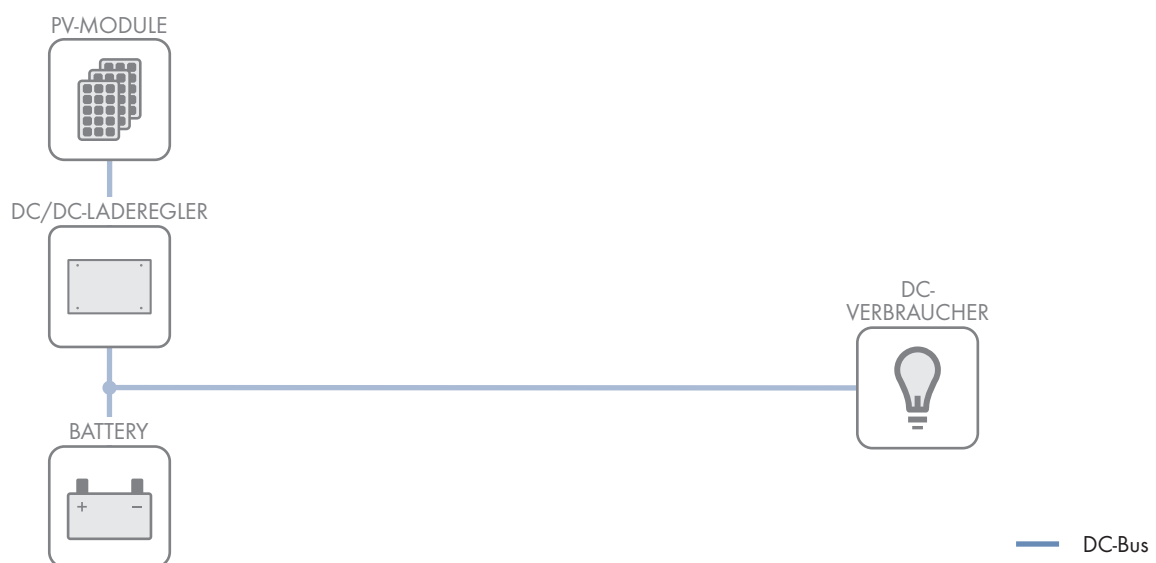


Abbildung 2: Beispiel eines DC-gekoppelten Systems

Bei der DC-Kopplung werden alle Energieerzeuger ausschließlich über Gleichstrom gekoppelt. Der PV-Generator wird über spezielle DC/DC-Laderegler eingebunden. Tagsüber speichert die Batterie die vom PV-Generator zur Verfügung gestellte Energie, die abends für den Betrieb der Beleuchtung wieder zur Verfügung steht.

Die DC-Kopplung eignet sich für einfache Systemkonstellationen und ist vorteilhaft, wenn die elektrische Versorgung primär für die Beleuchtung genutzt wird. Ein Anwendungsbeispiel ist das Solar-Home-System (SHS) im Leistungsbereich von einigen hundert Watt Leistung.

Wechselstromverbraucher können nur mit einem zusätzlichen, kleinen Wechselrichter in einem DC-gekoppelten Inselnetzsystem betrieben werden.

1.3.3 Mischung von AC- und DC-gekoppelte Inselnetzsystemen

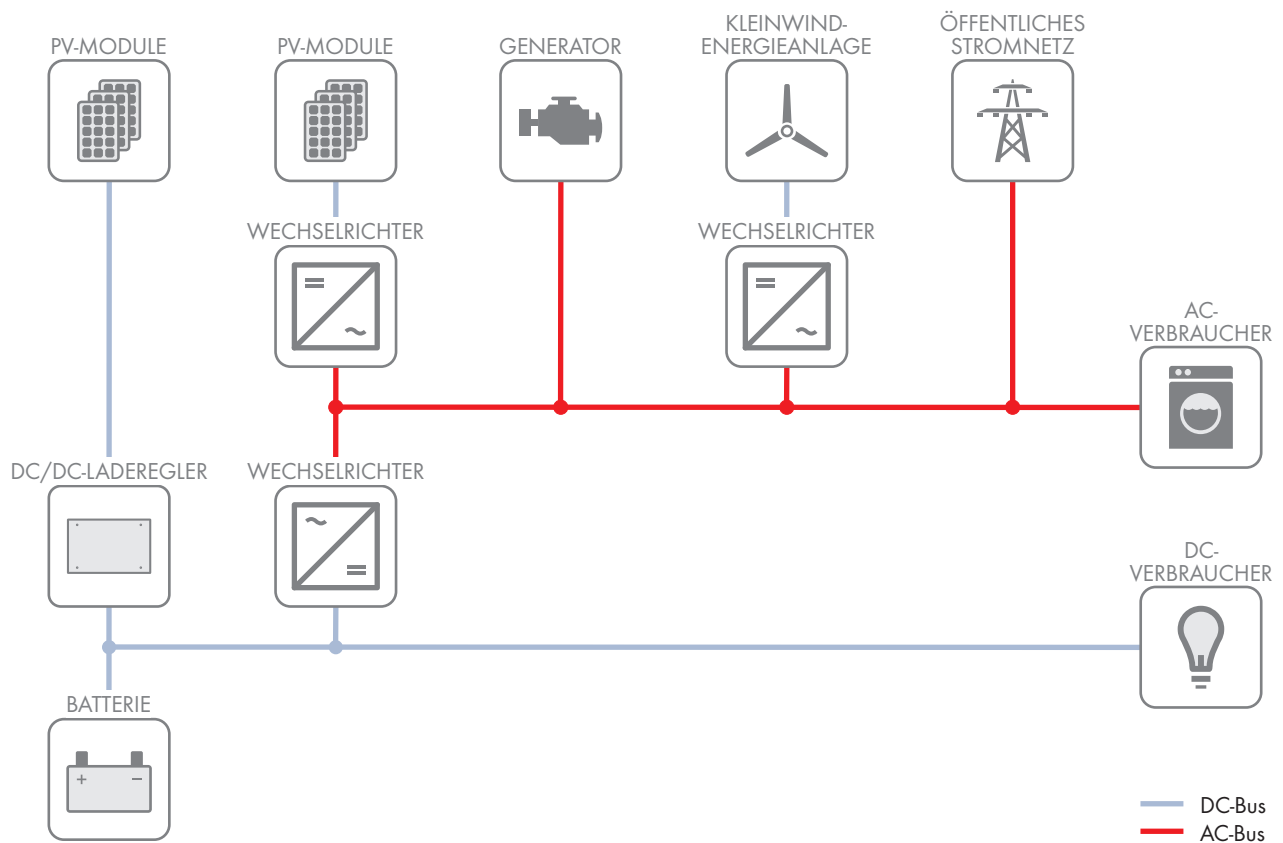


Abbildung 3: Beispiel eines Mischsystems mit AC- und DC-Kopplung

Mischsysteme mit AC- und DC-Kopplung eignen sich besonders, um Wechselstromverbraucher des mittleren Leistungsbereichs mit DC-Energiequellen zu koppeln. Gleichzeitig kann im Mischsystem die Batterie über einen Generator aufgeladen werden. Mischsysteme dienen der Versorgung entlegener Verbraucher und werden einem höheren Energiebedarf gerecht. Dementsprechend kommen Mischsysteme in Farmhäusern, kleineren Betrieben oder Bauernhöfen zum Einsatz.

Bei der Anlagenauslegung ist zu berücksichtigen, dass die Nennleistung der Wechselrichter der notwendigen Verbraucherleistung entsprechen muss. Auch wenn mehr Leistung aus PV-Anlage und Windenergieanlage zur Verfügung steht, begrenzt der Wechselrichter die AC-seitig zur Verfügung stehende Leistung. Die Auslegung von Mischsystemen ist deutlich komplexer als die Auslegung reiner AC-gekoppelter Systeme.

2 Inselnetzsystem mit Sunny Island

2.1 Funktionsweise des Wechselrichters Sunny Island

Der Sunny Island ist ein Batterie-Wechselrichter, der direkt mit einem Batteriespeicher verbunden ist. Der Sunny Island bildet das Wechselstromnetz des Inselnetzsystems und regelt dabei Spannung und Frequenz im Wechselstromnetz.

An das Wechselstromnetz sind sowohl elektrische Verbraucher als auch Energieerzeuger direkt angeschlossen. Energieerzeuger, z. B. PV-Wechselrichter, speisen in das Wechselstromnetz des Inselnetzsystems ein und versorgen damit die elektrischen Verbraucher.

Der Sunny Island regelt das Gleichgewicht zwischen eingespeister Energie und verbrauchter Energie und verfügt über ein Managementsystem mit Batterie-, Generator- und Lastmanagement. Bei Energieüberschuss (z. B. viel Sonneneinstrahlung und wenig Verbrauch) entnimmt der Sunny Island dem Wechselstromnetz Energie und lädt damit die Batterie. Bei Energiemangel (wenig oder keine Sonneneinstrahlung und viel Verbrauch) versorgt der Sunny Island das Wechselstromnetz aus den Batterien.

Der Sunny Island überprüft selbstständig die Verfügbarkeit des Wechselstromnetzes und der Systemkomponenten. Dadurch sind keine zusätzliche Kontroll- und Überwachungseinheiten erforderlich. Dies vereinfacht den Systembetrieb und senkt die Investitionskosten.

2.2 Vorteile des Wechselrichters Sunny Island

- Optimal für Energieversorgungssysteme von 1 kW bis > 300 kW
- Flexibler Aufbau als Single-System, 1-phasig paralleles System oder 3-phasiges System
- Multicluster-Technologie – Kombination von 3-phasigen Systemen zum einfachen Aufbau einer leistungsstarken Energieversorgung
- Modular erweiterbar
- Herausragende Überlasteigenschaften
- Einsetzbar bei extremen klimatischen Bedingungen
- Optimales Batteriemanagement und Ladezustandserfassung für lange Batterielebensdauer bei Bleibatterien
- Kompatibel zu vielen Lithium-Ionen-Batterien (siehe Technische Information "Liste der zugelassenen Batterien" unter www.SMA-Solar.com)
- Kostengünstige Integration von Wechselstromverbrauchern, regenerativen Energiequellen und Generatoren
- Einfache Inbetriebnahme des Inselnetzsystems möglich

2.3 Modularer Aufbau

2.3.1 Single-System

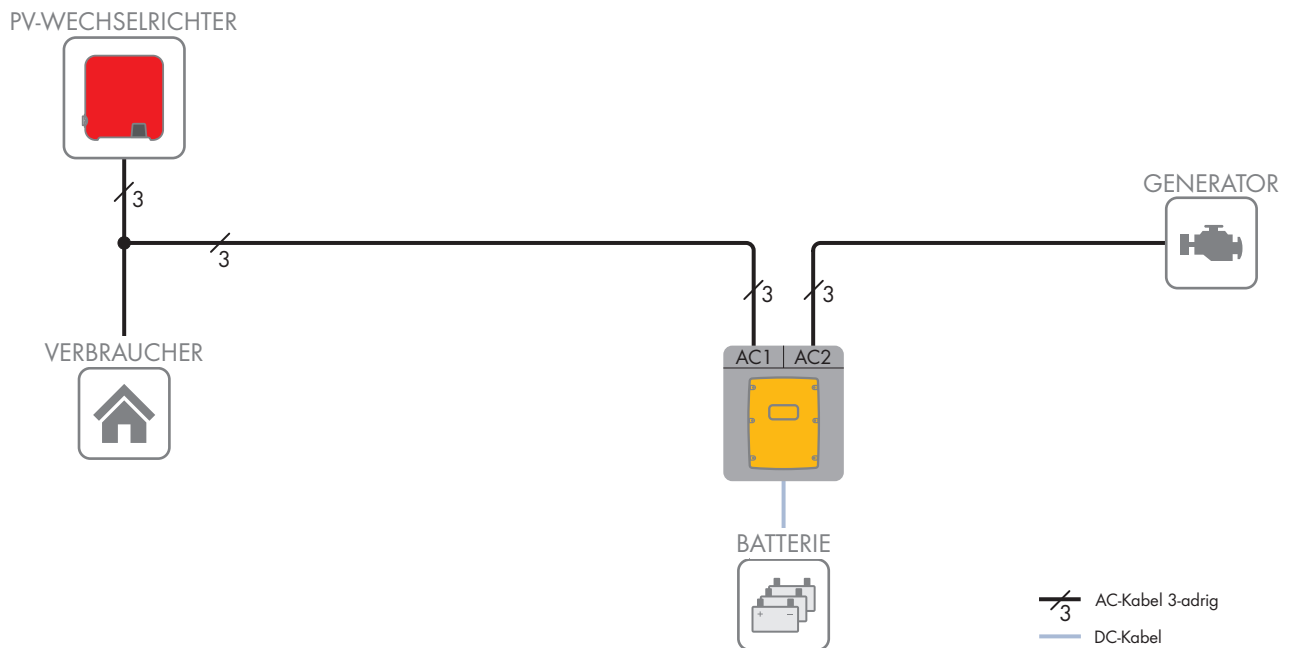


Abbildung 4: Prinzip eines Single-Systems

In einem Single-System bildet 1 Sunny Island ein 1-phasiges Inselnetz.

2.3.2 Single-Cluster-System 1-phasig

i Notwendige Gerätetypen für 1-phasige Single-Cluster-Systeme

In 1-phasigen Single-Cluster-Systemen müssen die Sunny Island vom Gerätetyp SI6.0H-12 oder SI8.0H-12 sein.

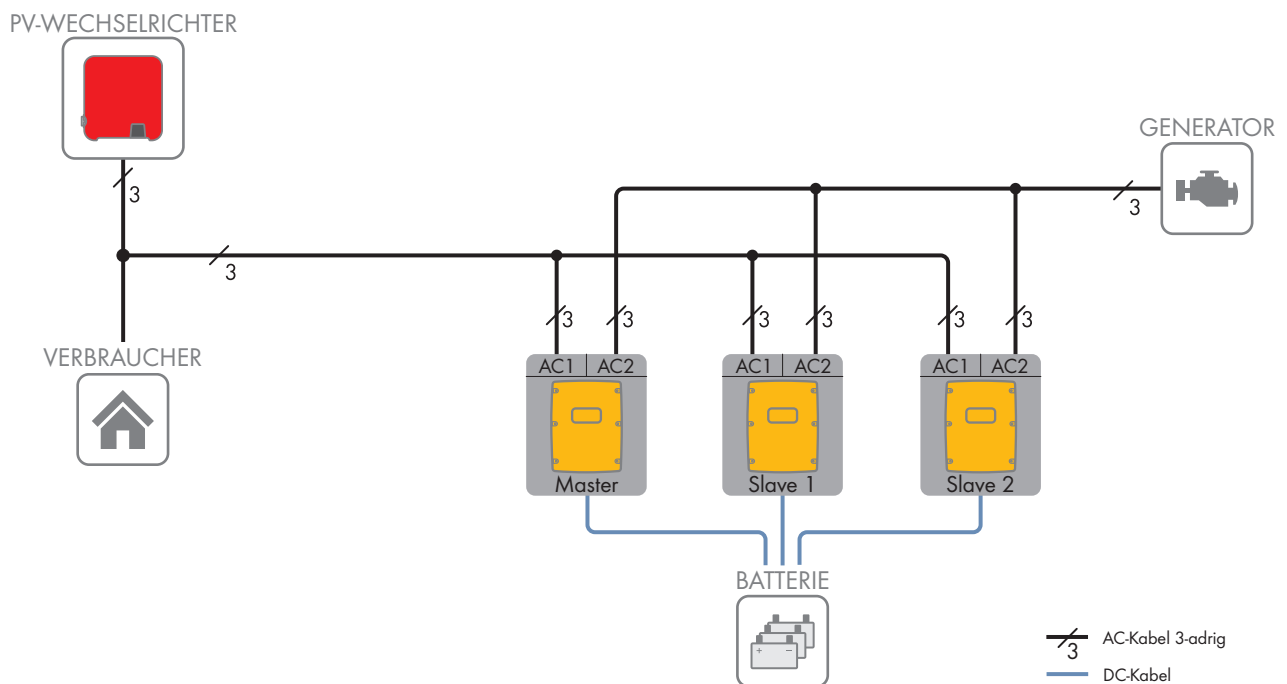


Abbildung 5: Prinzip eines 1-phasigen Single-Cluster-Systems

In einem 1-phasigen Single-Cluster-System sind bis zu 3 Sunny Island an 1 Batterie zu einem Cluster verschaltet. Auf der AC-Seite sind die Sunny Island an derselben Phase angeschlossen. Wenn die Gerätetypen innerhalb des Clusters unterschiedlich sind, muss der Master ein SI8.0H-12 sein.

2.3.3 Single-Cluster-System 3-phasig

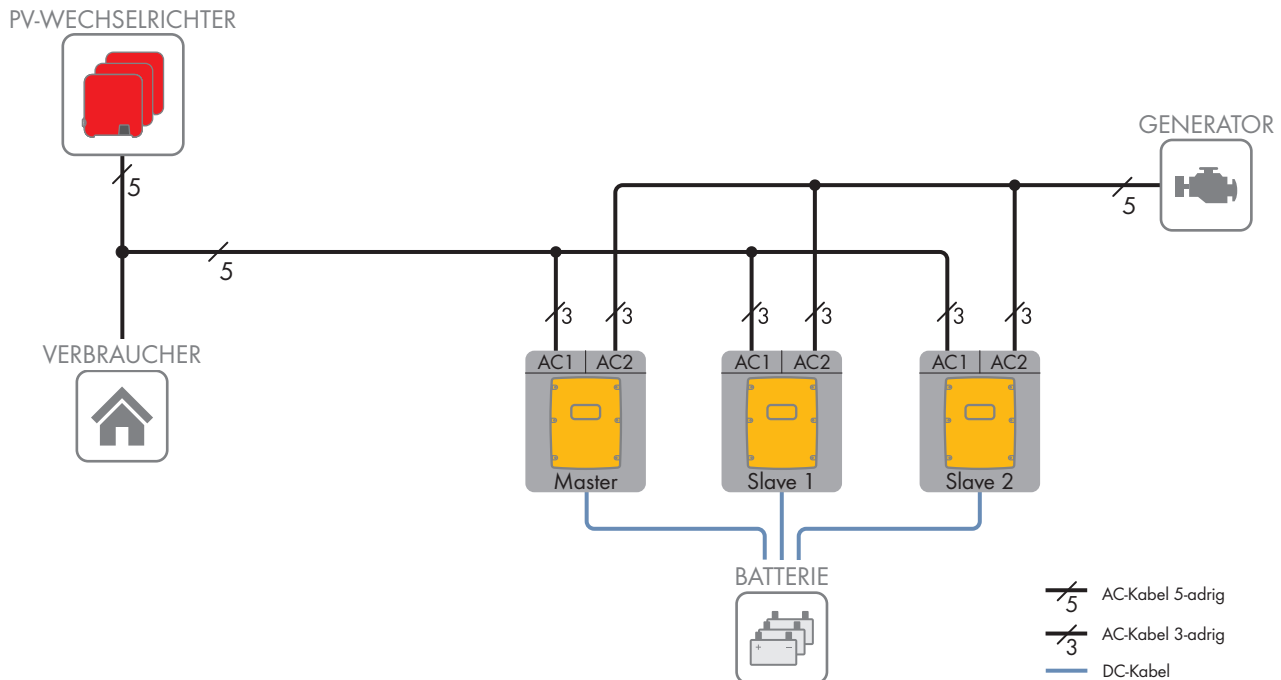


Abbildung 6: Prinzip eines 3-phasigen Single-Cluster-Systems

In einem 3-phasigen Single-Cluster-System sind 3 Sunny Island an 1 Batterie zu einem Cluster verschaltet. Auf der AC-Seite sind die Sunny Island an 3 unterschiedliche Phasen angeschlossen.

2.3.4 Multicluster-System

i Notwendige Gerätetypen für Multicluster-Systeme

In Multicluster-Systemen für Inselnetze müssen folgende Gerätetypen verwendet werden:

- SI6.0H-12 (Sunny Island 6.0H)
- SI8.0H-12 (Sunny Island 8.0H)
- MC-BOX-6.3-11 (Multicluster-Box 6)
- MC-BOX-12.3-20 (Multicluster-Box 12)
- MC-BOX-36.3-11 (Multicluster-Box 36)

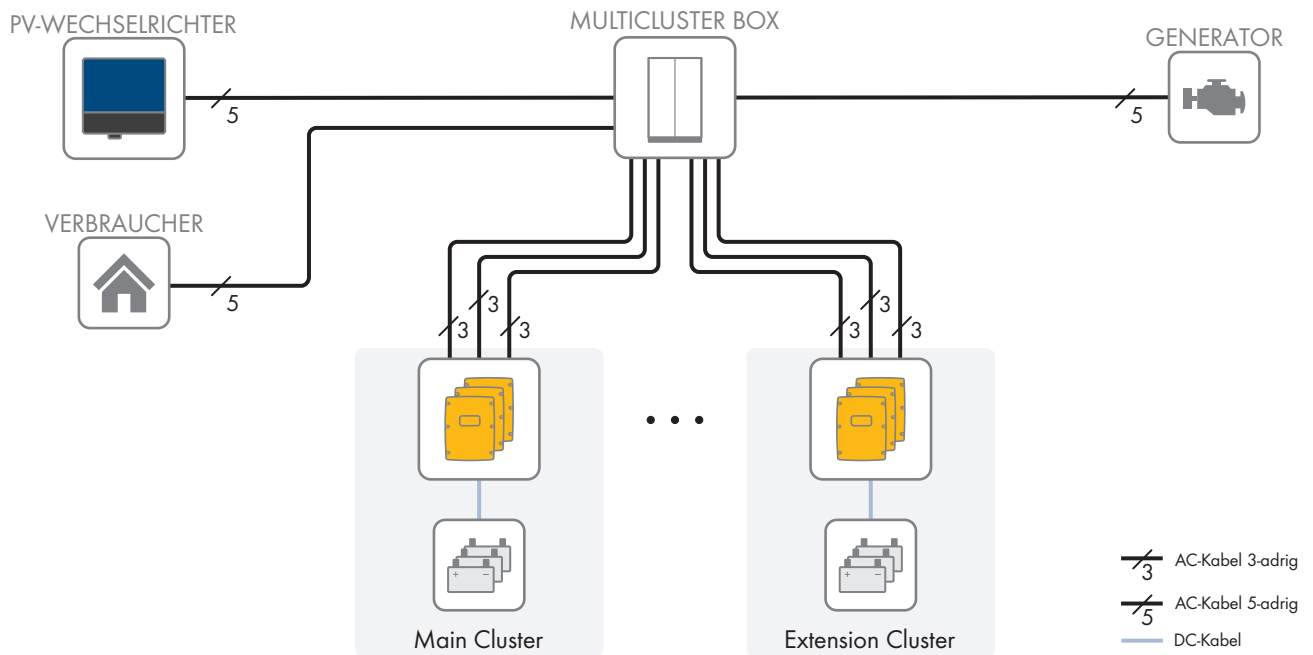


Abbildung 7: Prinzip eines Multiclustern-Systems

Multiclustern-Systeme bestehen aus mehreren 3-phasigen Clustern. Die einzelnen Cluster müssen an eine Multiclustern-Box angeschlossen werden. Die Multiclustern-Box ist eine Komponente der SMA Multiclustern-Technologie für Inselnetzsysteme, Ersatzstromsysteme und Systeme zur Eigenverbrauchsoptimierung.

Die Multiclustern-Box ist ein AC-Hauptverteiler, an den bis zu 12 Cluster angeschlossen werden können. Jedes 3-phasige Cluster besteht aus 3 DC-seitig parallel geschalteten Sunny Island.

Innerhalb eines Clusters dürfen ausschließlich Wechselrichter Sunny Island des gleichen Gerätetyps eingesetzt sein: SI6.0H-12 oder SI8.0H-12.

3 Auslegung eines Inselnetzsystems

3.1 Vorgehensweise

Für die Wirtschaftlichkeit und Betriebszuverlässigkeit eines Inselnetzsystems ist die bedarfsgerechte Auslegung von grundlegender Bedeutung. Eine Auslegung beinhaltet die Anpassung eines Inselnetzsystems an die durch die geographischen Verhältnisse vorgegebene Verfügbarkeit von PV-Energie sowie an das Energieverhalten des Anlagennutzers.

Je mehr Angaben zum Inselnetzsystem erarbeitet werden können, desto hilfreicher ist es für die optimale Anlagenauslegung. Die folgenden Fragen sollten auf jeden Fall beantwortet werden:

- Anwendungszweck des geplanten Systems
- Verbraucher und Nutzungszeiten
- Geographische Eigenschaften des geplanten Einsatzortes
- Möglicher Energieerzeuger
- Solarer Deckungsgrad: Anteil der PV-Energie an der Energieversorgung eines Inselnetzsystems (Solar Fraction – SF)
- Überbrückungszeit durch die Batterie

Mit den hier erfragten Daten lässt sich eine erste Auslegung anfertigen, die Auskunft über die Größenordnung, die geeigneten Energielieferanten sowie Komponenten geben kann.

Die folgenden Kapitel beschreiben das Vorgehen bei der Auslegung eines Inselnetzsystems und bauen teilweise aufeinander auf. Die Reihenfolge der einzelnen Kapitel stellt dabei eine Empfehlung dar (für ein Beispiel zur Auslegung eines Inselnetzsystems (siehe Kapitel 4, Seite 20)).

Zur Unterstützung können Sie die von SMA Solar Technology AG zur Verfügung gestellten Planungswerkzeuge nutzen:

- Off-Grid-Fragebogen (siehe www.SMA-Solar.com)
- Sunny Design (siehe www.SMA-Solar.com)

3.2 Abschätzung der elektrischen Lasten

Die Leistung und der Energieverbrauch der Lasten spielt im Inselnetzsystem eine grundlegende Rolle. Dabei sind im Wesentlichen folgende Fragen zu beantworten:

- Welche elektrischen Verbraucher sollen durch das Inselnetzsystem versorgt werden?
- Wie hoch ist der Energieverbrauch pro Jahr oder pro Tag?
- Wie hoch ist die maximale Leistung an einem Tag?

Als Orientierung zeigt die folgende Tabelle eine Übersicht gängiger Lasten, ihre Leistungen sowie ihre typischen Betriebszeiten pro Tag.

Elektrische Verbraucher	Nennleistung	Typische Betriebszeit pro Tag	Energieverbrauch pro Tag
Klimaanlage	3000 W	2 h	6 kWh
Trockner	1000 W	4 h	4 kWh
Waschmaschine	2000 W	1 h	2 kWh
Herd (Kochfeld und Backofen)	2300 W	0,75 h	1,7 kWh
Geschirrspüler	1300 W	1 h	1,3 kWh
Wasserpumpe	200 W	3 h	0,6 kWh

Elektrische Verbraucher	Nennleistung	Typische Betriebszeit pro Tag	Energieverbrauch pro Tag
Computer	250 W	2 h	0,5 kWh
Gefriertruhe 200 l	100 W	5 h	0,5 kWh
Wasserkocher	1800 W	0,25 h	0,45 kWh
Kühlschrank	90 W	5 h	0,45 kWh
Staubsauger	1800 W	0,25 h	0,43 kWh
Fernseher (Bildschirmdiagonale: 71 cm (28 in))	100 W	4 h	0,4 kWh
Mikrowelle	1200 W	0,25 h	0,3 kWh
Toaster	1200 W	0,25 h	0,3 kWh
Föhn	1000 W	0,25 h	0,25 kWh
Bügeleisen	1000 W	0,25 h	0,24 kWh
Drucker	100 W	2 h	0,2 kWh
Verstärker	100 W	2 h	0,2 kWh
Umwälzpumpe Heizung	70 W	2 h	0,14 kWh
Energiesparlampe	15 W	4 h	0,06 kWh
Satellitenempfänger	18 W	3 h	0,054 kWh
Mixer	200 W	0,25 h	0,05 kWh
DVD-Player	15 W	2 h	0,03 kWh
Nähmaschine	80 W	0,25 h	0,02 kWh
Radio	5 W	3 h	0,015 kWh
Rasierapparat	15 W	0,25 h	0,0038 kWh

3.3 Auslegung von Sunny Island und Multiclustervox

3.3.1 Empfehlungen zu Auswahl von Sunny Island / Multiclustervox-Box

Um die Anzahl der Sunny Island in 1-phasigen Systemen zu bestimmen, werden folgende Kenngrößen benötigt:

- Maximal abgerufene Leistung der Lasten pro Tag ($P_{\max}$)
- Leistung des Wechselrichters Sunny Island für 30 Minuten bei 25 °C ($P_{30 \text{ min}}$)

Berechnung:

$$\text{Anzahl der Wechselrichter Sunny Island} = P_{\max} : P_{30 \text{ min}}$$

Hinweis zu 3-phasigen Systemen

Die Gerätezahl in 3-phasigen Systemen lässt sich mit dem gleichen Verfahren wie bei 1-phasigen Systemen bestimmen. Das Ergebnis muss jedoch auf die nächsthöhere, durch 3 teilbare Zahl aufgerundet werden. Damit lassen sich die Wechselrichter symmetrisch auf die Phasen aufteilen (siehe Kapitel 3.3.2, Seite 14).

3.3.2 Auswahl des Wechselrichters Sunny Island

i Leistungs-Temperatur-Verlauf

Die vom Sunny Island abgegebene Wirkleistung ist von der Umgebungstemperatur abhängig (für den Leistungs-Temperatur-Verlauf siehe Datenblatt des Wechselrichters Sunny Island). Ist am geplanten Einsatzort dauerhaft mit hohen Umgebungstemperaturen zu rechnen, sollte ein Sunny Island mit einer höheren Bemessungsleistung, als nach dem Bedarf der Lasten erforderlich, gewählt werden.

Gerätetyp	Bemessungsleistung	Leistung für 30 min bei 25 °C	Einsatzmöglichkeiten			
			Single-System	1-phasiges Single-Cluster-System	3-phasiges Single-Cluster-System	Multicluste-System
SI4.4M-12 (Sunny Island 4.4M)	3300 W	4400 W	ja	nein	ja	nein
SI6.0H-12 (Sunny Island 6.0H)	4600 W	6000 W	ja	ja	ja	ja
SI8.0H-12 (Sunny Island 8.0H)	6000 W	8000 W	ja	ja	ja	ja

3.3.3 Auswahl der Multicluste-Box

Gerätetyp	Bemessungsleistung	Anzahl der Wechselrichter	Anzahl der Cluste
MC-BOX-6.3-11 (Multicluste-Box 6)	55 kW	6	2
MC-BOX-12.3-20 (Multicluste-Box 12)	138 kW	12	4
MC-BOX-36.3-11 (Multicluste-Box 36)	300 kW	36	12

3.4 Auslegung des Batteriespeichers

Bei der Auswahl der Batterie sind die benötigte Batteriekapazität, die Batteriespannung und der geeignete Batterietyp entscheidend.

Batteriekapazität

Ausgangspunkt bei der Auswahl einer Batterie ist die benötigte Batteriekapazität. Die benötigte Batteriekapazität richtet sich in erster Linie nach folgenden Faktoren:

- Überbrückungszeit

Die Überbrückungszeit ist die Dauer in Tagen, in der das Inselnetzsystem die Lasten ausschließlich aus der Batterie versorgen kann. Bei Inselnetzsystemen mit Generator sollte mit einer Überbrückungszeit von 2 Tagen gerechnet werden.

- Energieverbrauch pro Jahr (E_{Anno})

Der pro Jahr zu erwartende Energieverbrauch im Inselnetzsystem richtet sich nach den vorhandenen Lasten und deren Energiebedarf (siehe Kapitel 3.2, Seite 12).

- Mittlerer Batteriewirkungsgrad beim Entladen (η_{Batt})

Der mittlere Batteriewirkungsgrad beim Entladen beträgt bei Inselnetzsystemen näherungsweise 0,9.

Die Batteriekapazität wird in der Regel in kWh oder in Ah angegeben.

Berechnung:

$$\text{Batteriekapazität [kWh]} = \frac{\text{Überbrückungszeit} \cdot \frac{E_{\text{Anno}}}{365}}{\eta_{\text{Batt}}}$$

$$\text{Batteriekapazität [Ah]} = \text{Batteriekapazität [kWh]} \cdot \frac{1000}{\text{Batterienennspannung}}$$

i Nutzbare Batteriekapazität beachten

Um eine möglichst hohe Lebensdauer der Batterie zu erreichen, sollte nur der nutzbare Bereich der Batterie zum Laden und Entladen verwendet werden. Die hier berechnete Batteriekapazität bezieht sich auf diesen nutzbaren Bereich. Bei Bleibatterien ist ein nutzbarer Bereich von ca. 50 % der Nennkapazität typisch, bei Lithium-Ionen-Batterien von 80 % der Nennkapazität (siehe Dokumentation des Batterieherstellers).

i Standardgrößen beachten

Batterien sind nicht in allen Größen erhältlich. Batteriehersteller bieten Standardgrößen an. Dabei ist die Auswahl der nächsthöheren Standardgröße empfehlenswert. Dabei die nutzbare Batteriekapazität beachten.

Nennspannung der Batteriespannung

Alle Sunny Island verwenden Batterien mit einer Nennspannung von 48 V.

Batterietyp

Der Sunny Island arbeitet mit folgenden Batterietypen:

- Bleibatterien

Der Batterieraum muss nach den Vorgaben des Batterieherstellers und den vor Ort gültigen Normen und Richtlinien belüftet sein (siehe Dokumentation des Batterieherstellers).

Für den Einsatz mit dem Sunny Island sind Bleibatterien der Bauformen VRLA und FLA vorgesehen.

- Lithium-Ionen-Batterie

Wenn eine Lithium-Ionen-Batterie angeschlossen wird, müssen folgende Punkte erfüllt sein:

- Die Batterie muss den vor Ort gültigen Normen und Richtlinien entsprechen und eigensicher sein.
- Die Lithium-Ionen-Batterie muss für den Einsatz mit dem Sunny Island zugelassen sein. Die Liste der für den Sunny Island zugelassenen Lithium-Ionen-Batterien wird stetig aktualisiert (siehe Technische Information "Liste der zugelassenen Batterien" unter www.SMA-Solar.com).
- Wenn keine für den Sunny Island zugelassenen Lithium-Ionen-Batterien verwendet werden können, müssen Bleibatterien eingesetzt werden.

Batteriesicherung

Die Batteriesicherung sichert als externe DC-Sicherung die Batterieanschlussleitungen des Batterie-Wechselrichters ab. Außerdem ermöglicht die Batteriesicherung das DC-seitige Freischalten des Batterie-Wechselrichters.

Zwischen Batterie und Sunny Island muss immer eine Batteriesicherung installiert sein. SMA Solar Technology AG empfiehlt, eine speziell auf den Sunny Island abgestimmte Batteriesicherung der Firma enwitec electronic GmbH & Co.KG zu verwenden.

Die Sicherungseinsätze in der Batteriesicherung müssen ebenfalls auf den Sunny Island abgestimmt sein (siehe Installationsanleitung des Batterie-Wechselrichters Sunny Island).

3.5 Auslegung der PV-Anlage

3.5.1 Abschätzung der Anlagen-Nennleistung

Einflussfaktoren

Die Anlagen-Nennleistung der PV-Anlage ist abhängig von folgenden Faktoren:

- Energieverbrauch pro Jahr (E_{Anno})
- Systemwirkungsgrad (η_{Sys})
Der Systemwirkungsgrad beträgt ca. 0,7.
- Solarer Deckungsgrad: Anteil der PV-Energie an der Energieversorgung eines Inselnetzsystems (Solar Fraction – SF)
Der solare Deckungsgrad richtet sich nach der regional üblicherweise zur Verfügung stehenden PV-Energie.
- Spezifischer Energieertrag aus PV-Energie (E_{PV})
Der spezifische Energieertrag richtet sich nach der regional üblicherweise zur Verfügung stehenden PV-Energie und nach der Anlagen-Nennleistung der PV-Anlage.

Energieertrag aus PV-Energie und sinnvoller Anteil der PV-Energie im Inselnetzsystem

Regionen (Beispiele)	Spezifischer Energieertrag pro Jahr*	Anteil der PV-Energie an der Energieversorgung
Deutschland	800 kWh/(kWp * a) bis 900 kWh/(kWp * a)	50 % bis 70 %
Südeuropa	1300 kWh/(kWp * a) bis 1450 kWh/(kWp * a)	60 % bis 90 %
Nordafrika, Südafrika oder Südamerika	1450 kWh/(kWp * a) bis 1700 kWh/(kWp * a)	60 % bis 100 %
Saudi Arabien	1800 kWh/(kWp * a)	60 % bis 100 %

* Beispiel: 800 kWh/(kWp * a) entspricht einem spezifischen Energieertrag von 800 kWh in 1 Jahr pro 1 kWp installierter Anlagen-Nennleistung

Berechnung

Anhand der oben genannten Werte lässt sich die Anlagen-Nennleistung der PV-Anlage näherungsweise berechnen.

$$P_{\text{PV}} = E_{\text{Anno}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{Sys}}} \cdot \frac{\text{SF}}{E_{\text{PV}}}$$

Hinweise zur Auslegung

Auf der benötigten Anlagen-Nennleistung beruht die Auslegung des PV-Generators und die Auswahl des PV-Wechselrichters (siehe Kapitel 3.5.2, Seite 17).

- Die Anlagen-Nennleistung der PV-Anlage ergibt sich aus den Bemessungsleistungen der eingesetzten PV-Wechselrichter.
- In einem Inselnetzsystem darf die Anlagen-Nennleistung der PV-Anlage maximal doppelt so groß sein, wie die gesamte AC-Nennleistung der Sunny Island (siehe Kapitel 3.3, Seite 13).
- Beim Einsatz von Bleibatterien muss die Batteriekapazität mindestens 100 Ah pro installiertem kWp des PV-Generators betragen. Beispiel: Bei einem PV-Generator mit 5 kWp ist die minimale Batteriekapazität 500 Ah (siehe Kapitel 3.4, Seite 14).

- Beim Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien muss die Batteriekapazität mindestens 50 Ah pro installiertem kWp des PV-Generators betragen. Beispiel: Bei einem PV-Generator mit 5 kWp ist die minimale Batteriekapazität 250 Ah (siehe Kapitel 3.4, Seite 14).

3.5.2 Auswahl der PV-Wechselrichter

Folgende PV-Wechselrichter können Sie in Inselnetzsystemen einsetzen. Die PV-Wechselrichter müssen mit der in der Tabelle angegebenen oder höheren Firmware-Version ausgestattet sein. Führen Sie anderenfalls ein Firmware-Update durch (siehe Dokumentation des PV-Wechselrichters).

PV-Wechselrichter	Firmware-Version	Hinweis
Sunny Boy (SB)		
SB1.5-1VL-40	2.05.01.R	-
SB2.5-1VL-40	2.05.01.R	-
SB3.0-1AV-40	1.2.18.R	-
SB3.6-1AV-40	1.2.18.R	-
SB4.0-1AV-40	1.2.18.R	-
SB5.0-1AV-40	1.2.18.R	-
SB 3000TL-21	2.60.03.R	-
SB 3600TL-21	2.60.03.R	-
SB 4000TL-21	2.60.03.R	-
SB 5000TL-21	2.60.03.R	-
SB 6000TL-21	2.80.02.R	-
Sunny Tripower (STP)		
STP3.0-3AV-40	2.13.07.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP4.0-3AV-40	2.13.07.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP5.0-3AV-40	2.13.07.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP6.0-3AV-40	2.13.07.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 5000TL-20	2.50.01.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 6000TL-20	2.50.01.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 7000TL-20	2.50.01.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 8000TL-20	2.50.01.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 9000TL-20	2.50.01.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 10000TL-20	2.53.02.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 12000TL-20	2.53.02.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 15000TL-10	2.22.17.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 15000TL-30	2.83.03.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen

PV-Wechselrichter	Firmware-Version	Hinweis
STP 20000TL-30	2.81.07.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 25000TL-30	2.81.07.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen
STP 50-40	1.1.19.R	Ausschließlich einsetzbar in 3-phasigen Inselnetzsystemen

Maximale Leistung der PV-Anlage

In Inselnetzsystemen ist die maximale Leistung der PV-Anlage von der Gesamtleistung der Sunny Island abhängig.

- Maximale Ausgangsleistung der PV-Anlage pro SI4.4M-12: 4600 W
- Maximale Ausgangsleistung der PV-Anlage pro SI6.0H-12: 9200 W
- Maximale Ausgangsleistung der PV-Anlage pro SI8.0H-12: 12000 W

Das Einhalten der maximalen Ausgangsleistung der PV-Anlage ist Voraussetzung für einen stabilen Betrieb des Inselnetzsystems.

Einstellung auf Inselnetzbetrieb

Alle genannten PV-Wechselrichter können für Inselnetzbetrieb konfiguriert werden. Dazu muss ein für Inselnetzbetrieb gültiger Länderdatensatz oder eine gültige Ländernorm ausgewählt werden (siehe Dokumentation des PV-Wechselrichters).

3.6 Auslegung der Generatoren

Die Nennleistung des Generators oder der Generatoren sollte etwa 80 % bis 120 % der gesamten Nennleistung des geplanten Batterie-Wechselrichters betragen. Vorzugsweise sollte der Wert unterhalb von 100 % liegen, da die Generatoren so stets optimal belastet werden. Dadurch sind eine hohe Lebensdauer sowie eine gute Ausnutzung des Kraftstoffs, z. B. des Diesels, gewährleistet.

3.7 Abschätzung der Anlagenkosten

Mit der hier durchgeführten Grobauslegung kann auch eine erste Kostenabschätzung der Anlage stattfinden. Die Kosten in der hier gezeigten Ermittlung setzen sich zusammen aus:

- Kosten für Batterie-Wechselrichter
- Kosten für Batteriespeicher und Batteriesicherung
- Kosten für eine PV-Anlage (Module und PV-Wechselrichter)
- Kosten für Generatoren
- Kosten für Montage und Installation

Aufgrund der Variantenvielfalt der Systeme können hier nicht alle möglichen Positionen berücksichtigt werden. In einer genaueren Betrachtung können weitere Positionen hinzugezogen werden.

3.8 Planungswerkzeuge

3.8.1 Datenerfassung mit Off-Grid-Fragebogen

Der Off-Grid-Fragebogen von SMA Solar Technology AG bietet eine Möglichkeit zur systematischen Erfassung aller Informationen, die für die Auslegung eines Inselnetzsystems benötigt werden (Download unter www.SMA-Solar.com). Damit dient der Off-Grid-Fragebogen als Vorbereitung für die spätere Anlagenauslegung.

3.8.2 Anlagenauslegung mit Sunny Design

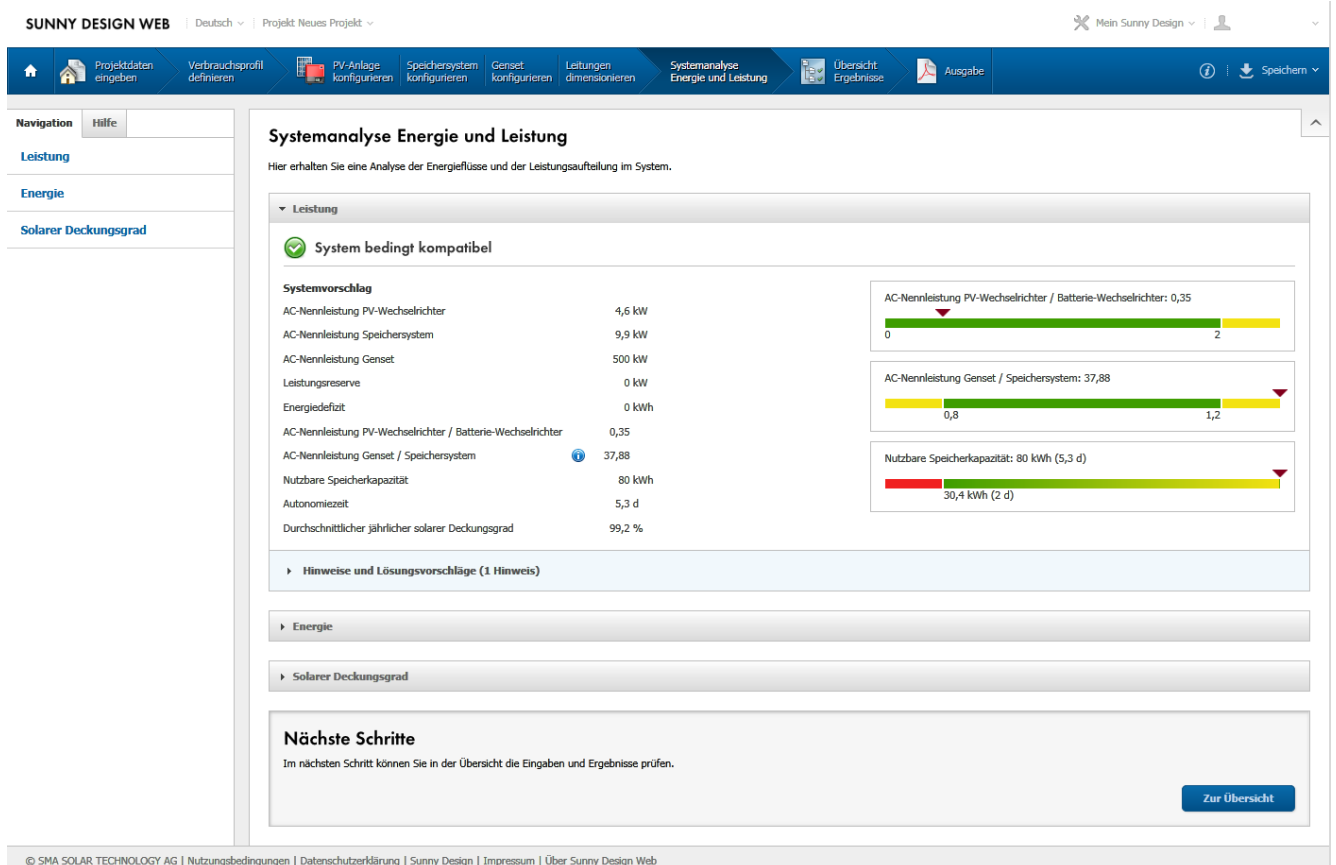


Abbildung 8: Beispiel für Auslegung eines Systems mit Sunny Design Web

Sunny Design ist eine Software für die Planung und Auslegung von PV-Anlagen und PV-Hybrid-Systemen. Über Sunny Design erhalten Sie eine Empfehlung für eine mögliche Auslegung Ihrer PV-Anlage oder Ihres Inselnetzsystems. Sunny Design gibt es als Online-Version Sunny Design Web und als Desktop-Version Sunny Design 3. Die Online-Version Sunny Design Web können Sie nur über das Internet nutzen (www.SunnyDesignWeb.com). Die Desktop-Version Sunny Design 3 müssen Sie auf Ihrem Computer installieren, benötigen aber nach der erstmaligen Registrierung keine Internetverbindung mehr (Dokumentation und Download unter www.SMA-Solar.com).

4 Beispiel zur Auslegung eines Inselnetzsystems

Ausgangsgrößen und gesuchte Informationen

Das folgende Beispiel beschreibt die Auslegung eines Inselnetzsystems in Nordafrika und dient als Orientierung und Ausgangspunkt für eine detaillierte Anlagenplanung.

Folgende Ausgangsgrößen sind gegeben:

- Der Energiebedarf der elektrischen Verbraucher beträgt ca. 4500 kWh/Jahr (siehe Kapitel 3.2, Seite 12).
- Die von Lasten am Tag maximal benötigte Leistung beträgt 5 kW.
- Die Überbrückungszeit des Inselnetzsystems soll 2 Tage betragen.
- Das Inselnetzsystem soll 1-phasig aufgebaut werden.
- Zur Unterstützung der Energieversorgung bei geringer PV-Leistung soll ein Generator eingesetzt werden.

Folgende Informationen werden gesucht:

- Wie viele Sunny Island sollen eingesetzt werden?
- Wie hoch soll die Batteriekapazität sein?
- Welche PV-Wechselrichter sollen in welcher Anzahl eingesetzt werden?
- Wie hoch soll die Nennleistung des Generators sein?

Schritt 1: Anzahl der benötigten Sunny Island ermitteln

In diesem Beispiel soll der Sunny Island 6.0H eingesetzt werden (siehe Kapitel 3.3.2, Seite 14).

$$\text{Anzahl der Wechselrichter Sunny Island} = P_{\max} : P_{30 \text{ min}}$$

$$\text{Anzahl der Wechselrichter Sunny Island} = 5 \text{ kW} : 6 \text{ kW} = 0,8$$

Das Ergebnis muss aufgerundet werden. Folglich wird in diesem Beispiel 1 Sunny Island 6.0H ausgewählt.

Schritt 2: Batteriekapazität ermitteln

Der mittlere Systemwirkungsgrad beim Entladen der Batterie setzt sich zusammen aus dem Wirkungsgrad des Wechselrichters Sunny Island und dem Wirkungsgrad der Batterie. Ein guter Erfahrungswert ist der Faktor 0,9.

$$\text{Batteriekapazität [kWh]} = \frac{\text{Überbrückungszeit} \cdot \frac{E_{\text{Anno}}}{365}}{\eta_{\text{Batt}}}$$

$$\text{Batteriekapazität [Ah]} = \text{Batteriekapazität [kWh]} \cdot \frac{1000}{\text{Batterienennspannung}}$$

$$\text{Batteriekapazität [kWh]} = \frac{2 \text{ Tage} \cdot \frac{4500 \text{ kWh}}{365}}{0,9} = 27,4 \text{ kWh}$$

$$\text{Batteriekapazität [Ah]} = 27,4 \text{ kWh} \cdot \frac{1000}{48 \text{ V}} = 570 \text{ Ah}$$

Die benötigte Batteriekapazität beträgt in diesem Beispiel 27,4 kWh oder 570 Ah.

i Nutzbare Batteriekapazität beachten

Um eine möglichst hohe Lebensdauer der Batterie zu erreichen, sollte nur der nutzbare Bereich der Batterie zum Laden und Entladen verwendet werden. Die hier berechnete Batteriekapazität bezieht sich auf diesen nutzbaren Bereich. Bei Bleibatterien ist ein nutzbarer Bereich von ca. 50 % der Nennkapazität typisch, bei Lithium-Ionen-Batterien von 80 % der Nennkapazität (siehe Dokumentation des Batterieherstellers).

Auf der Grundlage der benötigten Batteriekapazität und des nutzbaren Bereichs der Nennkapazität kann die Batterie für das Inselnetzsystem ausgewählt werden (siehe Kapitel 3.4, Seite 14).

Schritt 3: Anlagen-Nennkapazität der PV-Anlage ermitteln

Das Inselnetzsystem soll in Nordafrika errichtet werden. Daraus ergeben sich für die folgende Berechnung weitere Ausgangsgrößen:

- Es wird empfohlen, den spezifischen Energieertrag mit 1450 kWh im Jahr pro kWp der Anlagen-Nennleistung anzunehmen (siehe Kapitel 3.5.1, Seite 16).
- Es wird empfohlen, den Anteil der PV-Energie an der Energieversorgung eines Inselnetzsystems mit 70 % anzunehmen (siehe Kapitel 3.5.1, Seite 16).

$$P_{PV} = E_{Anno} \cdot \frac{1}{\eta_{Sys}} \cdot \frac{SF}{E_{PV}}$$

$$P_{PV} = 4500 \text{ kWh/a} \cdot \frac{1}{0,7} \cdot \frac{70 \%}{1450 \text{ kWh/(kWp} \cdot \text{a)}} = 3,10 \text{ kWp}$$

In diesem Beispiel beträgt die Anlagen-Nennkapazität 3,1 kWp. Damit sollte ein PV-Wechselrichter in diesem System eingesetzt werden, dessen Bemessungsleistung mindestens 3100 W beträgt. Die maximale Bemessungsleistung des PV-Wechselrichters gibt der gewählte Sunny Island vor. Im vorliegenden Beispiel darf die Bemessungsleistung demnach bis zu 9200 W betragen (siehe Kapitel 3.5.2, Seite 17).

Eine passgenaue Auslegung der PV-Module und des PV-Wechselrichters sowie die richtige Verkabelung lässt sich mit Sunny Design einfach errechnen (siehe Kapitel 3.8.2, Seite 19).

Schritt 4: Nennleistung des Generators ermitteln

Die Nennleistung des Wechselrichters Sunny Island beträgt 4600 W. Demnach sollte die Nennleistung des Generators zwischen 3680 W (80 %) und 5520 W (120 %) liegen. Für eine optimale Auslastung des Generators ist eine Nennleistung von etwas weniger als 4600 W (100 %) zu empfehlen (siehe Kapitel 3.6, Seite 18).

5 Anhang

5.1 Zubehör

In der folgenden Übersicht finden Sie das Zubehör zu Ihrem Produkt. Bei Bedarf können Sie dieses bei Ihrem Fachhändler bestellen.

Bezeichnung	Kurzbeschreibung	SMA Bestellnummer
SI-SYSCAN.BGx	Kommunikationsschnittstelle für die Kommunikation der Cluster in einem Multicluster-System	SI-SYSCAN-NR
BAT-TEMP-SENSOR	Batterietempertursensor vom Typ KTY mit Anschlussleitung (Länge: 10 m)	BAT-TEMP-SENSOR

5.2 Weitere Funktionen des Wechselrichters Sunny Island im Inselnetzsystem

5.2.1 Netz- und Generatormanagement

5.2.1.1 Typische externe Energiequellen

Der Sunny Island ermöglicht das Aufschalten auf das Netz der externen Energiequelle und das Trennen vom Netz. Externe Energiequellen sind Spannungsquellen und bestimmen die Spannung und Frequenz des Stromnetzes. Typische externe Energiequellen sind Generatoren und das öffentliche Stromnetz.

Generator als externe Energiequelle

Ein Generator dient im Inselnetzsystem als Energiereserve. Wenn den Verbrauchern nicht genügend Energie von AC-Quellen im Inselnetz (z. B. PV-Wechselrichter) zur Verfügung steht, kann der Sunny Island die Energie eines Generators nutzen.

Mögliche Generatoren	Erklärung
Autostartfähige Generatoren	Die Generatoren werden mit 1 Kontakt gestartet und gestoppt. Dadurch kann der Sunny Island den Generator direkt steuern.
Generatoren ohne Autostartfunktion	Die Generatoren verfügen über keine elektrische Startvorrichtung. Die Generatoren werden z. B. mit einem Seilzug oder einer Kurbel gestartet.
Elektrisch fernstartfähige Generatoren ohne eigene Steuerung	Die Generatoren verfügen über 2 Kontakte zur Steuerung: 1 Kontakt für den Anlasser und 1 Kontakt für die Zündung oder zum Vorglühen. Zur Steuerung benötigen Sie eine externe Generatorsteuerung.

Öffentliches Stromnetz als externe Energiequelle

Mit dem Sunny Island können Sie das öffentliche Stromnetz verschieden nutzen:

- Als Energiereserve
- Als Hauptversorger der Verbraucher im Inselnetz

Wenn das öffentliche Stromnetz hauptsächlich die Verbraucher versorgt handelt es sich um ein Ersatzstromsystem. Wenn das öffentliche Stromnetz ausfällt, trennt der Sunny Island das Inselnetz vom öffentlichen Stromnetz und wechselt in den Inselnetzbetrieb. Im Inselnetzbetrieb versorgt der Sunny Island das Inselnetz aus der Batterie.

Generator und öffentliches Stromnetz als externe Energiequelle

Das öffentliche Stromnetz und ein Generator können auch in Kombination an das Inselnetzsystem angeschlossen werden. Dies ist gerade bei längerfristigen Netzausfällen nützlich, wenn die Batteriekapazität nach einiger Zeit nicht mehr ausreicht, um den Netzausfall zu überbrücken. Bei längerfristigen Netzausfällen können Sie auf den Generator umschalten.

Der Generator und das öffentliche Stromnetz können nicht gleichzeitig Strom in das Inselnetzsystem einspeisen. Deshalb muss zwischen Generator- und Netzbetrieb umgeschaltet werden. Da der Sunny Island keine integrierte Umschalteneinrichtung besitzt, ist für den Einsatz von Generator und öffentlichem Stromnetz eine externe automatische Umschalteneinrichtung erforderlich.

In Multiclustern-Systemen mit der Multiclustern-Box 12 (MC-BOX-12.3-20) z. B. übernimmt die Grid-Connect-Box die Funktion der automatischen Umschalteneinrichtung.

5.2.1.2 Synchronisation des Inselnetzes auf externe Energiequellen

Die Synchronisation ermöglicht dem Sunny Island, das Inselnetz auf die externe Energiequelle zu schalten.

Wenn eine externe Wechselspannung am Sunny Island anliegt, synchronisiert der Sunny Island das Inselnetz auf die externe Wechselspannung. Wenn das Inselnetz auf die externe Energiequelle synchronisiert ist, schließt der Sunny Island sein internes Transferrelais. Wenn das interne Transferrelais geschlossen ist, bestimmt die externe Energiequelle Spannung und Frequenz im Inselnetz.

5.2.1.3 Wechselwirkungen externer Energiequellen mit dem Inselnetz

Externe Energiequellen haben Einfluss auf die Leistungsregelung der AC-Quellen (z. B. auf PV-Wechselrichter). Der Sunny Island regelt die Leistungsabgabe der angeschlossenen AC-Quellen über die Inselnetzfrequenz. Je höher die Inselnetzfrequenz ist, desto weniger Leistung wird von den PV-Wechselrichtern und Windenergie-Wechselrichtern in das Inselnetz eingespeist (siehe Kapitel 5.2.3 "Frequency Shift Power Control", Seite 24).

Wenn Sie einen Generator manuell starten, synchronisiert der Sunny Island die Frequenz des Inselnetzes auf die Frequenz der Generatorspannung und schaltet das Inselnetz auf die Generatorspannung. Dadurch kann der Sunny Island die Frequenz des Inselnetzes nicht mehr zur Regelung der AC-Quellen im Inselnetz verwenden. Eine Leistungsregelung der AC-Quellen im Inselnetz ist während der Synchronisation nicht möglich.

5.2.2 Lastmanagement

5.2.2.1 Überlastfähigkeit

Der Sunny Island ist sowohl für thermische als auch für elektrische Überlastbedingungen optimiert. Er passt die maximale Leistung direkt an die Umgebungsbedingungen an.

Mit dem patentierten Kühlsystem OptiCool bietet SMA Solar Technology AG eine technische Lösung, die sowohl passive als auch aktive Kühlung miteinander verbindet. Das intelligente Temperaturmanagement besteht aus einem Zweikammersystem mit einem wasserdichten Bereich für die Elektronik und einem luftdurchströmten Bereich mit den relevanten Wärmequellen. Das gewährleistet einen hervorragenden Schutz bei gleichzeitig außergewöhnlichem Überlastverhalten und bestmöglicher Zuverlässigkeit.

Im Falle von hohen Einschaltströmen kommen Sanftanlaufunktionen zum Einsatz: Der Sunny Island 6.0H/8.0H kann für 60 ms einen Strom von 120 A liefern. Bis zu 3 s liefert der Wechselrichter den 2,5-fachen Überstrom. Erst danach – z. B. bei einem dauerhaften Kurzschluss – wird das Gerät aus Sicherheitsgründen abgeschaltet. 16-A-Schutzschalter mit B-Charakteristik werden innerhalb von 100 ms ausgelöst, wodurch auch die Sicherheitsansprüche netzparalleler Installationen abgedeckt werden.

5.2.2.2 Lastabwurf

Der Lastabwurf verhindert die Batterietiefentladung und steuert die Stromabgabe an Verbraucher. Der Lastabwurf bietet Ihnen die Möglichkeit gezielt Verbraucher vom System zu trennen.

Ein Lastabwurf ist notwendig, wenn ein Inselnetzsystem ausschließlich mit PV-Energie oder Windenergie versorgt wird.

Der Sunny Island steuert bis zu 2 Lastabwurfschütze in Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie an. Sie können 2 Arten von Lastabwurf installieren:

- 1-stufiger Lastabwurf
Wenn die Grenze des Ladezustandes der Batterie erreicht wird, trennt 1 Lastabwurfschütz alle Verbraucher gleichzeitig. Je nach Konfiguration schließt das Lastabwurfschütz entweder, wenn die Batterie ausreichend geladen wurde oder wenn das Inselnetz auf eine externe Energiequelle geschaltet wurde.
- 2-stufiger Lastabwurf
Bei dem 2-stufigen Lastabwurf gibt es 2 Grenzwerte für den Ladezustand der Batterie, um 2 Lastabwurfschütze zu steuern. Wenn der erste Grenzwert für den Ladezustand der Batterie erreicht wurde, trennt das erste Lastabwurfschütz eine Gruppe von Verbrauchern. Wenn der zweite Grenzwert für den Ladezustand der Batterie erreicht wurde, trennt das zweite Lastabwurfschütz die restlichen Verbraucher.

5.2.3 Frequency Shift Power Control

Sind im Inselnetz-Betrieb auf der AC-Seite PV-Wechselrichter angeschlossen, muss der Sunny Island deren Ausgangsleistung begrenzen können. Dieser Fall tritt z. B. ein, wenn die Batterie des Wechselrichters Sunny Island vollgeladen ist und das Leistungsangebot aus der PV-Anlage den Leistungsbedarf der angeschlossenen Verbraucher übersteigt.

Damit die überschüssige Energie die Batterie nicht überlädt, erkennt der Sunny Island diese Situation und verändert die Frequenz am AC-Ausgang. Diese Frequenzänderung wertet der PV-Wechselrichter aus. Sobald sich die Netzfrequenz erhöht und einen bestimmten Wert **f Start Delta** überschreitet, begrenzt der PV-Wechselrichter seine Leistung entsprechend.

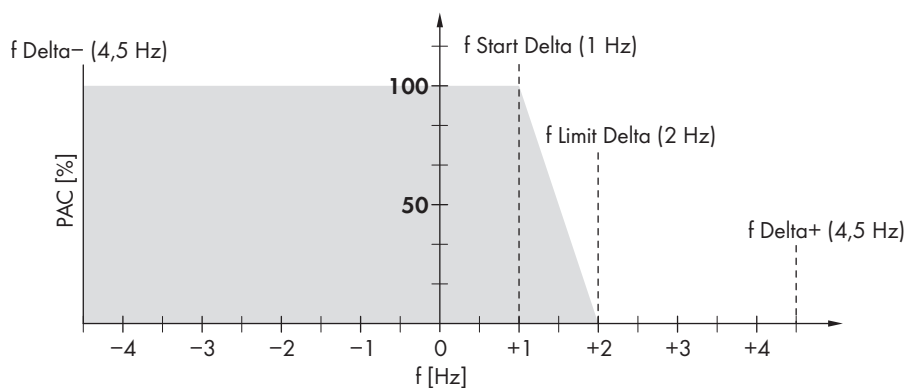


Abbildung 9: Funktion der Frequency Shift Power Control

Bezeichnung	Erklärung
f	Grundfrequenz des Inselnetzes (50 Hz)
f Delta- bis f Delta+	Maximaler Bereich bezogen auf die Grundfrequenz, in dem der PV-Wechselrichter aktiv ist.
f Start Delta	Frequenzerhöhung bezogen auf die Grundfrequenz, bei der die Leistungsregelung über die Frequenz beginnt.
f Limit Delta	Frequenzerhöhung bezogen auf die Grundfrequenz, bei der die Leistungsregelung über die Frequenz endet. Die Leistung des PV-Wechselrichters beträgt hier 0 W.

Wird die Grenze **f Delta-** unterschritten oder die Grenze **f Delta+** überschritten, trennen sich die PV-Wechselrichter vom Inselnetz. Wenn ein Generator im Inselnetz in Betrieb ist, bestimmt der Generator die Frequenz und die PV-Wechselrichter reagieren auf bestimmte Frequenzänderungen durch den Generator. Bei Generatoren ist die Frequenz der Ausgangsspannung unter Last bei 50 Hz. Deshalb werden die PV-Wechselrichter in den meisten Fällen ihre gesamte Leistung an das Inselnetz abgeben, selbst wenn der Generator in Betrieb ist. Wenn die aktuelle

Batteriespannung größer ist als die Batteriesollspannung und außerdem auf einen Generator synchronisiert werden soll, hebt der Sunny Island kurzfristig die Frequenz an und die PV-Wechselrichter trennen sich über die Frequenzabregelung (Überfrequenz) vom Inselnetz. Anschließend synchronisiert sich der Sunny Island mit dem Generator.

5.2.4 Steuerung und Überwachung über interne Multifunktionsrelais

Mit Hilfe von 2 Multifunktionsrelais kann jeder Sunny Island verschiedene Funktionen steuern und Betriebszustände und Warnmeldungen ausgeben.

Mögliche Funktion oder Ausgabe	Erklärung
Steuerung von Generatoren	Bei einer Generatoranforderung vom Generatormanagement des Wechselrichters Sunny Island zieht das Multifunktionsrelais an. Mit dem Multifunktionsrelais können Sie elektrisch fernstartfähige Generatoren steuern oder einen Signalgeber für Generatoren ohne Autostartfunktion anschließen.
Steuerung von Lastabwurfschützen	In Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie zieht das Multifunktionsrelais an. Je nach Konfiguration können Sie mit 1 Multifunktionsrelais einen 1-stufigen Lastabwurf oder mit 2 Multifunktionsrelais einen 2-stufigen Lastabwurf installieren. Die Grenzwerte für den Ladezustand der Batterie können Sie zusätzlich tageszeitabhängig einstellen (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Zeitsteuerung von externen Vorgängen	Die Multifunktionsrelais können zeitgesteuert werden (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Ausgabe von Betriebszuständen und Warnmeldungen	Jedes Multifunktionsrelais kann entweder 1 Ereignis oder 1 Warnmeldung ausgeben (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Steuerung eines Batterieraumlüfters*	Wenn der Ladestrom zum Gasen der Bleibatterie führt, zieht das Multifunktionsrelais an. Ein angeschlossener Batterieraumlüfter wird für mindestens 1 Stunde eingeschaltet (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Steuerung einer Elektrolyt-Pumpe*	In Abhängigkeit vom Nennkapazitätsdurchsatz zieht das Multifunktionsrelais mindestens einmal pro Tag an (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).
Nutzung überschüssiger Energie	In Inselnetzsystemen zieht ein Multifunktionsrelais während der Konstantspannungsphase an und steuert so zusätzliche Verbraucher (siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island). Durch die Ansteuerung der zusätzlichen Verbraucher kann eventuell vorhandene, überschüssige Energie sinnvoll verwendet werden, die sonst abgeregelt werden müsste.

* für Bleibatterien

5.2.5 Betriebs- und Benutzerführung

Grundlage des Bedienkonzepts des Wechselrichters Sunny Island ist der „Single Point of Operation“. Alle Einstellungen, Schaltabläufe oder Systemgrößen können zusammengefasst und so auf einem einzelnen Display angezeigt und verändert werden.

Der „Single Point of Operation“ erlaubt eine geschlossene Systemübersicht und ermöglicht die Einstellung paralleler Einheiten sowie angeschlossener Laderegler von einem Gerät aus. Informationen über externe Quellen oder Lasten können eingesehen werden, da alle automatischen Schalthandlungen ebenfalls durch den Batterie-Wechselrichter aktiviert werden. Über eine interne Kommunikationsstruktur werden alle relevanten Informationen zwischen den Systemkomponenten, die diese Funktion unterstützen, ausgetauscht.

5.2.6 Datenerfassung und Datenspeicherung

Ein wesentlicher Teil des internen Bedienmenüs befasst sich mit der Historie aller aufgetretenen Betriebszustände. Spitzenwerte sowie wichtige Informationen und Ereignisse werden in einem internen, permanenten Speicher abgelegt. Ein integriertes Datenerfassungssystem übernimmt alle Messungen, Berechnungen und Auswertungen. So kann ein umfassendes Bild aller Aktivitäten – von Ladevorgängen bis hin zu automatischen Lastabwürfen – erstellt werden.

Mit dem SMA Cluster Controller lässt sich die Datenerfassung des Wechselrichters Sunny Island ganz einfach erweitern. So ist z. B. eine einfache und umfassende Fernüberwachung möglich.

5.3 Weitere Informationen zum Batteriemanagement für Bleibatterien

5.3.1 Vorteile des Batteriemanagements

Das Batteriemanagement für Bleibatterien des Wechselrichters Sunny Island baut auf einer sehr genauen Ladezustandsbestimmung auf. Durch die Kombination der 3 gängigsten Methoden der Ladezustandserfassung erreicht der Sunny Island eine Messgenauigkeit von mehr als 95 %. Überladung und Tiefentladung der Batterie werden damit sicher verhindert.

Ein weiteres Plus des Batteriemanagements ist die äußerst schonende Laderegulierung. Sie sorgt automatisch für die dem Batterietyp und der Situation entsprechend optimalen Ladestrategie. So lassen sich nicht nur Überladungen sicher verhindern, sondern auch regelmäßige Voll-Ladungen durchführen. Dabei wird die zur Verfügung stehende Ladeenergie immer optimal genutzt.

5.3.2 Zustand der Batterie

5.3.2.1 Nennkapazität und Batteriealterung

i Angabe der Nennkapazität durch den Batteriehersteller

Die Nennkapazität wird vom Batteriehersteller als Energiemenge angegeben, die der Batterie über eine festgelegte Entladungsdauer hinweg entnommen werden kann. Wenn z. B. einer vollgeladenen Batterie 10 Stunden lang ein Strom von 20 A entnommen werden kann, hat diese Batterie eine Nennkapazität von 200 Ah. Wegen der 10-stündigen Entladungsdauer muss die Angabe der Nennkapazität von 200 Ah mit dem Zusatz C10 versehen werden.

Um die Nennkapazitäten verschiedener Batterien sinnvoll miteinander vergleichen zu können, muss die Nennkapazität jeder Batterie auf die gleiche Entladungsdauer bezogen sein (siehe Dokumentation des Batterieherstellers).

Die verfügbare Kapazität einer neuen Batterie ist gleich der vom Batteriehersteller angegebenen Nennkapazität für eine 10-stündige Entladung (C10). Im laufenden Betrieb verringert sich die verfügbare Batteriekapazität aus folgenden Gründen:

- **Kalendarische Alterung**

Die verfügbare Batteriekapazität verringert sich im Laufe der Zeit (auch ohne Batterienutzung).

- **Zyklentalterung**

Die Batterie altert durch die Belastung. Die Alterung wird wesentlich beeinflusst durch die Tiefe 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 Batteriemanagement diese Faktoren beeinflussen und die Batterie schonen.

5.3.2.2 Aktueller Ladezustand

Das Batteriemanagement gibt den aktuellen Ladezustand der Batterie (SOC: State of Charge) als Parameter **Aktueller Batterieladezustand** und den geschätzten Fehler des Ladezustands als Parameter **Fehler Batterieladezustand** an.

Der geschätzte Fehler des Ladezustandes gibt Auskunft darüber, wie genau der aktuell berechnete Ladezustand der Batterie ist. Der geschätzte Fehler ist unmittelbar nach einer Voll-Ladung/Ausgleichsladung am geringsten und steigt dann im Laufe der Zeit bis zur nächsten abgeschlossenen Voll-Ladung/Ausgleichsladung wieder an.

5.3.2.3 Aktuell verfügbare Batteriekapazität

Das Batteriemanagement gibt die aktuell verfügbare Batteriekapazität bezogen auf die Nennkapazität in Prozent als den Wert SOH (State of Health) an. Nach der Inbetriebnahme übernimmt der Sunny Island die eingestellte Nennkapazität (Parameter **Nennkapazität der Batterie**) 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 Batterie zyklisch 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 10-stündige Entladung, z. B. 150 W bei einer 10 kW-Batterie. Vor allem in den ersten Monaten nach Inbetriebnahme des Sunny Island-Systems ist es daher wichtig, den SOH regelmäßig zu prüfen.

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 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 Batteriemanagement korrigiert die aktuell verfügbare Batteriekapazität SOH um -1 % pro °C ausgehend von 20 °C.

5.3.2.4 Batterietemperatur

Das Batteriemanagement überwacht kontinuierlich die Batterietemperatur. An die aktuelle Batterietemperatur passt der Sunny Island die Angabe der aktuell verfügbaren Batteriekapazität und die Ladespannung an (siehe Kapitel 5.3.5 "Automatische Temperaturkompensation", Seite 30).

Das Batteriemanagement 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.

5.3.3 Ladephasen

Die angegebenen Parameter können für die eingesetzte Batterie nach Herstellerangaben angepasst werden.

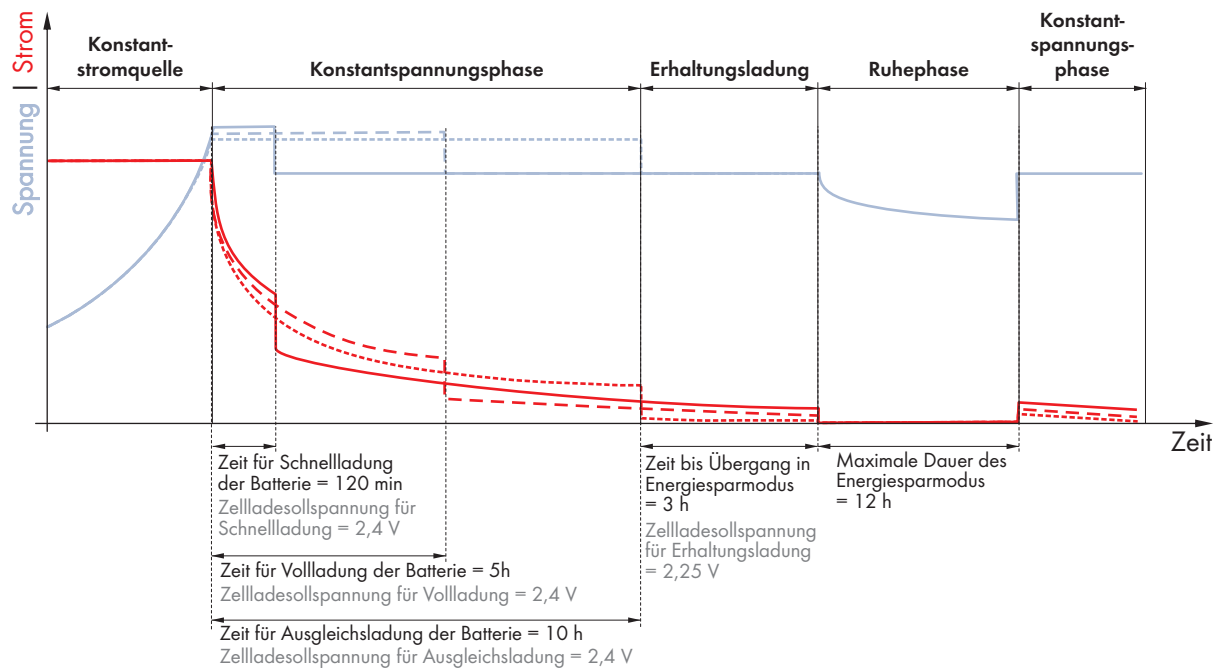


Abbildung 10: Ladephasen des Wechselrichters Sunny Island mit Beispielwerten für eine AGM-Batterie

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 Batteriemanagement die primäre Aufgabe den Strom auf den maximal zulässigen Batteriestrom zu begrenzen. Der maximale Ladestrom kann durch die Änderung des Parameters **Maximaler Batterieladestrom** auf den vom Batteriehersteller gewünschten Wert angepasst werden. Der zur Verfügung stehende Batterieladestrom wird zusätzlich durch folgende Parameter begrenzt:

- Nennströme der externen Energiequellen (Parameter **Maximalstrom aus öffentlichem Netz** und **Generatornennstrom**)
- Maximaler AC-Ladestrom des Wechselrichters Sunny Island (Parameter **Maximaler AC-Batterieladestrom**)

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 Batteriemanagement eines der folgenden 3 Ladeverfahren (siehe Kapitel 5.3.4 "Ladeverfahren", Seite 29):

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

Für jedes dieser 3 Ladeverfahren können Sie im Sunny Island die Höhe der Spannung 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 Batteriemanagement schrittweise die Ladespannung, bis der für die Erhaltungsladung vorgegebene Sollwert erreicht ist. Diese Ladespannung hält das Batteriemanagement 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 Batteriemanagement in die Konstantstromphase. Wenn das Inselnetz mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden ist, kann das Batteriemanagement zusätzlich aus der Erhaltungsladung in den Ruhezustand wechseln.

Ruhezustand

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

5.3.4 Ladeverfahren

Beim Übergang in die Konstantspannungsphase wählt das Batteriemanagement 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 **Zellladesollspannung für Schnellladung**) und die Dauer (Parameter **Zeit für Schnellladung der Batterie**) 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 **Zykluszeit Vollladung**).
- Die Summe aller Entladungen seit der letzten Voll-Ladung entspricht der 8-fachen Nennkapazität der Batterie.

Die Ladespannung (Parameter **Zellladesollspannung für Vollladung**) und die Dauer (Parameter **Zeit für Vollladung der Batterie**) 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 **Zykluszeit Ausgleichsladung**).
- Die Summe aller Entladungen seit der letzten Ausgleichsladung entspricht der 30-fachen Nennkapazität der Batterie.

Die Ladespannung (Parameter **Zellladesollspannung für Ausgleichsladung**) und die Dauer (Parameter **Zeit für Ausgleichsladung der Batterie**) 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 Wechselrichters Sunny Island unter www.SMA-Solar.com).

5.3.5 Automatische Temperaturkompensation

Die Ladefähigkeit der Batterie ist von der Temperatur abhängig. Um Überladungen und Mangelladungen der Batterie zu verhindern, verfügt das Batteriemanagement über eine automatische Temperaturkompensation. Bei Temperaturen über 20 °C senkt das Batteriemanagement die Ladespannung. Bei Temperaturen unter 20 °C hebt das Batteriemanagement die Ladespannung.

5.3.6 Batterieschonbetrieb

Der Batterieschonbetrieb (Battery Protection Mode) schützt die Batterie. Wenn die Grenzwerte für den Ladezustand der Batterie SOC unterschritten werden, wird der Batterieschonbetrieb aktiv. Im Batterieschonbetrieb schaltet der Sunny Island in Standby oder schaltet sich selbst ab. Der Batterieschonbetrieb verfügt über 3 Stufen. Für jede Stufe gibt es 1 einstellbaren SOC-Grenzwert. Die Stufen 1 und 2 des Batterieschonbetriebs 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 Batterieschonbetrieb an das System anpassen (zum Einstellen des Batterieschonbetriebs siehe Installationsanleitung des Wechselrichters Sunny Island).

5.4 Weitere Informationen zum Generatormanagement

5.4.1 Aufgaben des Generatormanagements

Das Generatormanagement des Wechselrichters Sunny Island übernimmt folgende Aufgaben:

- Den Generator im automatischen Generatorbetrieb anfordern.
- Die Wechselrichter Sunny Island für die Aufschaltung des Inselnetzes auf die Generatorspannung steuern.
- Generatorlaufzeiten für einen schonenden Generatorbetrieb einhalten.

- Den Generator vor Überlast oder Rückspeisung schützen.
- Schaltvorgänge im Sunny Island für die Trennung des Generators steuern.
- Blindleistung für den Generator bereitstellen.

Das Generatormanagement ermöglicht den Einsatz von Generatoren, die im Verhältnis zur Nennlast des Wechselrichters Sunny Island eine kleine Ausgangsleistung besitzen (siehe Technische Unterlage „Sunny Island - Generator Whitepaper“ unter www.SMA-Solar.com).

5.4.2 Abhängigkeiten für die Generatoranforderung

Um das Generatormanagement an die Bedürfnisse des Inselnetzsystems anzupassen, können Sie die Abhängigkeiten für die Generatoranforderung ändern.

Generatoranforderung	Erklärung
Ladezustandsabhängige Generatoranforderung	Zum Nachladen der Batterie fordert das Generatormanagement in Abhängigkeit vom Ladezustand den Generator an. Dadurch verhindert das Generatormanagement, dass sich die Batterie zu stark entlädt. Tipp: Sie können die Generatoranforderung zusätzlich tageszeitabhängig einstellen, z. B. um den Generator nachts möglichst nicht zu starten.
Lastabhängige Generatoranforderung	Übersteigt die Last im Inselnetz eine eingestellte Grenze, fordert das Generatormanagement den Generator an. Der Generator versorgt dann die Verbraucher. Dadurch wird die Batterie weniger belastet. Bei Bedarf versorgen der Generator und der Sunny Island die Verbraucher im Inselnetz gemeinsam. Die Summe der beiden Leistungen steht dem Inselnetz zur Verfügung.
Zeitgesteuerte Generatoranforderung	Sie können einstellen, an welchen Tagen, zu welcher Uhrzeit und wie lange das Generatormanagement den Generator anfordert.
Generatoranforderung in Abhängigkeit vom Ladeverfahren	Der Generator wird bei Voll-Ladung und Ausgleichsladung angefordert. Sie können einstellen, ob der Generator für die Voll-Ladung, Ausgleichsladung oder für beide Ladeverfahren angefordert wird.

5.4.3 Elektrische Grenzwerte für den Generator

Durch die Konfiguration der elektrischen Grenzwerte kann das Generatormanagement eine Überlast des Generators verhindern oder eine Fehlfunktion erkennen und ausregeln.

Einstellbare Grenze	Erklärung
Maximaler Generatorstrom	Das Generatormanagement begrenzt die Aufnahme des Generatorstroms auf einen einstellbaren Maximalwert. Dadurch wird der Generator nicht überlastet.
Frequenz der Generatorspannung	Die Grenzwerte für die Frequenz und Höhe der Generatorspannung definieren den Bereich, innerhalb dessen Sunny Island und Generator arbeiten. Diese Grenzwerte haben direkte Auswirkungen auf die Spannungsqualität im Inselnetz.
Höhe der Generatorspannung	
Maximale Generatorrückleistung	Rückleistungen in den Generator können entstehen, wenn AC-Quellen im Inselnetz mehr Strom liefern, als im Inselnetzsystem benötigt wird. Die Generatorrückleistung treibt den Generator an. In Abhängigkeit vom Generator führt die Generatorrückleistung zur selbsttätigen Trennung, zur Instabilität oder zur Zerstörung des Generators. Sie können die Wirkleistung der Rückleistung und die zulässige Zeit der Rückleistung einstellen. Wenn die Rückleistung die Grenzwerte übersteigt, trennt das Generatormanagement den Generator vom Inselnetz. Dadurch ist der Generator geschützt.

5.4.4 Generatorlaufzeiten

Generatorlaufzeiten geben Zeitspannen für den Generatorbetrieb vor. Die Generatorlaufzeiten werden nur im Fehlerfall abgebrochen. Dadurch kann das Generatormanagement den Generator mit möglichst wenig Verschleiß und energieeffizient betreiben. Die Energieeffizienz steigt dadurch, dass das Generatormanagement einen laufenden Generator möglichst lange mit einem hohen Wirkungsgrad des Generators nutzt.

Sie können die Laufzeiten an den Generator und die Erfordernisse im Inselnetzsystem anpassen und optimieren.

Generatorlaufzeit	Erklärung
Warmlaufzeit	Um den Generator im kalten Zustand nicht zu belasten, läuft der Generator während der Warmlaufzeit warm. Die Warmlaufzeit reduziert den Verschleiß am Generator. Nach Ablauf der Warmlaufzeit schaltet der Sunny Island das Inselnetz auf den Generator.
Mindestlaufzeit	Nach der Warmlaufzeit beginnt die Mindestlaufzeit. Während der Mindestlaufzeit liefert der Generator Strom, um die Batterie zu laden und die Verbraucher zu versorgen. Die Mindestlaufzeit verhindert kurze Generatorlaufzeiten.
Nachlaufzeit	Wenn die Mindestlaufzeit abgelaufen ist und der Grund für die Generatoranforderung nicht mehr besteht, trennt das Generatormanagement den Generator vom Inselnetz. Nach der Trennung beginnt die Nachlaufzeit. In der Nachlaufzeit läuft der Generator ohne Last und die Betriebsstoffe kühlen langsam ab.
Mindeststoppzeit	Nach der Nachlaufzeit beginnt die Mindeststoppzeit. In der Mindeststoppzeit bleibt der Generator gestoppt. Dadurch unterdrückt das Generatormanagement häufige Generatorstarts. Häufige Starts führen zu einem schnelleren Verschleiß des Generatormotors.

5.4.5 Betriebsarten des Generators

Das Generatormanagement unterscheidet den manuellen Generatorbetrieb und den automatischen Generatorbetrieb.

Manueller Generatorbetrieb

Im manuellen Generatorbetrieb können Sie autostartfähige Generatoren und Generatoren mit externer Generatorsteuerung jederzeit über die Benutzeroberfläche des Sunny Island steuern. Um den Generator zu steuern, haben Sie folgende Möglichkeiten:

- Den Generator am Sunny Island starten.
Wenn Sie den Generator manuell am Sunny Island starten, müssen Sie ihn auch manuell stoppen.
- Den Generator am Sunny Island stoppen.
- Den Generator am Sunny Island für 1 Stunde starten.
Dabei brauchen Sie den Generator nicht wieder stoppen. Der Generator läuft für 1 Stunde.

Automatischer Generatorbetrieb

Im automatischen Generatorbetrieb steuert das Generatormanagement den Generator.

Automatischer Generatorbetrieb und Generatoren ohne Autostartfunktion

Das Generatormanagement kann mit Hilfe eines Multifunktionsrelais einen Signalgeber steuern. Der Signalgeber kann Ihnen signalisieren, wann Sie den Generator starten und stoppen sollten.

Im automatischen Generatorbetrieb kann der Generator jederzeit manuell gestartet und gestoppt werden. Wenn der Generator gestoppt ist und die Mindeststoppzeit abgelaufen ist, wird der automatische Betrieb fortgesetzt.

5.4.6 Betriebsablauf der Generatorsteuerung

5.4.6.1 Betriebsablauf bei autostartfähigen Generatoren

Ereignis oder Zustand	Folge	Internes Transferrelais
Das Generatormanagement fordert den Generator an.	Der Sunny Island startet den Generator.	Offen, das Inselnetz ist nicht mit dem Generator verbunden.
Der Generator startet.	Die Generatorspannung baut sich auf. Das Generatormanagement misst die Zeit, bis die Generatorspannung innerhalb der eingestellten Grenzwerte für Spannung und Frequenz liegt. Wenn eine maximale Zeit überschritten wird, bricht das Generatormanagement den Generatorstart ab.	
Die Generatorspannung ist innerhalb der eingestellten Grenzwerte für Spannung und Frequenz.	Das Generatormanagement startet die Warmlaufzeit.	
Die Warmlaufzeit läuft.	–	
Die Warmlaufzeit endet.	Der Sunny Island synchronisiert das Inselnetz auf die Generatorspannung.	Geschlossen, das Inselnetz ist mit dem Generator verbunden.
Das Inselnetz ist synchronisiert.	Der Sunny Island schaltet das Inselnetz auf den Generator.	
Das Inselnetz ist auf den Generator geschaltet.	Der Generator speist Strom in das Inselnetz.	
	Das Generatormanagement startet die Mindestlaufzeit.	
Die Mindestlaufzeit läuft.	Auch wenn das Generatormanagement den Generator nicht mehr anfordert, bleibt das Inselnetz mit dem Generator verbunden.	
Die Mindestlaufzeit endet.	Wenn das Generatormanagement den Generator weiter anfordert, bleibt das Inselnetz mit dem Generator verbunden.	

Ereignis oder Zustand	Folge	Internes Transferrelais
Das Generatormanagement fordert den Generator nicht mehr an.	Der Sunny Island versorgt das Inselnetz und trennt den Generator lastfrei vom Inselnetz. Das Generatormanagement startet die Nachlaufzeit.	Offen, das Inselnetz ist nicht mit dem Generator verbunden.
Die Nachlaufzeit läuft.	Während der Nachlaufzeit kann das Generatormanagement den Generator nicht erneut anfordern und der Sunny Island kann nicht erneut das Inselnetz auf den Generator schalten.	
Die Nachlaufzeit endet.	Der Sunny Island stoppt den Generator. Das Generatormanagement startet die Mindeststoppzeit.	
Die Mindeststoppzeit läuft.	Der Sunny Island kann den Generator nicht starten. Auch der manuelle Start am Sunny Island ist nicht möglich. Das Generatormanagement kann den Generator nicht anfordern.	
Die Mindeststoppzeit endet.	Das Generatormanagement kann den Generator anfordern. Der Generator kann am Sunny Island gestartet werden.	

5.4.6.2 Betriebsablauf bei Generatoren ohne Autostartfunktion

Ereignis oder Zustand	Folge	Internes Transferrelais
Das Generatormanagement fordert den Generator an.	Der Sunny Island steuert einen Signalgeber an. Der Signalgeber signalisiert Ihnen, dass Sie den Generator starten sollten.	Offen, das Inselnetz ist nicht mit dem Generator verbunden.
Sie starten den Generator (z. B. verbunden mit Seilzug).	Der Generator startet. Die Generatorspannung baut sich auf.	
Sie schließen den Lasttrennschalter zwischen Generator und Sunny Island.	Der Generator ist mit dem Sunny Island verbunden.	
Die Generatorspannung ist innerhalb der eingestellten Grenzwerte für Spannung und Frequenz.	Das Generatormanagement startet die Warmlaufzeit.	
Die Warmlaufzeit läuft.	–	
Die Warmlaufzeit endet.	Der Sunny Island synchronisiert das Inselnetz auf die Generatorspannung.	

Ereignis oder Zustand	Folge	Internes Transferrelais
Das Inselnetz ist synchronisiert.	Der Sunny Island schaltet das Inselnetz auf den Generator.	Geschlossen, das Inselnetz ist mit dem Generator verbunden.
Der Generator ist zugeschaltet.	Der Generator speist Strom in das Inselnetz.	
	Das Generatormanagement startet die Mindestlaufzeit.	
Die Mindestlaufzeit läuft.	Auch wenn das Generatormanagement den Generator nicht mehr anfordert, bleibt der Generator mit dem Inselnetz verbunden.	
Die Mindestlaufzeit endet.	–	
Das Generatormanagement fordert den Generator nicht mehr an.	Der Sunny Island steuert den Signalgeber nicht mehr an. Der Signalgeber signalisiert, dass Sie den Generator vom Sunny Island trennen sollten.	
Sie öffnen den Lasttrennschalter zwischen Generator und Sunny Island.	Der Sunny Island öffnet das interne Transferrelais.	
	Der Sunny Island versorgt unterbrechungsfrei das Inselnetz weiter.	
	Das Generatormanagement startet die Mindeststopzeit.	
Die Mindeststopzeit läuft.	Der Sunny Island erkennt nicht, wenn Sie den Generator erneut starten.	
	Das Generatormanagement kann den Generator nicht anfordern. Der Signalgeber wird nicht angesteuert.	
Sie stoppen den Generator.	–	
Die Mindeststopzeit endet.	Das Generatormanagement kann den Generator anfordern.	
	Der Sunny Island erkennt einen Generatorstart.	

5.4.6.3 Betriebsablauf bei Generatoren mit externer Generatorsteuerung

Ereignis oder Zustand	Folge	Internes Transferrelais
Das Generatormanagement fordert den Generator an.	Der Sunny Island signalisiert der externen Generatorsteuerung, dass der Generator angefordert wird.	Offen, das Inselnetz ist nicht mit dem Generator verbunden.
Die externe Generatorsteuerung startet den Generator.	Die Generatorspannung baut sich auf.	
Die an der externen Generatorsteuerung eingestellte Warmlaufzeit beginnt.	Das Generatormanagement misst die Zeit, bis die externe Generatorsteuerung dem Sunny Island signalisiert, dass die Warmlaufzeit abgelaufen ist. Wenn eine maximale Zeit überschritten wird, bricht das Generatormanagement den Generatorstart ab.	
Die externe Generatorsteuerung signalisiert dem Sunny Island, dass seine Warmlaufzeit erfolgreich abgelaufen ist.		
Der Sunny Island synchronisiert das Inselnetz auf die Generatorspannung.	–	
Das Inselnetz ist synchronisiert.	Der Sunny Island schaltet das Inselnetz auf den Generator.	Geschlossen, das Inselnetz ist mit dem Generator verbunden.
Das Inselnetz ist auf den Generator geschaltet.	Der Generator speist Strom in das Inselnetz.	
	Das Generatormanagement startet die Mindestlaufzeit.	
Die Mindestlaufzeit läuft.	Auch wenn das Generatormanagement den Generator nicht mehr anfordert, bleibt das Inselnetz mit dem Generator verbunden.	
Die Mindestlaufzeit endet.	Wenn das Generatormanagement den Generator weiter anfordert, bleibt das Inselnetz mit dem Generator verbunden.	

Ereignis oder Zustand	Folge	Internes Transferrelais
Das Generatormanagement fordert den Generator nicht mehr an.	Der Sunny Island versorgt das Inselnetz und trennt den Generator lastfrei vom Inselnetz. Das Generatormanagement signalisiert der externen Generatorsteuerung, dass der Generator nicht mehr angefordert wird.	Offen, das Inselnetz ist nicht mit dem Generator verbunden.
Die am Generatormanagement eingestellte Nachlaufzeit beginnt.	-	
Die Nachlaufzeit läuft.	Während der Nachlaufzeit kann das Generatormanagement den Generator nicht erneut anfordern und der Sunny Island kann nicht erneut das Inselnetz auf den Generator schalten.	
Die Nachlaufzeit endet.	Die externe Generatorsteuerung stoppt den Generator. Die externe Generatorsteuerung signalisiert dem Sunny Island, dass die Nachlaufzeit abgelaufen ist.	
Das Generatormanagement startet die Mindeststopzeit.	-	
Die Mindeststopzeit läuft.	Der Sunny Island unterdrückt jede Generatoranforderung. Auch der manuelle Start am Sunny Island ist nicht möglich.	
Die Mindeststopzeit endet.	Das Generatormanagement kann den Generator anfordern.	
Der Generator kann am Sunny Island gestartet werden.		

5.5 Weitere Informationen zum Netzmanagement

5.5.1 Aufgaben des Netzmanagements

Das Netzmanagement übernimmt folgende Aufgaben:

- Das Netzmanagement erkennt Ausfall, Störung und Wiederkehr des öffentlichen Stromnetzes.
- Das Netzmanagement steuert den Übergang vom Inselnetzbetrieb in den Netzbetrieb.
- Das Netzmanagement steuert den Übergang vom Netzbetrieb in den Inselnetzbetrieb.
- Wenn das öffentliche Stromnetz eine Energiereserve ist, schaltet das Netzmanagement das öffentliche Stromnetz bei Bedarf automatisch zu.

5.5.2 Abhängigkeiten für die Anforderung des öffentlichen Stromnetzes

Um das Netzmanagement an die Bedürfnisse des Ersatzstromsystems anzupassen, können Sie die Abhängigkeiten für die Anforderung des öffentlichen Stromnetzes ändern.

Anforderung des öffentlichen Stromnetzes	Erklärung
Ladezustandsabhängige Anforderung	In Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie fordert das Netzmanagement das öffentliche Stromnetz zum Nachladen der Batterie an. Dadurch verhindert das Netzmanagement, dass sich die Batterie zu stark entlädt. Tipp: Sie können die Anforderung zusätzlich tageszeitabhängig einstellen.

Anforderung des öffentlichen Stromnetzes	Erklärung
Lastabhängige Anforderung	Wenn der Bedarf der elektrischen Verbraucher im Ersatzstromnetz eine eingestellte Grenze übersteigt, fordert das Netzmanagement das öffentliche Stromnetz an. Das öffentliche Stromnetz versorgt dann die Verbraucher. Dadurch wird die Batterie weniger belastet.
Zeitgesteuerte Anforderung	Sie können einstellen, an welchen Tagen, zu welcher Uhrzeit und wie lange das Netzmanagement das öffentliche Stromnetz anfordert.
Anforderung in Abhängigkeit vom Ladeverfahren	Sie können einstellen, ob das öffentliche Stromnetz für die Voll-Ladung, Ausgleichsladung oder für beide Ladeverfahren angefordert wird.

5.5.3 Elektrische Grenzwerte für das öffentliche Stromnetz

Wenn das öffentliche Stromnetz die elektrischen Grenzwerte verletzt, erkennt das Netzmanagement einen Ausfall, Störung oder Überlast des öffentlichen Stromnetzes.

Einstellbare Grenze	Erklärung
Maximaler Netzstrom	Das Netzmanagement begrenzt die Aufnahme des Stromes aus dem öffentlichen Stromnetz auf einen einstellbaren Maximalwert.
Frequenz der Spannung des öffentlichen Stromnetzes	Die Grenzwerte für die Frequenz und Höhe der Spannung können Sie auf die vor Ort gültigen Normen und Anforderungen anpassen.
Höhe der Spannung des öffentlichen Stromnetzes	Die Frequenz und Höhe der Spannung im öffentlichen Stromnetz haben direkte Auswirkungen auf die Spannungsqualität im Ersatzstromnetz. Wenn das öffentliche Stromnetz die Grenzwerte verletzt, trennt der Sunny Island das öffentliche Stromnetz vom Backup-Netz und wechselt in den Inselnetzbetrieb.
Maximale Rückleistung in das öffentliche Stromnetz	Bei Rückleistung speist das Ersatzstromsystem Leistung in das öffentliche Stromnetz ein. Zu Rückleistungen in das öffentliche Stromnetz kann es während des Betriebs durch AC-Quellen kommen. Sie können die Wirkleistung und die zulässige Zeit der Rückleistung einstellen. Wenn die Grenzwerte verletzt werden, trennt das Netzmanagement das öffentliche Stromnetz vom Ersatzstromnetz.

5.5.4 Betriebsarten des öffentlichen Stromnetzes

Der Sunny Island unterscheidet die Betriebsarten Ladebetrieb und Energiesparmodus (Silent Mode).

Ladebetrieb

Ladebetrieb am öffentlichen Stromnetz ist dadurch gekennzeichnet, dass der Sunny Island die Batterie lädt oder die Batterieladung erhält.

Energiesparmodus

Im Energiesparmodus ist der Sunny Island im Standby und das öffentliche Stromnetz versorgt die Verbraucher. Der Sunny Island verlässt den Energiesparmodus regelmäßig, um die Batterie nachzuladen. Wenn sich der Sunny Island im Energiesparmodus befindet, kann ein Netzausfall zu einem kurzzeitigen Ausfall des Ersatzstromsystems führen. Dabei werden die Verbraucher kurzzeitig nicht versorgt.

5.5.5 Betriebsablauf der Netzsteuerung

Ereignis oder Zustand	Folge	Internes Transferrelais
Das Netzmanagement fordert das öffentliche Stromnetz an.	–	Offen, das Ersatzstromnetz ist nicht mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden.
Die Netzspannung ist innerhalb der eingestellten Grenzwerte für Spannung und Frequenz.	Damit das Netzmanagement eine gültige Spannung erkennt, muss das öffentliche Stromnetz für eine Mindestzeit innerhalb der Grenzwerte für Spannung und Frequenz liegen. Wenn das Netzmanagement eine gültige Spannung erkennt, synchronisiert der Sunny Island das Ersatzstromnetz auf das öffentliche Stromnetz.	
Das Ersatzstromnetz ist synchronisiert.	Der Sunny Island schaltet das Ersatzstromnetz auf das öffentliche Stromnetz.	Geschlossen, das Ersatzstromnetz ist mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden.
Das Ersatzstromnetz ist auf das öffentliche Stromnetz geschaltet.	Das öffentliche Stromnetz speist Strom in das Ersatzstromnetz.	
Das Netzmanagement fordert das öffentliche Stromnetz nicht mehr an.	Der Sunny Island trennt das Ersatzstromnetz vom öffentlichen Stromnetz und versorgt das Ersatzstromnetz weiter.	Offen, das Ersatzstromnetz ist nicht mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden.

5.6 Weitere Informationen zu Clustern

Cluster in 1-phasigen Single-Cluster-Systemen

Gerätetyp	Mögliche Gerätetypen innerhalb eines Clusters	Erklärung
SI4.4M-12	–	Der Gerätetyp SI4.4M-12 darf nicht im 1-phasigen Single-Cluster-System eingesetzt werden.
SI6.0H-12	SI6.0H-12 oder SI8.0H-12	Ein Cluster kann aus einem Gerätetyp oder aus beiden Gerätetypen bestehen. Wenn beide Gerätetypen innerhalb des Clusters eingesetzt werden, muss der Master vom Gerätetyp SI8.0H-12 sein.
SI8.0H-12	SI6.0H-12 oder SI8.0H-12	

Cluster in 3-phasigen Single-Cluster-Systemen

Gerätetyp	Mögliche Gerätetypen innerhalb eines Clusters	Erklärung
SI4.4M-12	SI4.4M-12	Innerhalb eines Clusters darf ausschließlich der Gerätetyp SI4.4M-12 eingesetzt werden.
SI6.0H-12	SI6.0H-12 oder SI8.0H-12	Ein Cluster kann aus einem Gerätetyp oder aus beiden Gerätetypen bestehen. Wenn beide Gerätetypen innerhalb des Clusters eingesetzt werden, muss der Master vom Gerätetyp SI8.0H-12 sein.
SI8.0H-12	SI6.0H-12 oder SI8.0H-12	

Cluster in Multiclustern-Systemen

Gerätetyp	Mögliche Gerätetypen innerhalb eines Clusters	Erklärung
SI4.4M-12	–	Der Gerätetyp SI4.4M-12 darf nicht im Multiclustern-System eingesetzt werden.
SI6.0H-12	SI6.0H-12 oder SI8.0H-12	Innerhalb eines Clusters dürfen ausschließlich Sunny Island des gleichen Gerätetyps eingesetzt sein: SI6.0H-12 oder SI8.0H-12.
SI8.0H-12	SI6.0H-12 oder SI8.0H-12	

Bei der Kombination von mehreren 3-phasigen Clustern zu einem Multiclustern-System muss zusätzlich eine Multiclustern-Box ausgewählt werden (siehe Kapitel 3.3.3, Seite 14).

