

Surplus-Power-Mode (Überschuss-Leistung)

Autor: SW-Nico
Version: 1.1
Stand: 03.12.2024

Was macht der "Surplus-Power-Mode"?

Der "Surplus-Power-Mode" regelt die Inverter-Leistung auf Basis der überschüssigen Solar-Leistung. Überschüssige Solar-Leistung ist immer dann vorhanden, wenn die Batterie fast voll ist und wenn die verfügbare Solar-Leistung höher ist als die Leistung, die im Haushalt verbraucht wird.

Dabei wird immer versucht nur soviel Leistung für Surplus abzuzweigen, das ein Vollladen der Batterie im Tagesverlauf nicht verhindert wird.

Es gibt 2 Stufen (Stage-I und Stage-II), die man unabhängig voneinander aktivieren kann.

Stage-II (MPPT in Absorption- / Float-Mode):

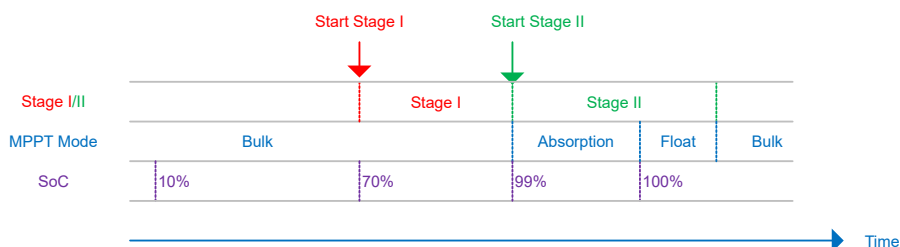
Nur die überschüssige Solarleistung wird für Surplus verwendet. Das Laden der Batterie wird nicht negativ beeinflusst. Die Batterie erreicht den gleichen SoC Wert und wird genauso schnell geladen, wie ohne Aktivierung des Surplus-Power-Mode Stage-II. Dazu muss der MPPT aber erst den Absorption-Mode beziehungsweise den Float-Mode erreichen. Stage-II garantiert also das nur die wirklich überschüssige Solar-Leistung für Surplus verwendet wird.

Stage-I (MPPT in Bulk-Mode):

Mit Stage-I ist es möglich den Surplus-Mode noch früher zu starten. Allerdings geht man hier anders als bei Stage-II das Risiko ein, dass die Batterie nicht vollgeladen wird. Ein Teil der Energie, die normalerweise für das Laden der Batterie bestimmt ist, wird für Surplus abgezweigt. Das Laden der Batterie dauert länger. Trotzdem wird versucht die Batterie im Laufe des Tages auf 100% SoC zu laden. Stage-I funktioniert nur, wenn der MPPT sich im Bulk-Mode befindet.

Wenn beide Stufen aktiviert sind, wird beim Erreichen des Absorption-Mode automatisch von Stage-I in die Stage-II gewechselt.

Damit hat jeder die Möglichkeit den Surplus-Power-Mode an seine Anforderungen und Risikobereitschaft anzupassen.



Der Start SoC Wert für Stage-I ist konfigurierbar. Der Start SoC Wert für Stage-II nicht. Stage-II wird aktiv, wenn der MPPT in den Absorption-Mode wechselt.

Welche Vorteile bringt der "Surplus-Power-Mode"?

Im Prinzip wird mehr Leistung ins AC-Netz einspeist als verbraucht wird!
Jetzt stellt sich vermutlich die Frage: „Warum soll ich Energie verschenken?“

Nun, da hat jeder seine eigene Philosophie. Man muss aber auch bedenken, dass der "Surplus-Power-Mode" nicht nur Energie verschenkt, sondern auch die Rentabilität der Anlage erhöht.

Vorteile:

- Verringerung von Energiebezug aus dem Netz, um Regelverluste auszugleichen
Immer dann, wenn der Verbrauch ansteigt, benötigt die Verbrauchs-Regelung etwas Zeit, um den Inverter nachzustellen. Dieser Energieanteil wird dann vom Netz bezogen.
- Optimiertes Verhalten bei stark schwankenden Lasten
Wenn die maximal mögliche Leistung eingespeist wird, dann ist es egal ob ein Verbraucher Intervall-Leistung zieht. Stichwort: Waschmaschine.
- Aktive Verwendung des Überschusses
Z.B kann man in dieser Zeit Geräte mit internem Akku laden. (Staubsauger, Akkubohrer usw.)

Welche Voraussetzungen gibt es?

Damit der "Surplus-Power-Mode" funktioniert wird zwingend eine Batterie und ein Victron MPPT mit voller VE.Direct Anbindung benötigt (Rx und Tx). Einige Daten kommen nur über das HEX-Protokoll und deshalb muss auch die Transmit-Leitung (Tx) zum MPPT angebunden sein.

Stage-I: MPPT-Mode, Kapazität und SoC der Batterie, Maximale Solarleistung von den MPPTs

Stage-II: MPPT-Mode, Absorption und Float-Voltage von den MPPTs

Wie aktiviere ich den "Surplus-Power-Mode"?

Momentan geht das nur über Code-Änderung. In der Funktion `updateSettings()` die Werte überschreiben und FW bauen.

Wie kann ich feststellen, ob der "Surplus-Power-Mode" an meiner Anlage funktioniert?

Das geht aktuell nur indirekt. Am einfachsten im „Liveview“ prüfen, ob permanent mehr eingespeist wird als benötigt wird und ob die Inverter-Leistung nicht wild rauf und runter geregelt wird.

Was wird im Logging ausgegeben?

Wenn der "Surplus-Power-Mode Stage-I" aktiv ist werden folgende Informationen ausgegeben:

```
[Surplus I] State: Reserve battery power, Surplus power: 250W, Requested power: 57W, Returned power: 250W  
[Surplus I] Solar power: 426W, Reserved power: 124W, Time to absorption: 02:24, Battery SoC: 85.10%  
[Surplus I] Error counter: 0
```

State:	Zeigt den aktuellen Regel-Zustand an.
Surplus power:	Aktuell mögliche surplus power
Requested power:	Leistung die von der „Nulleinspeisung“ (Verbrauch) gefordert wird
Returned Power:	Leistung die im Inverter eingestellt wird
Solar power:	Solarleistung am MPPT Eingang
Reserved Power:	Für die Batterie reservierte Leistungen
Time to absorption:	Zeitdauer bis der MPPT in Absorption geht
Battery SoC:	Aktueller SoC der Batterie
Error counter:	Fehlerzähler

Wenn der "Surplus-Power-Mode Stage-II" aktiv ist werden folgende Informationen ausgegeben:

Surplus II] State: Maximum power, Surplus power: 150W, Requested power: 80W, Returned power: 150W
Surplus II] Regulation quality: Excellent, (Average: 1.00, Min: 1, Max: 1, Amount: 126)
[Surplus II] Target voltage: 28.70V, Battery voltage: 28.79, Average battery voltage: 28.798V
Surplus II] Battery current overrule counter: 0, Error counter: 0

State: Zeigt den aktuellen Regel-Zustand an
Surplus power: Aktuell mögliche surplus power
Requested power: Leistung die von der „Nulleinspeisung“ (Verbrauch) gefordert wird
Returned Power: Leistung die im Inverter eingestellt wird
Regulation quality: Wie gut funktioniert die Regelung
Target voltage: Über dieser Spannung versuchen wir zu bleiben
Battery voltage: Die aktuelle Batteriespannung
Avg Battery voltage: Die Batteriespannung (Durchschnitt)
Overrule counter: Wie oft hat die Batteriestrommessung die Spannungsregelung korrigiert
Error counter: Fehlerzähler

Wird die Batterie im Surplus-Power-Mode" zusätzlich gestresst?

Ich bin kein Batterie-Experte, aber ich denke nein.

Begründung:

- Die Batterie wird nach wie vor mit der konfigurierten Absorption und Float Spannung versorgt.
- Die Batterie wird nach wie vor auf 100% aufgeladen.
- Die Batterie wird nach wie vor seinen Zellausgleich machen können, falls die Batterie dazu die Absorption- oder die Float-Spannung benötigt.
- Der MPPT ist auf diesen Fall ausgelegt. Er muss so oder so mit schwankender Solarenergie und mit schwankender Entnahmeenergie zurechtkommen.

Was ist der Unterschied zum „Full Solar-Passthrough-Mode“?

Der „Full Solar-Passthrough-Mode“ und der "Surplus-Power-Mode" sind im Ergebnis ähnlich haben aber unterschiedliche Ziele und regeln unterschiedlich.

Der "Surplus-Power-Mode" versucht immer eine Vollladung der Batterie nicht zu verhindern.

Stage-II, Geht es auch etwas genauer?

Ich fange mit der einfacheren Stage-II an.

Die Batterie wird als (nahezu) voll angesehen, wenn der MPPT sich im Absorption- oder Float-Mode befindet. Für den Absorption- und dem Float-Mode sind Spannungswerte im MPPT hinterlegt. Entweder als Default oder User-Defined.

In diesen beiden Zuständen verhält sich der Batterie Ausgang des MPPT wie eine konstant Spannungsquelle mit Strombegrenzung. Leider bekommen wir in diesem Zustand vom MPPT keine Information, welche maximale Solar-Leistung entnommen werden könnte sondern nur welche Leistung entnommen wird, und deshalb müssen wir auf ein Näherungsverfahren zurückgreifen, um die maximal mögliche Solarleistung zu ermitteln.

Und das geht so. Wir erhöhen schrittweise die Inverter-Leistung und überprüfen nach jedem Schritt die MPPT-Ausgangsspannung. Wenn die MPPT-Strombegrenzung eingreift, sinkt die MPPT-Ausgangsspannung unter einen Schwellenwert und wir wissen, dass wir dem MPPT mehr Leistung entnehmen als Solar-Leistung zur Verfügung steht.

Dann verringern wir die Inverter-Leistung, bis die MPPT-Ausgangsspannung wieder auf oder über dem Schwellenwert liegt.

Wir haben unser Ziel erreicht und entnehmen den MPPT nun so viel Energie wie aktuell möglich ist. Nach ca. 1 Minute versuchen wir es wieder, und testen, ob die Leistung noch weiter erhöht werden kann.

Der MPPT-Mode, die Absorption- und die Float-Spannung werden vom MPPT eingelesen. Die Schrittweite des Näherungsverfahrens wird aus dem „Maximalen Leistungslimit“ berechnet. Schrittweite = „Maximales Leistungslimit“ / 20. Bei 600W ist die Schrittweite also 30W.

Zusammenfassend kann man festhalten:

- Kein Risiko, das die Batterie nicht voll wird
- Die Konfiguration begrenzt sich auf „Aktivieren“ oder „Nicht Aktivieren“

Stage-I, Wie wird die Surplus Leistung ermittelt?

In Stage-I ist die Regelung sehr einfach, weil der MPPT sich im Bulk-Mode befindet und damit auch automatisch Daten über die maximale Solar-Leistung liefern kann. Die Schwierigkeit liegt in der Vorhersage: „Wieviel Energie kann ich von der eigentlich für die Batterie bestimmten Energie abzweigen und trotzdem im Tagesverlauf die Vollladung erreichen“. Ein fester oder prozentualer Wert ist nicht zielführend, weil dabei die wichtige Komponente Zeit nicht berücksichtigt wird. Deshalb erfolgt die Entscheidung ob und wie viel Energie für Surplus zur Verfügung steht über eine Berechnung, die als Basis die noch „Fehlende Batterie-Energie“ und die „Verbleibende Zeit“ bis zum Sonnenuntergang verwendet.

Die „Fehlende Batterie-Energie“ = „Batterie Kapazität“ * („Absorption SoC“ – „Aktuelle SoC“).
*Beispiel: „Fehlende Batterie-Energie“ = 2500Wh * (95% - 80%) = 375Wh.*

Die „Verbleibende Zeit“ = „Sonnenuntergang“ – „Absorption Zeitdauer“ – „Aktuelle Zeit“.
Beispiel: „Verbleibende Zeit“ = 19:00h – 2h – 15:00h = 2h.

Aus diesen beiden Werten lässt sich eine für die Batterie zu reservierende Leistung berechnen. „Reservierte Leistung“ = „Fehlende Batterie-Energie“ / „Verbleibende Zeit“
Beispiel: „Reservierte Leistung“ = 375Wh / 2h = 187,5W

Bis jetzt ist es einfache Physik, aber jetzt kommen noch die Unsicherheiten dazu:

- Ändert sich das Wetter?
- Ändert sich der Verbrauch?
- Stimmt der SoC?

Es existiert also ein Risiko, das die Batterie im Tagesverlauf entgegen der Berechnung doch nicht vollgeladen wird.

Darum gibt es noch einen konfigurierbaren Sicherheitsfaktor, mit dem man die „Reservierte Leistung“ erhöhen kann. „Reservierte Leistung“ = „Reservierte Leistung“ * „Sicherheitsfaktor“
*Beispiel: „Reservierte Leistung“ = 187,5W * (1 + 20%) = 225W*

Jetzt muss man von der aktuellen Solar-Leistung nur noch die „Reservierte Leistung“ abziehen und erhält die Surplus-Leistung. „Surplus“ = „Solar Leistung“ – „Reservierte Leistung“

Beispiel: „Surplus“ = 400W – 225W = 175W

Die Surplus-Leistung wird regelmäßig neu berechnet und damit an die aktuelle Situation angepasst. Sie kann also über den Tag steigen, fallen, oder auch gleich bleiben. Die Wirkungsgrade von Inverter und MPPT habe ich in den obigen Beispielen nicht berücksichtigt. Im Programm gehen sie in die Berechnung aber mit ein.

Zusammenfassend kann man festhalten:

- Stage-I versucht im Bulk-Mode eine Surplus-Leistung zu berechnen

- Die Vollladung der Batterie wird zeitlich nach hinten verschoben
- Es existiert ein Restrisiko, das die Batterie nicht vollgeladen wird
- Es gibt 2 Stellräder, um das Risiko zu minimieren.
Start SoC. Je höher, desto kleiner ist das Risiko
Sicherheitsfaktor. Je höher, desto kleiner ist das Risiko

Warum sollte ich Stage-I verwenden und ein Risiko eingehen?

Die einfache Antwort lautet: „Weil ich dann die Surplus-Energie“ besser über den Tag verteilen kann.

Zu oberflächlich? Ok, dann nochmal etwas ausführlicher.

Über den Tag gesehen ergibt sich folgende Energie Verteilung (ohne Verluste):

Surplus-Energie = Solar-Energie – Verbrauch-Energie – Mach-Batterie-Voll-Energie.

Beispiel: 10Std Sonne mit konstanten 800W, Verbrauch ist 10Std mit konstanten 300W, Batterie benötigt noch 4000Wh um 100% SoC zu erreichen.

Surplus-Energie = $10h \times 800W - 10h \times 300W - 4000Wh = 1000Wh$.

Über den Tag gesehen hätte ich also theoretisch 1000Wh Surplus-Energie zur Verfügung.

Wenn ich nur Stage-II aktivierte, dann ist die Batterie nach 8 Std voll. Und für die restliche Zeit bis zum Sonnenuntergang stehen mir dann die 1000Wh zur Verfügung. Das ergibt dann 500W Surplus-Leistung für 2 Stunden.

Wenn ich zusätzlich Stage-I aktiviere, dann stehen mir die 1000Wh früher (steuerbar über die Start SoC) zur Verfügung. Zum Beispiel schon ab 4Std vor Sonnenuntergang. Das gibt dann 250W für 4Stunden.

Die Surplus-Energie bleibt gleich, aber ich kann sie früher nützen.

Dazu kommen dann noch weitere technische Einschränkungen. Ich bleibe mal bei dem Beispiel und füge einen Inverter mit einer maximalen Leistung von 600W hinzu.

Wenn nur Stage-II aktiviert ist, dann kann von den 1000Wh Surplus-Energie nur 600Wh genutzt werden. Weil die Verbrauch-Leistung plus Surplus-Leistung die 600W Inverter-Leistung überschreitet ($300W+500W=800W$)

Surplus-Energie = $(600W - 300W) * 2h = 600Wh$.

Wenn ich zusätzlich Stage-I nutze, dann habe ich kein Problem ($300W+250W=550W$).

Surplus-Energie = $250W * 4h = 1000Wh$.

Zusammenfassend kann man für Stage-I festhalten:

- Die Surplus-Energie bleibt gleich
- Die Energie kann über einen längeren Zeitraum verteilt werden
- Technische Einschränkungen lassen sich damit leichter umgehen
- Ja es hat Vorteile, aber nicht unbedingt für jedes System

Wie schaut das in der Praxis aus?

Beispiel 1:

Die Solar-Leistung beträgt maximal 2000W, der Inverter kann maximal 800W, die Batterie hat 2500Wh, Es ist ein sonniger Tag und Surplus Stage II startet bei 70% SoC um 15:00 Uhr. Sonnenuntergang um 19:00Uhr.

Bei diesem Überangebot an Solarenergie errechnet sich eine Reserve Leistung von ca 200W und eine Surplus-Leistung von 1800W.

Ergebnis:

- Die Batterie wird auf 100% SoC geladen.
- Der Inverter wird für einige Stunden voll (800W) angesteuert.

Beispiel 2:

Gleiche Anlage, schlechtes Wetter (1000W), die 70% SoC werden erst 30 Minuten vor Sonnenuntergang erreicht. Jetzt berechnet die Regelung das für die Batterie eine Reserve von $2500\text{Wh} \times (100\% - 70\%) / 0.5\text{h} = 1500\text{W}$ vorgehalten werden müsste. Die 1000W Solarleistung reichen also nicht um die Batterie in 30 Minuten auf 100% SoC zu laden.

Ergebnis:

- Weder Solar Stage-I noch Stage-II werden aktiv.

Wer mag testen?

Bei meiner Anlage ist die MPPT-Leistung größer als die Inverter-Leistung. Deshalb regelt der "Surplus-Power-Mode" bei schönem Wetter schnell auf die maximale Inverter-Leistung und folgt dann abends gemütlich der sinkenden Sonnenleistung.

Deshalb interessiert mich hauptsächlich der umgekehrte Fall, wenn der Inverter mehr Leistung als der MPPT kann und die Regelung fortlaufend der Sonnenenergie folgen muss.

Wie ist der aktuelle Stand der Implementierung?

Stage-I und Stage-II laufen auf meinem System seit Sommer 2024.

Über die Web-Oberfläche kann (noch) nichts konfiguriert werden.

Im Sourcecode habe ich einige Stellen mit „todo“ gekennzeichnet.

Sind Probleme zu erwarten?

Vom Prinzip her sind Regelungen über mehrere Geräte hinweg immer problematisch. Zeitlich sehe ich keine Probleme. Die Surplus Leistung ist nicht an eine schnelle Änderung der Verbrauchsleistung gekoppelt. Bei schnellen Änderungen der Solarleistung wird entweder kurzzeitig Leistung aus der Batterie entnommen oder nicht die volle verfügbare Solarleistung weitergegeben. Beides ist nicht wirklich ein Problem.

Etwas Bedenken habe ich nur in Stage-II bei der Regelung über die MPPT Spannung. Bei sehr großen Batterien mit sehr kleinem Innenwiderstand besteht die Gefahr das die Spannungsunterschiede zu gering sind und die Regelung nicht auf die volle verfügbare Solarleistung regelt. Eine Alternative wäre die Regelung über die Strombegrenzung des MPPT.

Vergleich zwischen den verschiedenen Inverter Regelungen

Ich habe mich in der folgenden Übersicht auf das wesentliche begrenzt und zusätzliche Bedingungen bewusst weggelassen, um die Tabelle nicht unnötig zu überladen.

	Nulleinspeisung	Solar-Passthrough	Full Solar-Passthrough	Surplus (Stage-I)	Surplus (Stage-II)
Ziel / Absicht	Der Bedarf wird gedeckt. Keine Einspeisung in das öffentliche Netz	Die Batterie im „Charge-Cycle“ nicht entladen aber versuchen den Bedarf zu decken	Die Batterie nicht über einen definierten SoC Wert laden (6)	Regelverluste vermeiden, wenn ausreichend Solarleistung vorhanden ist (3)	Regelverluste vermeiden, wenn überschüssige Solarleistung vorhanden ist (3)
Prinzip der Regelung	Der Inverter wird über den Bedarf/Powermeter geregelt	Der Inverter wird auf die kleinere der beiden Leistungen Bedarf oder Solarleistung geregelt	Der Inverter wird auf die größere der beiden Leistungen Bedarf oder Solarleistung geregelt	Der Inverter wird auf die größere der beiden Leistungen Bedarf oder Solarleistung geregelt	Der Inverter wird auf die größere der beiden Leistungen Bedarf oder Solarleistung geregelt
Einhaltung der Nulleinspeisung	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Inverter aktiv	Charge-Cycle: Nein Discharge-Cycle: Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Deckt den Bedarf	Charge-Cycle: Nein Discharge-Cycle: Ja (1)	Charge-Cycle: Bedingt (7) Discharge-Cycle: Ja (1)	Ja (1)	Ja (1)	Ja (1)
Entladen der Batterie zur Deckung des Bedarfs erlaubt	Charge-Cycle: Nein Discharge-Cycle: Ja	Charge-Cycle: Nein Discharge-Cycle: Ja	Ja	Ja	Ja
Batterie auf 100% laden	Ja	Ja	Nein (6)	Ja (10)	Ja (5)
Funktioniert im Bulk-Mode	Ja	Ja	Ja	Ja (4)	Nein
Funktioniert im Absorption-Mode	Ja	Ja	Bedingt (2)	Nein	Ja (9)
Funktioniert im Float-Mode	Ja	Ja	Bedingt (2)	Nein	Ja (9)
Kombinierbar mit anderen Regelungen	Mit allen anderen Regelungen	Mit allen anderen Regelungen	Nicht mit „Surplus“	Nicht mit „Full Solar“	Nicht mit „Full Solar“ (8)

Stand: 27.08.2024

- (1) Im Rahmen der Inverter Min- Max-Grenzen
- (2) Das Ergebnis der Regelung ist etwas zufallsbedingt. Wird über den Wert „Total DC input power“ vom MPPT geregelt
- (3) Es gibt 2 Arten von Regelverlusten. Statische: Bei positiven Netzbezug. Dynamische: Immer dann, wenn der Bedarf ansteigt, benötigt die Regelung etwas Zeit, um den Inverter nachzustellen. Dieser Energieanteil wird dann vom Netz bezogen. Die Regelverluste sind bei stark schwankenden Lasten besonders hoch. (Waschmaschine)
- (4) Regelung über „Total DC input power“ vom MPPT und die fehlende Batteriekapazität um 100% SoC zu erreichen
- (5) Kein Unterschied zur Nulleinspeisung. Das Laden der Batterie wird nicht negativ beeinflusst
- (6) Funktioniert nur wenn die Inverter Leistung größer als die Solarleistung ist
- (7) Der Bedarf wird nicht gedeckt, wenn der Bedarf höher ist als die Solarleistung
- (8) Der „Surplus Power Mode Stage-II“ ist wie ein Zusatz der nur im Absorption Mode“ oder im „Float Mode“ aktiv wird
- (9) Regelung über die MPPT Batterie Spannung. Der Wert „Total DC input power“ vom MPPT wird nicht benötigt
- (10) Es wird versucht eine Vollladung der Batterie zu erreichen. Es ist aber nicht immer möglich ein Restrisiko besteht