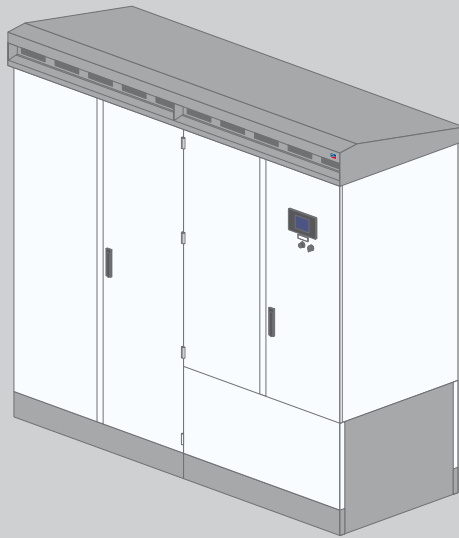


Q at Night

Blindleistung außerhalb des Einspeisebetriebs bei

SUNNY CENTRAL der Baureihen CP XT, CP-JP und CP-US



Inhalt

Es besteht im öffentlichen Stromnetz grundsätzlich der Bedarf nach Blindleistung und auch teilweise die Anforderung, Instabilitäten im öffentlichen Stromnetz durch Einspeisung von Blindleistung zu vermeiden. Diese Aufgabe können die Wechselrichter der Baureihen CP XT, CP-JP und CP-US mit Systemkomponenten der SMA Solar Technology AG beziehungsweise von SMA America, LLC. erfüllen und auch außerhalb der Einspeisezeiten Blindleistung bereitstellen.

1 Bereitstellen von Blindleistung

Was sind Wirkleistung und Blindleistung?

Elektrische Leistung ist das Produkt aus Strom und Spannung. Während beim Gleichstrom Strom und Spannung statische Werte haben, verhält es sich beim Wechselstrom komplizierter: Stärke und Richtung von Stromfluss und Spannung ändern sich regelmäßig. Im öffentlichen Stromnetz haben beide einen sinusförmigen Verlauf, so dass das Produkt folglich eine pulsierende Leistung ist.

Dabei ist es aber entscheidend, ob Strom und Spannung phasenverschoben sind oder nicht. Ohne Phasenverschiebung, das heißt Strom und Spannung erreichen gleichzeitig ihre Maximal- und Minimalwerte, schwankt die Leistung zwischen Null und dem positiven Maximalwert. Im zeitlichen Durchschnitt ergibt sich ein positiver Leistungswert, es entsteht ausschließlich Wirkleistung P . Ein solches Verhalten tritt nur auf, wenn sich ausschließlich lineare Verbraucher im Netz befinden. Die Wirkleistung ist der nutzbare Teil der Energie, die sich im öffentlichen Stromnetz befindet.

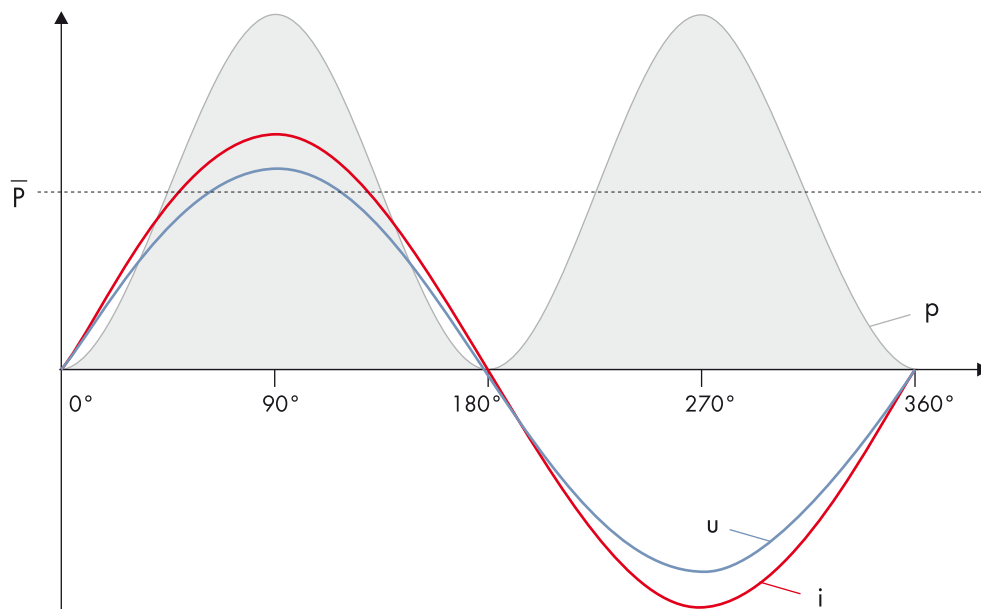


Abbildung 1: Reine Wirkleistung: Strom und Spannung sind in Phase

Bei einer Phasenverschiebung von 90° , das heißt dass das Maximum des Stroms beim Nulldurchgang der Spannung auftritt, nimmt die Leistung dagegen abwechselnd positive und negative Werte an. Der zeitliche Durchschnitt ist daher Null. Man spricht von Blindleistung Q , die quasi in den Leitungen „hin- und herpendelt“. Die Blindleistung verbraucht sich nicht und belastet das öffentliche Stromnetz.

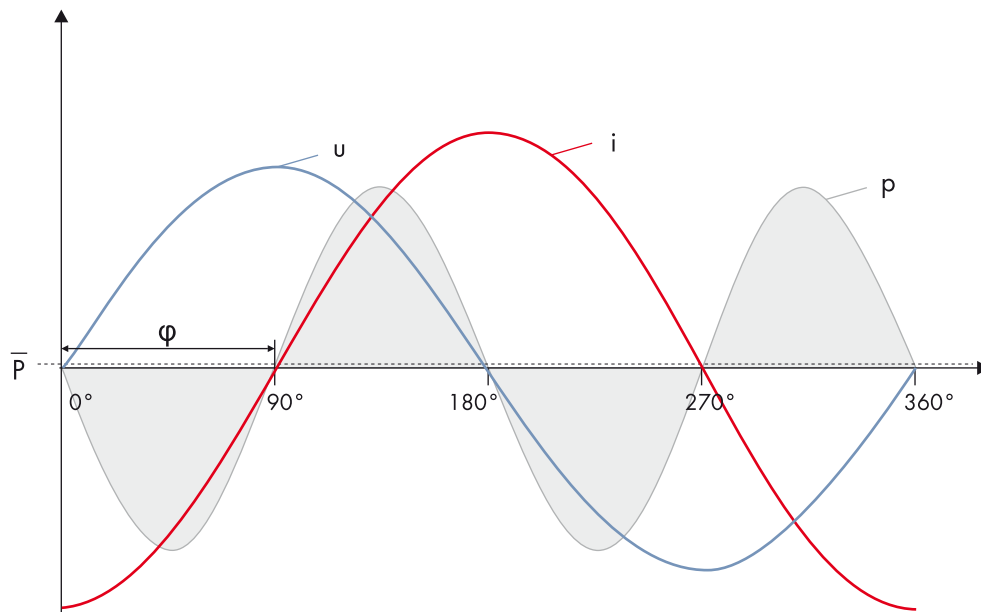


Abbildung 2: Reine Blindleistung: Strom und Spannung sind 90° phasenverschoben

Bei geringeren Phasenverschiebungen ergibt sich eine Mischung aus Wirk- und Blindleistung. Dieses Verhalten tritt auf, wenn sich induktive oder kapazitive Verbraucher im Netz befinden. Die Verschiebung zwischen Strom und Spannung wird mit dem Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$ angegeben.

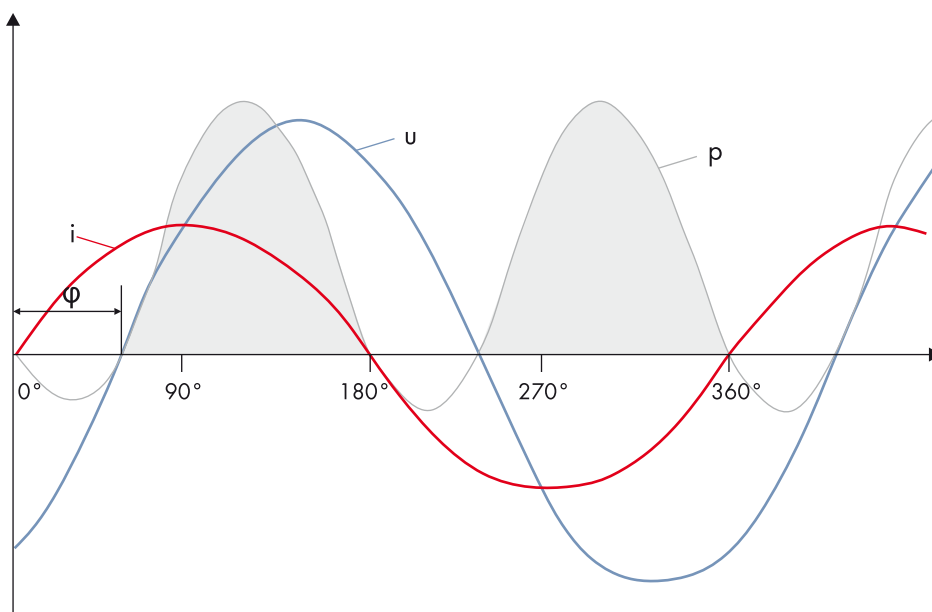


Abbildung 3: Scheinleistung: Strom und Spannung sind phasenverschoben und reduzieren damit die Wirkleistung

Die Summe aus Wirk- und Blindleistung ist die so genannte Scheinleistung S . Dabei ist zu beachten, dass sie nicht normal addiert werden, sondern geometrisch: Wirk- und Blindleistung bilden die Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks, die Hypotenuse entspricht der Scheinleistung. Der Cosinus des Winkels zwischen Wirk- und Scheinleistung ist der Verschiebungsfaktor.

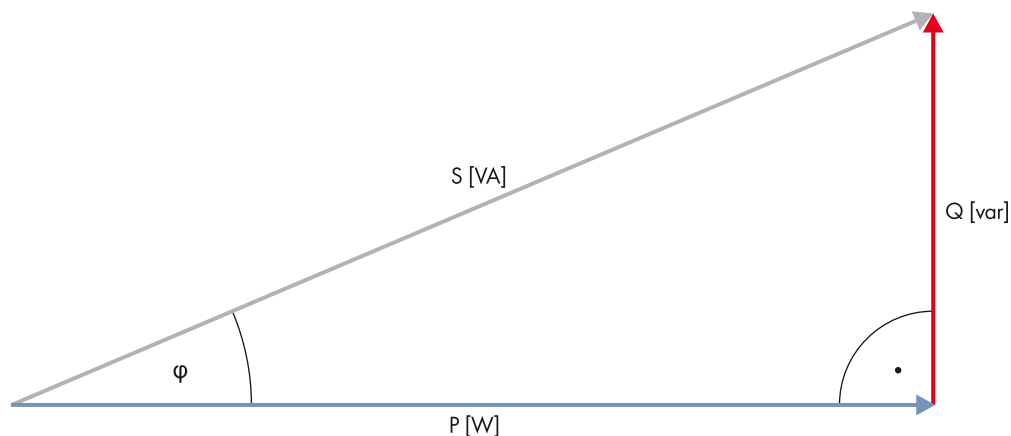


Abbildung 4: Geometrische Addition von Wirk- und Blindleistung

Wie entsteht Blindleistungsbedarf?

Überall dort, wo in großen Kraftwerken Strom erzeugt wird, entsteht auch Blindleistung. Blindleistung belastet das öffentliche Stromnetz, ohne einen Beitrag zum Energietransport zu leisten. Daher ist es notwendig, das öffentliche Stromnetz durch Kompensation der Blindleistung zu stabilisieren.

Wie wird Blindleistung kompensiert?

Um ein stabiles öffentliches Stromnetz sicherzustellen, fordern die Netzbetreiber, dass sich Energieerzeuger an der Kompensation der Blindleistung beteiligen. Tagsüber stellt das kein Problem dar: Die Wechselrichter der Baureihen CP XT, CP-JP und CP-US können im Einspeisebetrieb Blindleistung erzeugen.

Wenn auch außerhalb des Einspeisebetriebes Blindleistung kompensiert werden soll, gab es bisher nur die Lösung, kostenintensive Kompensationsanlagen zu errichten. Diese Kompensationsanlagen ermöglichen eine statische oder dynamische Erzeugung von Blindleistung. Statisch bedeutet in diesem Fall, dass der Netzbetreiber einen Blindleistungssollwert vorgibt, der in dieser Anlage ohne Berücksichtigung anderer Anforderungen umgesetzt wird. Bedarfsgerechte Blindleistung wird in dynamischen Kompensationsanlagen erzeugt.

Mit der Option „Q at Night“ gibt es eine weitere Variante: Die Wechselrichter der Baureihen CP XT, CP-JP und CP-US können nun auch nachts kompensierende Blindleistung bereitstellen. Es wird dann reine Blindleistung in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Dadurch entfallen Kosten, die durch den notwendigen Fremdbezug von Blindleistung entstehen würden. Darüber hinaus ist es auch möglich, durch zusätzlich angebotene Blindleistung den Bedarf weiterer Erzeuger zu kompensieren. Es bietet sich damit eine weitere Einnahmequelle.

2 Technische Grundlagen

2.1 Anpassungen an der PV-Anlage

Damit die PV-Anlage auch während der Nachtstunden Blindleistung einspeisen kann, muss der Wechselrichter mit der Option „Q at Night“ ausgestattet sein. Bei manchen MV-Transformatoren muss die Verbindung zwischen Wechselrichter und dem MV-Transformator angepasst werden.

Option „Q at Night“ im Wechselrichter

Sunny Central mit der Option „Q at Night“ enthalten zusätzliche Hardware-Komponenten, die den Einspeisebetrieb auch ohne anliegende DC-Spannung ermöglichen.

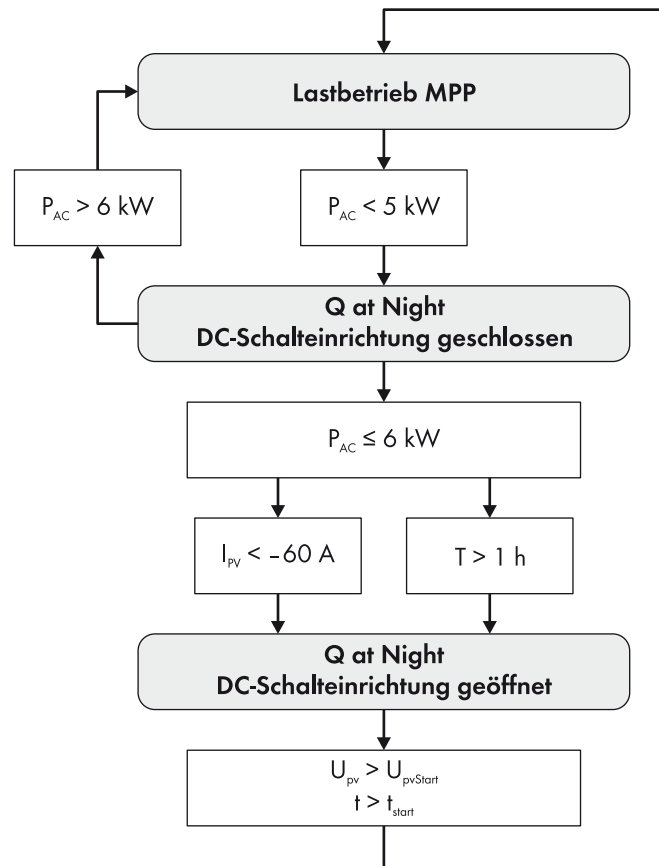
Für den Betrieb im „Q at Night“-Betrieb durchläuft der Wechselrichter einen weiteren Betriebszustand und nutzt zusätzliche Parameter, mit denen das Verfahren und die Grenzen der Blindleistungserzeugung eingestellt werden. Der „Q at Night“-Betrieb kann über einen Parameter aktiviert werden.

Verbindung zwischen Wechselrichter und MV-Transformator

Gesamtsysteme mit Sunny Central mit der Option „Q at Night“ und der MV Power Station können ohne weitere Vorbereitungen im „Q at Night“-Betrieb arbeiten.

Während des „Q at Night“-Betriebs besteht eine zusätzliche thermische Belastung. Um die thermische Überlastung der Kabelverbindung zwischen Wechselrichter und MV-Transformator zu vermeiden, kann es projektspezifisch notwendig sein, in der Verbindung zwischen Wechselrichter und kundenseitigem Transformator einen erweiterten Kabelsatz zu verwenden. Die Notwendigkeit des erweiterten Kabelsatzes muss mit SMA Solar Technology AG abgestimmt werden.

2.2 Verhalten des Wechselrichters



Wenn die erzeugte AC-Leistung des Wechselrichters den Wert von 5 kW unterschreitet, geht der Wechselrichter aus dem Einspeisebetrieb in den „Q at Night“-Betrieb über. Der Wechselrichter speist entsprechend den gesetzten Parametern Blindleistung ein. Da dieser Zustand auch im Laufe des Tages eintreten kann, bleibt die DC-Schalteinrichtung zunächst geschlossen, um unnötige Schaltvorgänge der DC-Schalteinrichtung zu vermeiden. Wenn sich der Wechselrichter 1 Stunde im „Q at Night“-Betrieb befindet oder der DC-Strom unter -60 A sinkt, öffnet sich die DC-Schalteinrichtung. Der Wechselrichter speist weiterhin Blindleistung ein.

Wenn die Einspeisung von Blindleistung nach einem Netzfehler unterbrochen wird und das AC-Schütz geöffnet wurde, während die DC-Schalteinrichtung geöffnet ist, wird zunächst der DC-Kreis vorgeladen. Damit wird die Belastung der elektronischen Bauteile reduziert. Dieser Vorgang dauert maximal eine Minute. Wenn der DC-Kreis ausreichend vorgeladen ist, wird das AC-Schütz geschlossen und der Wechselrichter überwacht die Netzgrenzen. Wenn alle Einspeisebedingungen erfüllt sind, beginnt der Wechselrichter innerhalb einer Minute wieder mit dem Einspeisen von Blindleistung.

Während der Wechselrichter Blindleistung einspeist, überwacht der Wechselrichter parallel immer, ob die Bedingungen für die Einspeisung von Wirkleistung erfüllt sind. Wenn die Einspeisebedingungen erfüllt sind, schließt der Wechselrichter die DC-Schalteinrichtung und wechselt in den Einspeisebetrieb.

2.3 Blindleistungsvorgaben

Analog zum normalen Einspeisebetrieb können Sie das Verfahren zur Blindleistungsregelung im „Q at Night“-Betrieb über den Parameter **QoDQ-VArMod** einstellen. Folgende Verfahren stehen zur Auswahl:

Verfahren	Beschreibung
Off	Der Blindleistungssollwert wird auf 0 kVAr geregelt.
VArClCom	Der Blindleistungssollwert wird über eine externe Steuereinheit, z. B. die Power Reducer Box oder den Power Plant Controller, empfangen und an den Wechselrichter weitergegeben.
VArCnst	Der Blindleistungssollwert wird in kVAr über den Parameter Q-VAr vorgegeben. Wenn die Blindleistungssollwerte als feste Werte über einen Parameter vorgegeben werden sollen, können für den normalen Einspeisebetrieb und den „Q at Night“-Betrieb unterschiedliche Werte eingegeben werden.
VArCnstNom	Der Blindleistungssollwert wird in % über den Parameter Q-VArCnst vorgegeben.
VArCnstNomAnIn	Der Blindleistungssollwert wird über einen analogen Eingang eingelesen. Der Analogwert wird in einen Blindleistungssollwert umgerechnet.
VArCnstVol	Der Blindleistungssollwert wird abhängig von der Netzspannung vorgegeben.
VArCnstVolHystDb	Der Blindleistungssollwert wird abhängig von der Netzspannung über eine Blindleistungs-/Spannungskennlinie vorgegeben. Dabei wird für beide Betriebszustände die gleiche Blindleistungs-/Spannungskennlinie verwendet.

Die Verfahren zur Blindleistungsregelung können für den normalen Einspeisebetrieb und den „Q at Night“-Betrieb unabhängig gewählt werden. Folgende Kombinationen der Verfahren sind möglich:

		Q at Night		
		Qfest_nacht Eingabe in VAr oder % von Pmax	Qextern Vorgabe über Modbus oder analogen Eingang	Q(U)_nacht Eingabe mit und ohne Totband
Ein- speise- betrieb	Qfest Eingabe in VAr oder % von Pmax	Ja (Unterschiedliche Vorgaben möglich)	Ja (Empfehlung: Vorgabe immer über externe Q-Sollwertvorgabe)	Ja
	Qextern Vorgabe über Modbus oder analogen Eingang	Ja	Ja Bevorzugte Variante	Ja (Empfehlung: Vorgabe immer über externe Q-Sollwertvorgabe)
	Q(U)_nacht Eingabe mit und ohne Totband	Ja	Ja (Empfehlung: Vorgabe immer über externe Q-Sollwertvorgabe)	Ja (Gleiche Kennlinie für Einspeisebetrieb und „Q at Night“-Betrieb)
	Cosp fest	Ja	Ja	Ja
	Cosp extern Vorgabe über Modbus oder analogen Eingang	Ja	Nein (Vorgabe erfolgt über gleichen Eingang)	Ja (Empfehlung: Vorgabe immer über externe Q-Sollwertvorgabe)
	Cosp(P)	Ja	Ja (Empfehlung: Vorgabe immer über externe Q-Sollwertvorgabe)	Ja

i Reduzierung von Netzurückwirkungen in großen Anlagen

Um in großen PV-Kraftwerken Netzurückwirkungen beim Wechsel vom Nachtbetrieb in den Tagbetrieb zu reduzieren, wird empfohlen, für den Tagbetrieb und den Nachtbetrieb die Q-Sollvorgaben über die Modbus-Kommunikation zu nutzen.

2.4 FRT-Einschränkung

Bei der vollständigen dynamischen Netzunterstützung (FRT) stützt der Sunny Central während des normalen Einspeisebetriebes das öffentliche Stromnetz während eines kurzzeitigen Netzspannungseinbruchs durch das Einspeisen von Blindleistung.

Wenn der Sunny Central im „Q at Night“-Betrieb arbeitet, stützt der Wechselrichter das öffentliche Stromnetz während eines kurzzeitigen Netzspannungseinbruchs mit der eingeschränkten dynamischen Netzstützung (LVRT). Dabei unterbricht der Sunny Central zwar das Einspeisen von Blindleistung, trennt sich aber nicht vom Netz und überwacht die Netzparameter, um nach dem Ende des Spannungseinbruchs wieder mit dem Einspeisen beginnen zu können.

2.5 Schutz vor Rückströmen

Um den Wechselrichter und den PV-Generator vor zu hohen Rückströmen während des „Q at Night“-Betriebes zu schützen, können Sie über den Parameter **QoDInvCurPv** den maximal zulässigen Rückstrom begrenzen. Es wird empfohlen, die Default-Einstellung von -60 A beizubehalten. Dadurch wird die Anzahl der Schaltspiele der DC-Schaltanlage nicht unnötig erhöht.

3 Besonderheiten

Bei der Entscheidung, ob die Option „Q at Night“ für Ihr Projekt geeignet ist, sollten Sie verschiedene Aspekte betrachten. In den folgenden Kapiteln werden diese Themen erläutert.

3.1 Begrenzung der Blindleistung im „Q at Night“-Betrieb

Zum Schutz des MV-Transformators ist die maximal mögliche Blindleistung im „Q at Night“-Betrieb begrenzt. 30 % der Nennleistung des Wechselrichters können eingespeist werden. Die entsprechenden Grenzen sind in den Parametern fest eingestellt.

Trotz der reduzierten Leistung kann es im Betriebszustand „Q at Night“ zu Geräuschbelastung kommen.

3.2 Nachrüstung von bestehenden Anlagen

Sunny Central, die nicht mit der Option „Optiprotect“ ausgestattet sind, können unter Umständen mit den Hardwarekomponenten für die Option „Q at Night“ nachgerüstet werden. Die neuen Parameter werden durch ein Update der Firmware bereitgestellt.

Um die thermische Überlastung der Kabelverbindung zwischen Wechselrichter und MV-Transformator zu vermeiden, kann es projektspezifisch notwendig sein, in der Verbindung zwischen Wechselrichter und kundenseitigem Transformator einen erweiterten Kabelsatz zu verwenden. Die Notwendigkeit des erweiterten Kabelsatzes muss mit SMA Solar Technology AG abgestimmt werden.

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich an die SMA Service Line.

3.3 Wirtschaftlichkeit der Option „Q at Night“

Die Investitionskosten der Option „Q at Night“ sind im Vergleich zu den Kosten für Kompensationsanlagen wesentlich niedriger. Dabei ist besonders die Ersparnis gegenüber dynamischen Kompensationsanlagen erheblich.

Für die Eigenversorgung des Wechselrichters auch in den Nachtstunden muss mit zusätzlichen Betriebskosten gerechnet werden.