

## Neue Vorschriften für Photovoltaikanlagen ab 1. Januar 2012

Die Menge des in Deutschland produzierten Sonnenstroms wächst nach wie vor. Ende 2011 meldete die Bundesnetzagentur eine bundesweit installierte Kapazität von rund 25 Gigawatt. Um den stetigen Zubau von Photovoltaikanlagen, die überwiegend in das Niederspannungsnetz einspeisen, weiterhin gewährleisten zu können, werden nun technische Maßnahmen gefordert, mit denen sich auch kleine und mittlere Photovoltaikanlagen an der Stabilisierung der Netze auf der untersten Ebene des Verbundnetzes beteiligen sollen. Aus diesem Grund gelten seit dem 1. Januar 2012 <sup>\*)</sup> zwei neue Vorschriften <sup>\*\*)</sup> für den Anschluss von Photovoltaikanlagen an das Niederspannungsnetz:

### 1. Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2012)

#### 1.1 Ferngesteuerte Leistungsbegrenzung

Das EEG 2012 fordert in § 6 Abs. 2, dass sich alle Photovoltaikanlagen mit einer installierten Leistung **bis 100 Kilowatt (kW)** am sogenannten **vereinfachten Einspeisemanagement** beteiligen. Das bedeutet, die Anlagen müssen im Falle von Netzüberlastungen seitens des Netzbetreibers ferngesteuert heruntergeregelt werden können. Dafür kommt bei den Netzbetreibern üblicherweise ein Funk-Rundsteuersignal zum Einsatz – ähnlich dem Signal von Funkuhren. Ein entsprechender Rundsteuerempfänger muss vom zuständigen Netzbetreiber erworben werden. Die Preise hierfür können je nach Anbieter von ca. 250,- € bis hin zu 1.000,- € variieren. Kommt ein anderer Übertragungsstandard, wie z.B. GPRS-basierte Fernwirktechnik zum Einsatz, können auch leicht 2.000,- € erreicht werden. In den meisten Fällen ist zusätzlich eine Anlagenkommunikationseinheit (z.B. SolarLog<sup>TM</sup> PM+) erforderlich, die das Signal des Rundsteuerempfängers in entsprechende Steuerbefehle zur Absenkung der Einspeisung für die Wechselrichter übersetzt. Typisch für diese Absenkung sind Stufen von 100 %, 60 %, 30 % und 0 % der *Wirkleistung* (vgl. Begriffserklärungen am Ende der Broschüre). Als kostengünstigere Variante ist auf Empfehlung des Forums Netztechnik / Netzbetrieb im VDE (FNN) auch die Verbindung des Rundsteuerempfängers mit einem einfachen AC-Schütz denkbar, was die Schaltzustände 100 % und 0 % erlaubt – vorausgesetzt der Netzbetreiber unterstützt dies.

Im Gegensatz zum vereinfachten Einspeisemanagement müssen Anlagen mit **über 100 kW** installierter Leistung nach § 6 Abs. 1 zusätzlich zur ferngesteuerten Leistungsbegrenzung dem Netzbetreiber auch die Möglichkeit bieten, die aktuelle Ist-Einspeisung abzurufen. In der Regel erfolgt dies durch eine Lastgangmessung mit Fernauslesung. Der entsprechende Lastgangzähler kann bei den meisten Netzbetreibern gemietet werden.

Wenn der Fall eintritt, dass der Netzbetreiber Gebrauch von der ferngesteuerten Leistungsbegrenzung macht, steht dem Anlagenbetreiber nach § 12 eine Entschädigung von 95 Prozent der dadurch entgangenen Einnahmen zu. Sollten die entgangenen Einnahmen mehr als ein Prozent der Jahreseinnahmen betragen, wird er zu 100 Prozent entschädigt.

#### 1.2 Generelle Leistungsbegrenzung auf 70 Prozent

Für kleinere Photovoltaikanlagen bis zu einer installierten Nennleistung von maximal **30 kW** bietet das EEG dem Anlagenbetreiber die Wahl: Alternativ zur ferngesteuerten Leistungsbegrenzung (s.o.) besteht die Möglichkeit, die Wirkleistung der Anlage am Netzverknüpfungspunkt konstant auf 70 Prozent der

\*) Stand der Informationen: März 2012

\*\*) Je nach Netzbetreiber werden die hier beschriebenen Vorschriften unterschiedlich umgesetzt, bzw. gehandhabt. Daher ist es in jedem Falle ratsam, Rücksprache mit seinem Netzbetreiber zu halten und sich ggf. schriftliche Bestätigungen einzuholen.

installierten Modulleistung zu begrenzen. Demnach dürfte also beispielsweise eine Anlage mit einer installierten Nennleistung von 10 Kilowatt noch maximal 7 Kilowatt in das Stromnetz einspeisen (vgl. Abbildung 1). Die übrigen 30 Prozent werden im Wechselrichter gekappt. Sofern der Einspeisezähler mit einer S0-Schnittstelle ausgestattet ist, bieten erste Anlagenkommunikationseinheiten die Möglichkeit, diese 30 Prozent vor Ort selbst zu verbrauchen und stellen gleichzeitig sicher, dass im Falle von unzureichendem Eigenverbrauch dennoch nur 7 Kilowatt eingespeist werden. Dennoch empfiehlt sich diese Alternative vorrangig für nicht optimal ausgerichtete Anlagen, die ohnehin nur sehr selten ihre maximal mögliche Leistung erreichen, wie z.B. bei Ost-Westdächern. Speziell Anlagen auf steileren Süddächern mit einer Neigung um die 45° können gerade in den kühleren Übergangsjahreszeiten häufiger ihr Maximum erreichen. Je nach Ausrichtung sind so jährliche Ertragseinbußen von zwei bis neun Prozent möglich, für die es im Gegensatz zur ferngesteuerten Leistungsbegrenzung keinen Anspruch auf Entschädigung gibt.

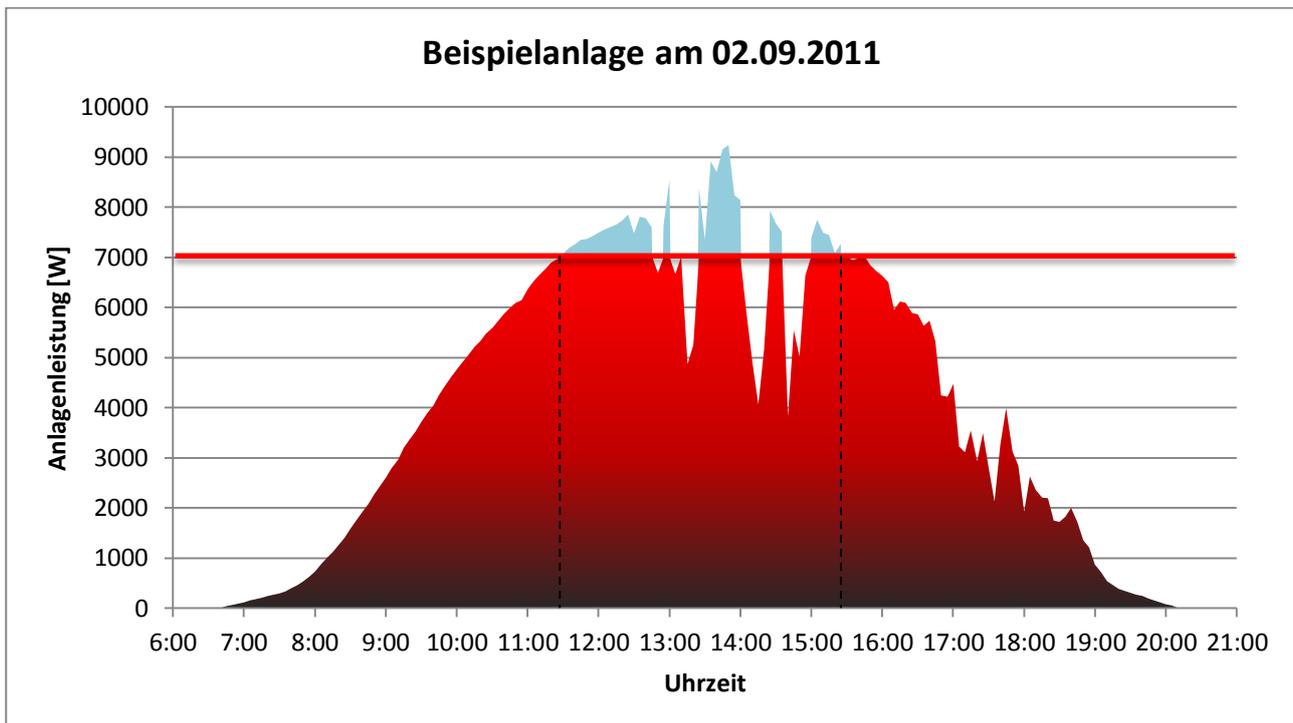


Abbildung 1: Reduzierung der Einspeiseleistung auf 70 % der Generatorleistung bei einer 10 kWp-Anlage. Die Ertragseinbußen zwischen 11.30 Uhr und 15.25 Uhr sind blau markiert.

### 1.3 Nachrüstpflicht

Laut § 66 besteht eine Nachrüstpflicht des oben beschriebenen Einspeisemanagements für **alle** Anlagen mit einer installierten Leistung von **mehr als 100 kW**. Ab dem 1. Juli 2012 müssen demnach alle Anlagen über 100 kW installierter Leistung für das Einspeisemanagement ausgerüstet sein. In der Größenordnung **von 30 bis 100 kW** müssen jene Anlagen mit dem vereinfachten Einspeisemanagement nachgerüstet werden, die nach dem 31. Dezember 2008 ans Netz angeschlossen wurden. Diese Nachrüstung muss ab dem 1. Januar 2014 durchgeführt sein. Für Anlagen zwischen 30 und 100 Kilowatt Leistung, die bereits bis einschließlich 31. Dezember 2008 in betrieb gingen, sowie für alle Anlagen **unter 30 kW** besteht keine Nachrüstpflicht.

### 1.4 Anlagenerweiterung

Bemessungsgrundlage für die anzuwendende Leistungsreduzierung ist die Gesamtgröße aller Anlagenteile, die in den letzten zwölf Monaten in Betrieb genommen wurden. Anzuwenden ist die resultierende Begrenzung dann aber nur auf die tatsächliche Anlagenerweiterung.

## 2. VDE Anwendungsregel „VDE-AR-N 4105“

Die sogenannte VDE-Niederspannungsrichtlinie, die am 1. Januar 2012 in Kraft getreten ist, bringt einige technische Neuerungen mit sich, die für eine Stabilisierung der Netzspannung im Niederspannungsnetz sorgen sollen. Diese Anforderungen betreffen allerdings überwiegend die Wechselrichtertechnik und werden mittlerweile von den meisten marktüblichen Wechselrichtern erfüllt.

### 2.1 Netzfrequenz

Die Frequenz des Wechselstroms im deutschen Stromnetz von 50 Hertz (Hz) kann abhängig von Einspeisung und Verbrauch im Netz Schwankungen unterliegen. Wird mehr Strom verbraucht als eingespeist wird, sinkt diese Frequenz, und wird andersherum mehr Strom eingespeist als verbraucht wird, steigt sie an. Bisher galt die Vorgabe, dass sich die Wechselrichter bei Erreichen einer erhöhten Frequenz von 50,2 Hz sofort vom Netz trennen mussten. Aufgrund der gesteigerten Zahl von Photovoltaikanlagen kann das Eintreten dieses Falls aber mittlerweile das plötzliche Abschalten von einigen Gigawatt an Leistung bedeuten. Um zu verhindern, dass es bei Eintritt eines solchen Falls zu ernststen Störungen im Stromnetz kommt, gilt nun eine neue Anforderung: Oberhalb der Frequenz von 50,2 Hz bis 51,5 Hz (vgl. Abbildung 2) müssen die Wechselrichter die eingespeiste Wirkleistung in Abhängigkeit von der aktuellen Frequenz mit einem Gradienten von 40 Prozent pro Hertz reduzieren bzw. bei einer Stabilisierung der Netzfrequenz entlang des selben Gradienten wieder hochfahren – das sogenannte Fahren auf der Kennlinie. Oberhalb von 51,5 Hz und unterhalb von 47,5 Hz müssen sich die Wechselrichter weiterhin vollständig vom Netz trennen. Nach einem netzbedingten Abschalten der Wechselrichter gilt weiterhin, dass sie sich nur mit einem definierten Anstieg von weniger als zehn Prozent pro Minute bis zum Maximalwert wieder hochfahren dürfen. Daraus resultiert, dass die Wechselrichter bei einer völligen Abschaltung erst nach mindestens zehn Minuten ihren vollen Betrieb wieder aufnehmen können.

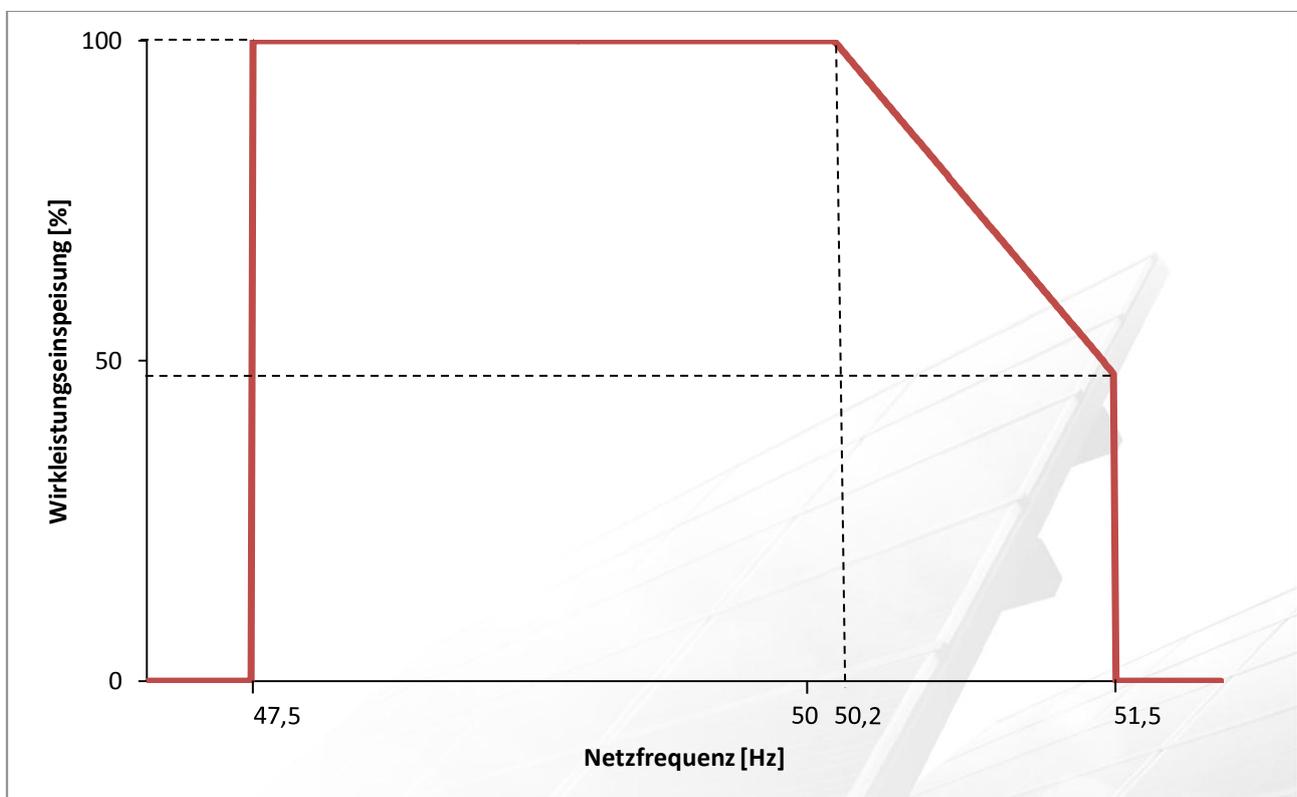


Abbildung 2: Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit von der Netzfrequenz (Quelle: verändert nach SMA)

### 2.1.1 Nachrüstung

Aktuell ist im Gespräch, die Kosten für eine Nachrüstung der frequenzabhängigen Wirkleistungsreduzierung anteilig über die EEG-Umlage und die Netzentgelte zu decken. Die betroffenen Anlagenbetreiber werden dann im Falle einer Nachrüstung vom Netzbetreiber angeschrieben.

### 2.2 Phasenschieflast

Fast alle Stromnetze sind in Deutschland als dreiphasige Systeme (auch Drehstrom genannt) ausgeführt – so auch das Niederspannungsnetz. Zur Einspeisung des Solarstroms werden die Wechselrichter der kleinen Leistungsklassen üblicherweise an jeweils eine (selten auch zwei) dieser Phasen angeschlossen, in den großen Leistungsklassen werden von den Wechselrichtern meist alle drei Phasen verwendet. Für die einphasigen Wechselrichter galt bisher, dass pro Phase 4,6 kW Wirkleistung mit einem vorübergehenden Überschreiten bis zu 110 % (also 5,06 kW) eingespeist werden durften. Seit Januar 2012 ist nur noch eine Differenz von maximal 4,6 Kilovoltampere (kVA) *Scheinleistung* zwischen den Phasen erlaubt. Das bedeutet, dass mit einphasigen Wechselrichtern nur Anlagen bis maximal 13,8 kVA – also drei Phasen mit je 4,6 kVA – realisiert werden können. Bei Leistungen, die darüber hinausgehen, müssen einphasige Wechselrichter kommunikativ gekoppelt werden, so dass sich beim Ausfall eines Wechselrichters auch die übrigen herunterregeln oder vom Netz trennen, um die Schieflastgrenze einzuhalten. Es ist es auch möglich, bis 13,8 kVA einphasige Wechselrichter zu verwenden und für die Anlagengröße darüber hinaus beliebig viele dreiphasige Wechselrichter zu ergänzen. Für dreiphasige Wechselrichter spielt die Phasenschieflast keine Rolle.

### 2.3 Blindleistung

Durch das Bereitstellen von *Blindleistung* können Wechselrichter Einfluss auf das Spannungsniveau am Netzverknüpfungspunkt nehmen, und so einen Beitrag zur Stabilisierung der Netzspannung leisten.

Die vom Wechselrichter produzierte Blindleistung wird üblicherweise als Kosinus vom Phasenwinkel der Verschiebung  $\varphi$ , dem sogenannten Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$ , angegeben, da dieser Wert sehr einfach die verbleibende Wirkleistung in Prozent darstellt. Je nach Vorzeichen von  $\cos(\varphi)$  wird im Wechselrichter induktive oder kapazitive Blindleistung aufgenommen bzw. abgegeben. Abhängig von der Größe der Photovoltaikanlage fordert die VDE-Anwendungsregel Werte von 0,95 untererregt bzw. übererregt bis 0,90 untererregt bzw. übererregt für  $\cos(\varphi)$ : Anlagen **bis 3,68 kVA** müssen keine Blindleistung einspeisen, arbeiten also mit einem  $\cos(\varphi)$  von 1. Anlagen **zwischen 3,68 kVA und 13,8 kVA** müssen Blindleistung mit einem  $\cos(\varphi)$  von 0,95 und alle Anlagen **über 13,8 kVA** mit einem  $\cos(\varphi)$  von 0,90 einspeisen.

Der Nachteil dieser Regelung ist, dass die vom Wechselrichter bereitgestellte Blindleistung zu Lasten der möglichen Einspeisung von Wirkleistung geht. Wenn Blindleistung mit einem  $\cos(\varphi)$  von 0,95 bereitgestellt werden soll, kann der Wechselrichter also nur noch 95 Prozent seiner maximalen Leistung in Form von Wirkleistung einspeisen, bei einem  $\cos(\varphi)$  von 0,90 sind es nur noch 90 Prozent. Die restliche Kapazität des Wechselrichters wird für die Blindleistungsbereitstellung benötigt. Der Vorteil ist, dass durch die Spannungsschwankungen ausgleichende Wirkung der blindleistungsfähigen Wechselrichter gegebenenfalls ausgelastete Stromnetze auch ohne zusätzlichen Ausbau weiterhin zusätzlichen Solarstrom aufnehmen können.

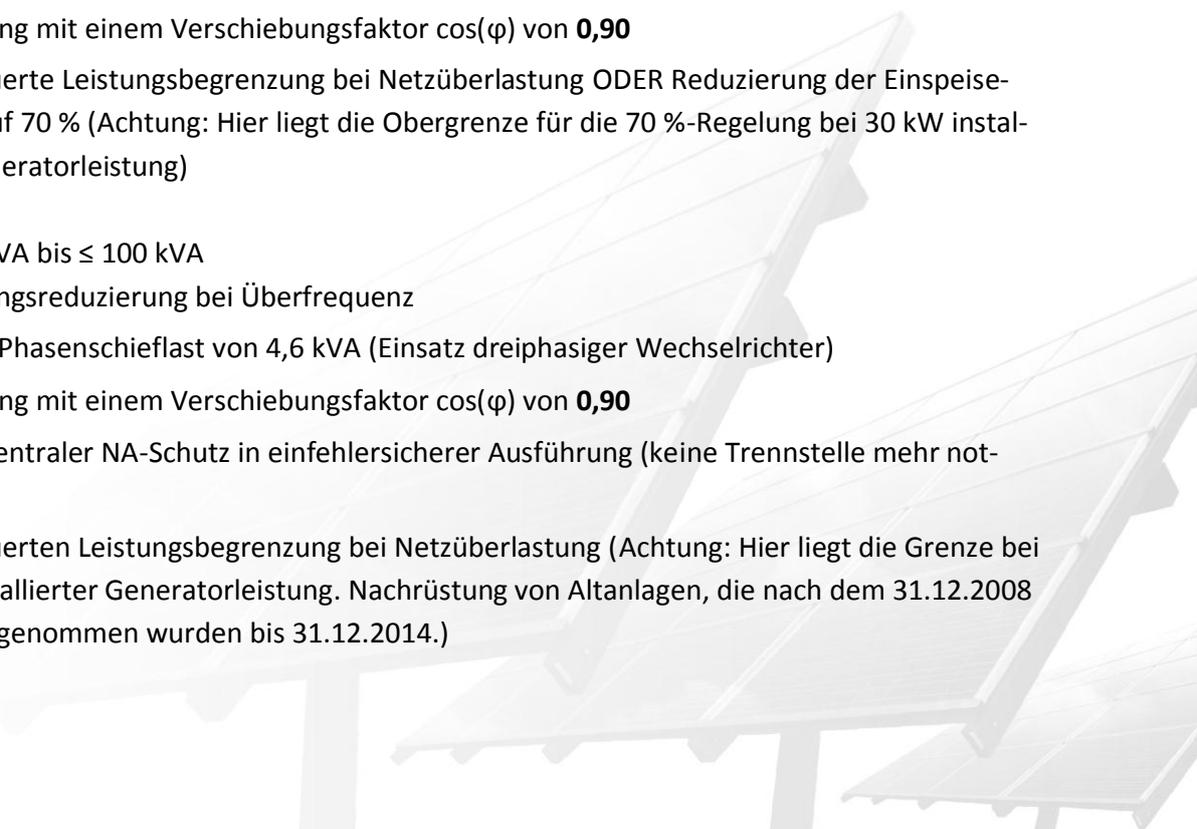
#### 2.3.1 Anlagenerweiterung

Bei Anlagenerweiterungen zählt die bereits vorhandene Anlagengröße mit, um den vorgeschriebenen Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$  zu ermitteln. Betroffen von dieser Einstellung sind dann aber nur die neu hinzukommenden Wechselrichter.

## 2.4 Netz- und Anlagenschutz

Anlagen mit einer Scheinleistung über 30 kVA benötigen statt der jederzeit zugänglichen Trennstelle nun einen externen Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) in einfehlersicherer Ausführung. Dabei handelt es sich um eine meist im Zählerschrank montierte, elektronische Überwachungseinheit, die Netzparameter wie Netzfrequenz und –Spannung überwacht und die Anlage bei unerlaubten Abweichungen per Kuppelschalter vom Netz trennt. Wenn alle Wechselrichter der PV-Anlage über eine eigene Inselnetzerkennung verfügen (hierunter fallen alle Wechselrichter mit ENS), kann im zentralen NA-Schutz auf eine gesonderte Inselnetzerkennung verzichtet werden. Eine Trennstelle ist nicht mehr erforderlich!

## 3. Zusammenfassung nach Anlagengröße

- Anlagen  $\leq 3,68$  kVA:
    - Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz
    - ferngesteuerten Leistungsbegrenzung bei Netzüberlastung ODER Reduzierung der Einspeisleistung auf 70 %
  
  - Anlagen  $> 3,68$  bis  $\leq 13,8$  kVA:
    - Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz
    - Maximale Phasenschieflast von 4,6 kVA
    - Blindleistung mit einem Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$  von **0,95**
    - ferngesteuerte Leistungsbegrenzung bei Netzüberlastung ODER Reduzierung der Einspeisleistung auf 70 %
  
  - Anlagen  $> 13,8$  kVA bis  $\leq 30$  kVA
    - Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz
    - Maximale Phasenschieflast von 4,6 kVA (Einsatz dreiphasiger Wechselrichter)
    - Blindleistung mit einem Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$  von **0,90**
    - ferngesteuerte Leistungsbegrenzung bei Netzüberlastung ODER Reduzierung der Einspeisleistung auf 70 % (Achtung: Hier liegt die Obergrenze für die 70 %-Regelung bei 30 kW installierter Generatorleistung)
  
  - Anlagen  $> 30$  kVA bis  $\leq 100$  kVA
    - Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz
    - Maximale Phasenschieflast von 4,6 kVA (Einsatz dreiphasiger Wechselrichter)
    - Blindleistung mit einem Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$  von **0,90**
    - Externer zentraler NA-Schutz in einfehlersicherer Ausführung (keine Trennstelle mehr notwendig)
    - ferngesteuerten Leistungsbegrenzung bei Netzüberlastung (Achtung: Hier liegt die Grenze bei 30 kW installierter Generatorleistung. Nachrüstung von Altanlagen, die nach dem 31.12.2008 in Betrieb genommen wurden bis 31.12.2014.)
- 

- Anlagen > 100 kVA
  - Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz
  - Maximale Phasenschieflast von 4,6 kVA (Einsatz dreiphasiger Wechselrichter)
  - Blindleistung mit einem Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$  von **0,90**
  - Externer zentraler NA-Schutz in einfehlersicherer Ausführung (keine Trennstelle mehr notwendig)
  - ferngesteuerte Leistungsbegrenzung bei Netzüberlastung mit der Möglichkeit die jeweilige Ist-Einspeisung abzurufen (Achtung: Hier liegt die Grenze bei 100 kW installierter Generatorleistung. Nachrüstung von Altanlagen bis 30.06.2012.)

#### 4. Begriffserklärung: Blindleistung, Wirkleistung, Scheinleistung und ihre Einheiten

Aufgrund des im Wechselstromkreis allgegenwärtigen ohmschen Widerstandes sowie kapazitiven oder induktiven Belastungen durch elektrische Bauteile wie Spulen oder Kondensatoren kann es zu Verschiebungen zwischen den Phasen von Strom und Spannung kommen. Das Produkt aus diesen gegeneinander verschobenen Strömen und Spannungen ist die sogenannte **Blindleistung**. Je nach Verschiebungsrichtung wird sie als kapazitiv oder induktiv bezeichnet. Der Phasenwinkel der Verschiebung in Winkelgrad wird mit dem griechischen Buchstaben  $\varphi$  („phi“) bezeichnet.

Blindleistung kann im Gegensatz zur eigentlichen **Wirkleistung** (das ist die nach dem EEG tatsächlich vergütete Energie mit einem Phasenwinkel  $\varphi = 0$ ) keine Arbeit mehr verrichten, nimmt aber dennoch Netzkapazitäten in Anspruch. Um nun diese Netzressourcen ausschöpfen zu können, müssen die Wechselrichter in vorgegebenen Anteilen eine entgegengesetzte Blindleistung bereitstellen, um die das Netz belastende Blindleistung (zumindest teilweise) zu kompensieren.

Die maximale Leistung eines blindleistungsfähigen Wechselrichters ist die **Scheinleistung**. Sie ist die geometrische(!) Summe aus Wirk- und Blindleistung. Sie wird also nach dem Satz des Pythagoras berechnet, wobei Blindleistung und Wirkleistung als die beiden Katheten und die Scheinleistung als Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks auftreten. Sollen z.B. 10 kW Wirkleistung mit einem Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$  von 0,95 eingespeist werden, so muss der Wechselrichter eine Scheinleistung von rund 10,53 kVA leisten können. Die Blindleistung beträgt hierbei rund 3,29 kvar.

Alle drei Leistungen sind de facto das Produkt aus Spannung und Strom =  $1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$ . Zur Unterscheidung werden sie aber in unterschiedlichen Einheiten angegeben. Die Wirkleistung ( $[P] = \text{W}$ ) wird in Watt, die Blindleistung ( $[Q] = \text{var}$ ) in Var und die Scheinleistung ( $[S] = \text{VA}$ ) in Voltampere angegeben.

#### Geoplex GmbH

*Sitz der Gesellschaft*

Möserstraße 1

49074 Osnabrück

Fon: 0541 357318 - 30

Fax: 0541 357318 - 31

*Niederlassung Halle (Westf.)*

Osnabrücker Str. 77a

33790 Halle (Westf.)

Fon: 05201 8494 - 32

Fax: 05201 8494 - 37

info@geoplex.de

www.geoplex.de