

## Power-Quality-Messungen bei PV-Anlagen

# Maximale Netztransparenz gegen elektrische Überlastungen

In einem zunehmend dezentralen und komplexer werdenden Energiesystem wird das Thema Spannungsqualität (Power-Quality) immer wichtiger. So können zum Beispiel Photovoltaikanlagen nicht nur selbst Störungen im Netz hervorrufen. Sie sind zunehmend selbst auch Störeinflüssen von außen ausgesetzt. Welche Bedeutung daher Power-Quality-Messungen haben und wie diese durchzuführen sind, beschreibt Johannes Liebich von Greentech.

Voraussetzung für ein stabiles und zuverlässiges Stromnetz ist eine gute Spannungsqualität (Power-Quality). Im Rahmen der Versorgungsspannung definiert sie sich über eine stabile Netzfrequenz, die korrekte Spannungshöhe, eine gleichmäßige Sinusamplitude und eine Symmetrie der Spannung in den Außenleitern (Phasen). Schwankende Lasten und Störeinflüsse wirken sich jedoch negativ auf das Netz aus und können dazu führen, dass die Spannungsqualität aus dem Gleichgewicht gerät. Als Erzeuger kann eine Photovoltaikanlage durch das angeschlossene Netz Störeinflüssen von extern ausgeliefert sein oder diese durch den Anlagenbetrieb selbst hervorgerufen beziehungsweise verstärken.

## »Verschmutzung« des Netzes: Was die Power-Quality beeinflusst

Im Idealfall würde in allen drei Phasen des Mittel- und Hochspannungsnetzes eine sinusförmige Spannungskurve mit einer Phasenverschiebung von jeweils 120° vorliegen. Die Realität sieht jedoch anders aus. Denn Wechselrichter, wie sie in Photovoltaik- oder Windenergieanlagen vorkommen, können in Wechselstromnetzen den charakteristischen Sinusverlauf lediglich nachempfinden. Dabei entstehen Oberschwingungsverzerrungen, die die Netzfrequenz von 50 Hz überlagern und das Netz sowie die angeschlossenen Anlagenteile belasten können. Je neuer die Geräte sind, desto größer die Annäherung an die tatsächliche Sinuskurve – und desto feiner und hochfrequenter die daraus resultierenden Oberschwingungen. Das Erkennen dieser Schwingungen erfordert neue, hochauflösende Messgeräte.

Kommt es darüber hinaus zu unterschiedlichen Oberschwingungen in den verschiedenen Phasen des Netzes, kann diese Unsymmetrie zu einem



Bild 1. Messung und Datenanalyse der bestehenden Power-Quality

Spannungsabfall und damit zu einem höheren Strombedarf der Komponenten führen. Mögliche Folgen sind Verschleiß und vorfrüher Ausfall der Geräte.

Kurzzeitige Spannungsspitzen (transiente Überspannung), die zum Beispiel aus Schaltvorgängen oder Blitzeinwirkung resultieren, können im Netz die angeschlossenen Betriebsmittel stark überlasten. Die Folgen reichen von gestörtem Betrieb über Beschädigungen bis hin zu Zerstörungen elektronischer Bauelemente. Sie stellen für Anlagenbetreiber nicht nur ein Sicherheitsrisiko dar, sondern können ebenso zu bedeutenden Ertragsausfällen führen. Bei häufigeren Ausfällen derselben Komponenten sollten Spannungsspitzen als Ursache ausgeschlossen beziehungsweise der Grund dafür abgeklärt werden.

## Netze am Limit: Weitergehende Überprüfungen der Power-Quality notwendig

Ein seit Jahren steigender Energiebedarf und die damit verbundene Auslastung der immer komplexer werdenden Stromnetze führen vermehrt zu Netz-

rückwirkungen und Störanfälligkeiten. Um grundsätzlich eine gute Basis für das Netz und die angeschlossenen Erzeugungsanlagen sicherzustellen, definieren Normen wie die DIN EN 50160 bestimmte Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen, und schreiben entsprechend einzuhaltende Grenzwerte fest.

Negative Rückwirkungseffekte lassen sich auch durch die Beachtung und Umsetzung der Netzanschlussrichtlinien VDE-AR-N 4105 (Niederspannung), VDE-AR-N 4110 (Mittelspannung) und VDE-AR-N 4120 (Hochspannung) begrenzen. Dass diese verbindlich eingehalten werden, bescheinigt vor allem das für den Betrieb benötigte Anlagenzertifikat, das durch eine unabhängige Stelle ausgestellt wird. Bei der Planung sind außerdem die technischen Anschlussbedingungen (TAB) des jeweiligen Netzbetreibers zu berücksichtigen. Er definiert gegebenenfalls weitere, netzspezifische Voraussetzungen für den Anschluss der Anlage an das jeweilige Stromnetz. Der Planungsstand des Zertifikats wird nach der Bauphase sowie bei Inbetriebsetzung durch eine Konformitätserklärung bestätigt.

### Messungen der Power-Quality sorgen für echte Transparenz

Während die Auswirkungen der Anlage auf das Netz durch den Anlagenzertifizierer in erster Linie rein rechnerisch ermittelt und keine realen Entwicklungen berücksichtigt werden, bieten Power-Quality-Messungen dem Betreiber im späteren Betrieb die Möglichkeit, die aktuelle Situation der Anlage am Netz real zu ermitteln. Dabei muss nicht zwingend nur die Auswirkung der Anlage auf das externe Netz betrachtet werden. Auch das eigene System der Anlage kann dabei untersucht werden.

So lässt sich einerseits ein Anfangs-Status Quo als Fingerprint einer neuen Anlage erstellen. Durch wiederkehrende Messungen ist es möglich, Netzqualität und Belastung der Anlage zu überprüfen und den Belastungszustand, zum Beispiel für einen späteren Verkauf, transparent zu dokumentieren.

Übersteigen bei den Berechnungen im Rahmen der Anlagenzertifizierung bestimmte Werte die in der Norm vorgegebenen Grenzbereiche, kann nach der Fertigstellung der Anlage zum Nachweis der Netzkonformität eine Power-Quality-Messung vorgenommen werden. Vorher sollte jedoch sichergestellt sein, dass im Fall notwendiger Nachrüstungen der Anlage, zum Beispiel mit entsprechenden Filtern, die Anlage noch immer wirtschaftlich betrieben werden kann.

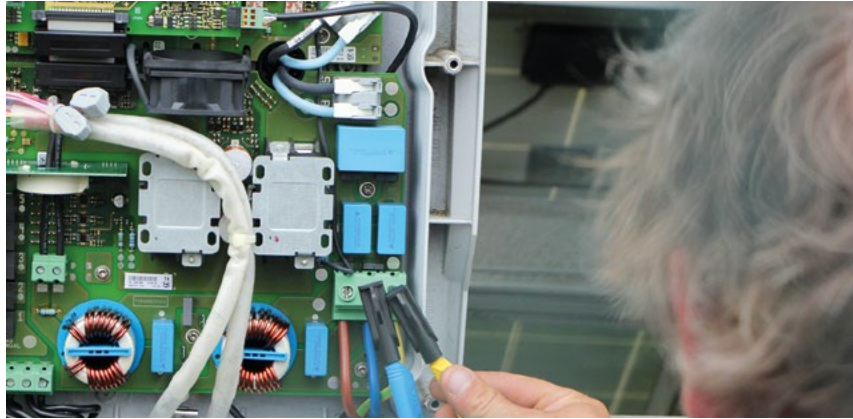


Bild 2. Anschluss des Messgeräts an einen Strangwechselrichter zur AC-seitigen Power-Quality-Messung

Bei Störungen werden Power-Quality-Messungen zur Ermittlung der Ursachen möglicher Netzprobleme eingesetzt. Diese sind von außen oft nicht klar zu erkennen, da sie sich in unterschiedlichen Fehlerbildern äußern – zum Beispiel in einem erhöhten Energieverbrauch oder einer übermäßigen Erwärmung der Komponenten. Wird der wahre Grund nicht ermittelt, kann das zu Störungen an Mess-, Steuer- oder Regelungstechnik der Anlage, zur Überlastung von Komponenten wie Transformatoren und Generatoren, zu Ausfällen von Wechselrichtern, zu Fehlauslösungen von Schutzschaltern oder zu Problemen an der Blindstromkompensationsanlage führen. Hohe, ständig wiederkehrende Wartungs- und Reparaturkosten sind die Folge.

### Bestandteile normativer Power-Quality-Messungen

Bei einer Power-Quality-Messung wird die Spannungsqualität von Netzen an ihren Anschlusspunkten ermittelt. Berücksichtigt werden dabei Störfaktoren, die Netzurückwirkungen verursachen. In Bezug auf die Erfüllung normativer Vorgaben wird sie im unteren Frequenzbereich bis maximal 9 kHz vorgenommen. Ermittelt wird dabei unter anderem die Spannungshöhe, Symmetrie und Spannungsverzerrung (Oberschwingungen – Harmonische – sowie Gesamtverzerrung). Die gemessenen Werte der Merkmale werden quantitativ und im Vergleich zu vorherigen Messungen – falls vorhanden – bewertet. Bei Auffäl-

Anzeige

## PARTNER NEBENAN

rku.it.

„Ein guter Draht. Durch die Nähe zu den Menschen in und um Tübingen agieren wir mit unseren kommunalen Services stets am Puls der Zeit. Dabei setzen wir auf ein ebenso enges Verhältnis zu unserem IT-Service-Provider. Trotz 471 km Distanz steht rku.it mit erstklassiger Beratung, zuverlässigen Lösungen und viel IT-Know-how nahe an unserer Seite.“

Thomas Deyerberg, Bereichsleiter Informatik & Digitale Transformation der Stadtwerke Tübingen GmbH

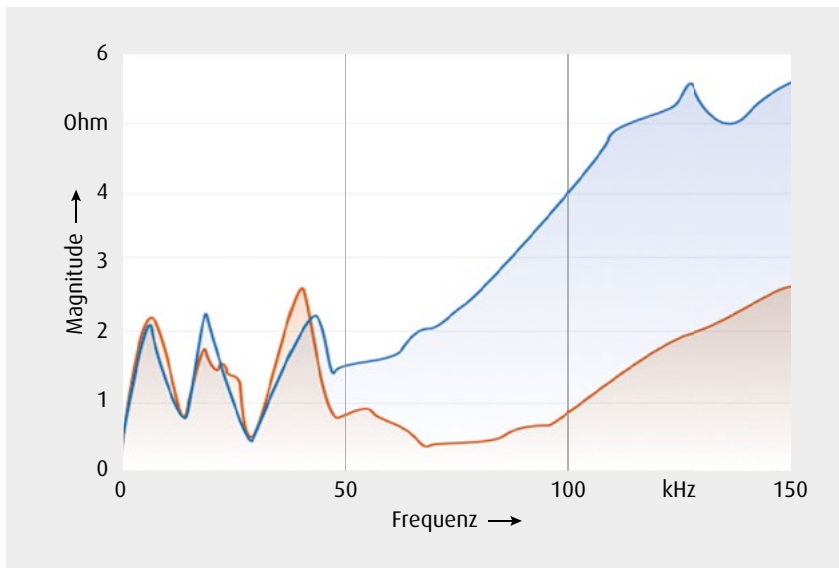


Bild 3. Messung mit erkennbaren Soll-/Ist-Abweichungen ab einer Frequenz von rund 50 kHz. Gemessene Netzimpedanz an einem Wechselrichter mit intakter Filterkapazität (rot) und defekter Filterkapazität (blau)

ligkeiten oder kritischen Zuständen wird geprüft, ob diese aus einer möglichen Netzvorbelastung oder gegebenenfalls von der Anlage selbst verursacht werden. Erst dann können geeignete Maßnahmen für die Anlage getroffen werden, um Überhitzung, Verschleiß und Ausfälle von Komponenten zu vermeiden. Mit dieser gewonnenen Transparenz lassen sich beispielsweise Filtersysteme der Anlage speziell auf die Anforderungen der bestehenden Netz-situation am Standort auslegen.

### Messungen künftig auch in höheren Frequenzbereichen nötig

Moderne, leistungsfähige Wechselrichtermodelle pulsen mit ihren Oberschwingungen heute auf deutlich höheren Frequenzen von über 10 kHz. Durch den vermehrten Einsatz dieser Komponenten in den Netzen nehmen auch die Netzurückwirkungen in höheren Frequenzbereichen stetig zu. Daher kann es sein, dass eine Messung im bislang herkömmlichen und normativ vorgeschriebenen Bereich bis 9 kHz keine Auffälligkeiten zeigt. Erst eine Ausweitung auf höhere Frequenzbereiche liefert möglicherweise Hinweise auf die Ursache bestimmter Fehlerbilder.

Neue Power-Quality-Messungen schließen daher heute bereits Frequenzmessungen von Oberschwingungen im zwischenharmonischen und supraharmischen Bereich ab 9 kHz ein und betrachten beispielsweise Frequenzbereiche bis zu 150 kHz. Das kann unter anderem auch bei der Ermittlung von

Transienten relevant sein. Bei Messungen mit zu geringer Abtastrate kann es passieren, dass die Spannungsspitze genau zwischen zwei Messpunkten liegt und nicht erkannt wird. Erweiterte Messungen liefern daher die bestmögliche Transparenz über die bestehenden Netzverhältnisse und liefern Hinweise auf bisher unerkannte Probleme und Herausforderungen für Anlage und Netz.

### Impedanz als Merkmal der Power-Quality

Vor allem durch die zunehmende Zahl an Erneuerbare-Energien-Anlagen gestalten sich Versorgungsnetze zunehmend komplexer. Bei der Netzanbindung immer leistungstärker ausgelegter Erzeugungseinheiten im Bereich Photovoltaik und Windenergie ist auch die Netzimpedanz (der Netzgegenstand des Systems) von großer Bedeutung. Sie spielt eine wichtige Rolle bei der Abschätzung der Anschlusskapazität von Netzanschlussknoten. Außerdem ermöglicht sie Rückschlüsse auf entstehende Netzurückwirkungen von Erzeugern und Verbrauchern, die auch für die Einhaltung der damit verbundenen Normen relevant sind. Vor allem bei der Netzintegration von Erneuerbare-Energien-Anlagen ist die frequenzabhängige Netzimpedanz von großem Interesse, da durch die enthaltene Leistungselektronik Oberschwingungsströme eingespeist werden, die an der Netzimpedanz zu unerwünschten Oberschwingungsspannungen führen. Umfassende Power-Quality-Messungen ermitteln und analysieren daher unter

Nutzung neu entwickelter Messgeräte inzwischen auch die frequenzabhängige Netzimpedanz an den jeweiligen Netzanschlusspunkten der Anlage. Übliche Berechnungen über Simulationsprogramme auf der Basis detaillierter Netzdaten eignen sich hier nur bedingt, da Spannung und Impedanz in der Praxis keine starren Größen sind und entsprechend variieren. Um belastbare Werte zu erhalten, sollte eine Messung am jeweiligen Anschlusspunkt über einen Zeitraum von mehreren Stunden oder gar Tagen stattfinden.

### Reichen normative Vorgaben für moderne Anlagentechnik noch aus?

In den relevanten Normen werden Effekte wie Oberschwingungen im supraharmischen Frequenzbereich bislang nur unzureichend berücksichtigt, denn sie sind äußerst komplex und schwer nachzuvollziehen. Aufgrund der zunehmend dezentralen Energieinfrastruktur und der Änderungen in der Erzeugungs- und Laststruktur kann eine Pflicht zur Betrachtung höherer Frequenzbereiche im Rahmen von Power-Quality-Messungen künftig durchaus sinnvoll sein. So wird derzeit in den Normungsausschüssen eine Erweiterung der Vorgaben auf Frequenzbereiche bis 150 kHz erörtert.

### Analysen »PQ-Check« und »Electrical Fingerprint«

Greentech hat sich als Dienstleistungsunternehmen auf die technische und kaufmännische Betriebsführung sowie das Engineering von Photovoltaikanlagen spezialisiert. Als Betriebsführer großer Solarparks hat das Unternehmen öfter Berührungspunkte mit den beschriebenen Herausforderungen. Daraus entwickelte das Unternehmen gemeinsam mit morEnergy, einem Ingenieurbüro für Stromnetze und erneuerbare Energien, die Analysen »PQ-Check« und »Electrical Fingerprint«. Ziel ist es dabei, Solarparkbetreibern proaktiv den maximalen Ertrag zu sichern und netzbedingten Störungen und Ausfällen entgegenzuwirken.



**Johannes Liebich,**  
Leiter Engineering & Technical Advisory,  
Greentech GmbH, Hamburg

>> [j.liebich@greentech.energy](mailto:j.liebich@greentech.energy)  
>> [www.greentech.energy](http://www.greentech.energy)  
[www.moreenergy.net](http://www.moreenergy.net)