

Auswirkungen eines hohen Anteils dezentraler
Erzeugungsanlagen auf die Netzstabilität bei
Überfrequenz & Entwicklung von
Lösungsvorschlägen zu deren Überwindung
Kurzfassung

Auswirkungen eines hohen Anteils dezentraler Erzeugungsanlagen auf die Netzstabilität bei Überfrequenz & Entwicklung von Lösungsvorschlägen zu deren Überwindung

Kurzfassung

Ecofys

Dipl.-Ing. Jens Bömer, Dr.-Ing. Karsten Burges

IFK

Dipl.-Ing. Pavel Zolotarev, Dipl.-Ing. Joachim Lehner

September 2011

© Ecofys, IFK 2011

Beauftragt durch:

- EnBW Transportnetze AG, D-73240 Wendlingen
(Prjkt.nr. PSUPDE111188)
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW), D-10243 Berlin
(Prjkt.nr. PSUPDE111189)
- Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE e.V. (VDE|FNN),
D-10625 Berlin (Prjkt.nr. PSUPDE111347)



Hintergrund und Besonderheiten der Studie

Innerhalb der letzten Jahre hat die Einspeisung auf Basis erneuerbarer Energien in Deutschland, insbesondere durch die Förderung über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) stark zugenommen. Ende 2010 waren bspw. rund 80% der installierten PV-Leistung, d.h. ca. 14 GW, auf der Niederspannungsebene angeschlossen. Durch den Zubau dezentraler Erzeugungsanlagen (DEA) erlangen diese Anlagen und das gesamte Verteilungsnetz eine zunehmende Systemrelevanz mit Blick auf den Betrieb des Übertragungsnetzes.

Bis zur Einführung einer Übergangsregelung durch den VDE e. V. im April 2011 und der damit verbundenen Änderung der Gerätenorm DIN VDE V 0126-1-1 mussten sich Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz bei einer Frequenz von 50,2 Hz unverzüglich abschalten. Diese Festlegung wurde in den Jahren 2005/2006 eingeführt als die Stromerzeugung aus PV-Anlagen noch einen vernachlässigbaren Einfluss auf das elektrische System hatte. Seitdem wurden PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von mind. 12.700 MW auf der Niederspannungsebene in Betrieb genommen.

Im ungünstigsten Fall würden sich bis zu rund 9.000 MW an Leistung aus PV-Anlagen bei einem Frequenzanstieg auf 50,2 Hz vom Netz trennen. Ein Erreichen des Werts von 50,2 Hz im Normalbetrieb gilt bislang noch als wenig wahrscheinlich. Allerdings wird der Stromhandel in Zukunft voraussichtlich weiter an Bedeutung zunehmen und mit ihm auch die jeweils zur vollen Stunde auftretenden deterministischen Frequenzabweichungen bis zu Werten von über 50,1 Hz. Sofern das Fahrplanraster dann nicht verkürzt wird, erhöhen sich damit auch die Frequenzabweichungen zur vollen Stunde und rücken immer näher an den kritischen Schwellwert von 50,2 Hz heran.

Eine konkrete Gefährdungssituation würde dagegen bereits heute eine großräumige Störung im Verbundnetz darstellen. In einem solchen Fall würde die Netzfrequenz *aufgrund eines Überangebots an elektrischer Energie* in denjenigen Netzregionen ansteigen, die vor dem Eintritt der Störung elektrische Energie in andere Netzregionen exportiert haben. Beispiel hierfür sind die europaweite Verbundnetzstörung im Jahr 2006 und der Blackout in Italien im Jahr 2003. In beiden Fällen lag Deutschland in einer der exportierenden Netzregionen, in der die Frequenz über den Wert von 50,2 Hz anstieg. Das europäische Verbundnetz ist allerdings nur für einen schlagartigen Ausfall von 3.000 MW Erzeugungsleistung ausgelegt. Würden vergleichbare Störungen mit der heute installierten PV-Leistung an sonnigen Tagen während hoher Einspeisung aus PV-Anlagen aufgetreten, würde die von den betroffenen PV-Anlagen zu diesem Zeitpunkt eingespeiste Leistung verloren gehen. Bereits heute übersteigt die durch PV-Anlagen in Deutschland eingespeiste Leistung an sonnigen Tagen den Wert von 3.000 MW um ein Mehrfaches (s.o.).

In der Folge würde es dann mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem großräumigen Ausfall der Elektrizitätsversorgung in den durch dieses Phänomen betroffenen Teilen Europas kommen.



Vor diesem Hintergrund sind Maßnahmen zur Einschränkung der Auswirkungen auf Netzbetrieb und Netzstabilität bei Überfrequenz notwendig:

- Kurzfristige Maßnahme für Neuanlagen: Übergangsregelung für PV-Anlagen (ab April 2011 bis Inkrafttreten der VDE-AR-N 4105)
- Mittelfristige Maßnahme für Neuanlagen: Anforderungen an Erzeugungsanlagen gemäß VDE-AR-N 4105 (spätestens ab 01.01.2012)
- Mittelfristige Maßnahme für PV-Bestandsanlagen: Nachrüstung (voraussichtlich während der Jahre 2012 bis Ende 2014)

Die kurz- bzw. mittelfristigen Maßnahmen für Neuanlagen am Niederspannungsnetz sind bereits im Rahmen der technischen Regelsetzung durch das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE e.V. (VDE|FNN) festgelegt worden. Die mittelfristigen Maßnahmen für eine Nachrüstung bereits in Betrieb befindlicher Anlagen können dagegen nur durch den gesetzlichen Ordnungsrahmen festgelegt werden.

Bereits seit 2010 befasst sich eine Gemeinschaftsinitiative aus den vier deutschen Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB), Verteilungsnetzbetreibern, dem Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) inklusive der dort vertretenen Hersteller von PV-Wechselrichtern und dem VDE|FNN mit der Erarbeitung einer nachhaltigen Lösung für diese Bestandsanlagen. Diese Initiative wird dabei im Rahmen der Arbeitsgruppe „Systemsicherheit“ der BMWi-Plattform für zukunftsfähige Netze vom Bundesumweltministerium (BMU), Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) und der Bundesnetzagentur (BNetzA) begleitet. Der Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) räumt der Klärung dieser Fragestellungen mit Blick auf das europäische Verbundnetz ebenfalls ausdrücklich hohe Priorität ein.

Das Beratungsunternehmen Ecofys und das Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK) der Universität Stuttgart wurden von den vier deutschen Übertragungsnetzbetreibern, dem BSW und dem VDE|FNN in Begleitung von BMWi, BMU und BNetzA beauftragt zu untersuchen, ob und in welchem Umfang eine technische Nachrüstung von PV-Bestandsanlagen notwendig und möglich ist. Auf Initiative von VDE|FNN hin wurden dabei auch die Auswirkungen einer Nachrüstung von PV-Bestandsanlagen hinsichtlich des Verteilungsnetzbetriebs und insbesondere des vorübergehenden Betriebs von Teilnetzen mit sog. Netzersatzanlagen untersucht.

Grundsätzliches Ergebnis der von Ecofys und IFK durchgeführten Untersuchungen ist, dass eine Nachrüstung eines signifikanten Anteils der PV-Bestandsanlagen, die sich bei einer Überfrequenz von 50,2 Hz abschalten, in jedem Fall als notwendig betrachtet wird.

Darüber hinaus haben die Untersuchungen und Recherchen ergeben, dass auch bei anderen DEA, z. B. Windenergieanlagen, und insbesondere auch in anderen kontinentaleuropäischen Ländern, z. B. Dänemark, Italien und ggf. Belgien, Frankreich Handlungsbedarf besteht. Neben den Werten für den Überfrequenzschutz sind dabei auch die Werte für den Unterfrequenzschutz zu beachten.



Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse erhalten besonderes Gewicht dadurch, dass Ecofys von April bis Mai 2011 eine umfangreiche Branchenabfrage durchgeführt hat, in der Verteilungsnetzbetreiber, Hersteller von Wechselrichtern für PV-Anlagen, Hersteller von Netzersatzanlagen, Hersteller, Planer und Betreiber von Windenergieanlagen und Installateure eingebunden wurden.

Zusammenfassung der Empfehlungen

- Es wird empfohlen, dass alle PV-Anlagen nachgerüstet werden müssen,
 - die nach dem 01.09.2005 in Betrieb genommen worden und
 - die größer als 10 kWp sind.
- Es wird empfohlen, dass mit Blick auf die Lösungen der Nachrüstung,
 - den betroffenen Betreibern freigestellt wird, auf welche der Varianten
 - I. Update auf VDE|FNN-Anwendungsregel VDE-AR-N 4105¹,
 - II. Update auf BDEW-Mittelspannungsrichtlinie 2008² oder
 - III. Umparametrieren gemäß VDE|FNN-Hinweis zur Übergangsregelung³ nachgerüstet wird;
 - dabei wird folgende Rangfolge empfohlen: Lösung I ist vor Lösung II, und diese vor Lösung III zu wählen; ein Austausch des Wechselrichters sollte in jedem Fall vermieden werden;
- Es wird in Bezug auf die Einhaltung dieser Rangfolge bei der Umrüstung der Wechselrichter empfohlen, dass
 - sich die Wechselrichterhersteller verpflichten, Handlungsempfehlungen für ihre Produkte zu erstellen,
 - sich die Installateure des Elektrohandwerks verpflichten, diese Handlungsempfehlungen bei der Umrüstung einzuhalten.
- Es wird empfohlen eine rasche Nachrüstung zu gewährleisten, indem eine hohe Akzeptanz für die Nachrüstungsmaßnahmen geschaffen wird. Hinsichtlich der Kostentragung sollten deshalb geeignete gesetzliche Regelungen entwickelt werden, die diese hohe Akzeptanz bei den betroffenen Anlagenbetreibern für die Nachrüstung schaffen.
- Ausgehend von den Gesprächen mit Verteilungsnetzbetreibern, Herstellern von Wechselrichtern für PV-Anlagen und dem Elektrohandwerk, wurde eine Prozedur für den Ablauf der Nachrüstung von PV-Bestandsanlagen erarbeitet. Deren Details sollten mit der Bundesnetzagentur abgestimmt werden.

¹ d.h. Update auf VDE|FNN-Anwendungsregel VDE-AR-N 4105, Kennlinie, Wiedereinschaltung bei 50,05 Hz nach 60 Sekunden

² d.h. Update auf BDEW-Mittelspannungsrichtlinie 2008, Kennlinie, Wiedereinschaltung bei 50,05 Hz

³ d.h. Umparametrieren der Abschaltfrequenz=Wiedereinschaltfrequenz gemäß VDE|FNN-Hinweis „Rahmenbedingungen für eine Übergangsregelung zur frequenzabhängigen Wirkleistungssteuerung von PV-Anlagen am NS-Netz“ (VDE|FNN, April 2011), Variante a), stochastische Verteilung nach Wechselrichtertyp, Wiedereinschaltung nach 30 s



Zusammenfassung der Auswirkungen

Eine vollständige Umsetzung der zuvor genannten Empfehlungen würde folgende Auswirkungen haben:

- Voraussichtlich müssten ca. 315.000 PV-Anlagen (> 10 kWp) nachgerüstet werden.
- Der sich für das Elektrohandwerk ergebende Aufwand für die Umsetzung des Nachrüstungsprogramms läge voraussichtlich maximal bei ca. 8.500 ... 11.000 Nachrüstungen pro Monat.
- Die Kosten für die Nachrüstung der PV-Anlagen lägen insgesamt voraussichtlich bei ca. 65 Mio. ... 175 Mio. Euro zzgl. Verwaltungskosten auf Seiten der Wechselrichter-Hersteller und Verteilungsnetzbetreiber.
- Die Kosten für die Anpassung des Betriebs der Netzersatzanlagen lägen insgesamt voraussichtlich bei ca. 500 Tsd. ... 2 Mio. Euro.

Ausblick auf notwendige weitere Abstimmungen im Zuge der Nachrüstung

- BNetzA - Verteilungsnetzbetreiber
 - Festlegung bundeseinheitlicher BNetzA-Standardschreiben und -formulare;
 - (Pauschale) Umlage der auf Seiten der VNB entstehenden Verwaltungskosten;
 - Zeitliche Vorgaben zur Anpassung des Betriebs von Netzersatzanlagen.
- PV-Wechselrichterhersteller – Verteilungsnetzbetreiber - Übertragungsnetzbetreiber
 - Einstellwerte für den Überfrequenzschutz;
 - Obere und untere Grenze des Frequenzbereichs für Überfrequenzschutz;
 - Schrittweite für Überfrequenzschutzwerte;
 - Stochastische Verteilung auf die jeweiligen Abschaltfrequenzen;
 - Einstellwerte für den Unterfrequenzschutz (!);
 - Zeit für die Verzögerung des Wiederschaltens über die 30 Sekunden (Varianten B und C) bzw. 60 Sekunden (Variante A) hinaus.
- PV-Wechselrichterhersteller – Elektrohandwerk
 - Information;
 - Handlungsanweisungen.

Ausblick auf notwendigen weiteren Handlungsbedarf

Zusätzlich zum Handlungsbedarf bei PV-Anlagen in Deutschland lässt sich aus den Untersuchungen folgender weiterer Handlungsbedarf ableiten:

- für BWE und VDMA: Anpassung des Unterfrequenzschutzes von Windenergieanlagen durch den Anlagenbetreiber von einem Wert von 49,5 Hz auf bestenfalls 47,5 Hz bzw. alternativ 48,0 Hz bei der nächsten regulären Wartung;
- für ENTSO-E: Anpassung des Unter- und Überfrequenzschutzes von dezentralen Erzeugungsanlagen vor allem in Dänemark und Italien, aber ggf. auch in weiteren Ländern der kontinentaleuropäischen Synchronzone, z. B. Belgien und Frankreich;
- für ENTSO-E: Harmonisierung der Werte des Unter- und Überfrequenzschutzes von Erzeugungsanlagen in allen kontinentaleuropäischen Ländern.