

# Smart-Grid-Konzepte im Verteilungsnetz – Analyse von Handlungsbedarf und Lösungsalternativen

Alexander Ladermann (1), Christian Linke (1),  
Hans-Jürgen Haas (2), Christoph Vierkötter (2)

(1) Consentec GmbH, Grüner Weg 1 52070 Aachen, +49 241 93836 0, info@consentec.de, www.consentec.de

(2) SWS Netze Solingen GmbH, Beethovenstraße 210, 42655 Solingen, +49 212 295-0, info@netze-solingen.de, www.netze-solingen.de

## **Kurzfassung:**

Für städtische Verteilungsnetze wird häufig unterstellt, dass diese allenfalls vereinzelt von Netzverstärkungsmaßnahmen infolge des Zubaus von dezentralen Einspeisungen betroffen sind. Die Ergebnisse durchgeführter Analysen zur Auswirkung eines anhaltenden Zubaus von PV-Anlagen zeigen jedoch, dass auch in einem überwiegend städtischen Versorgungsgebiet in einigen Netzbereichen in näherer Zukunft je nach Verteilung und Geschwindigkeit des Zubaus an PV-Anlagen nennenswerter Netzausbaubedarf entstehen kann.

Um die Zukunfts- und Leistungsfähigkeit des Solinger Netzes weiterhin garantieren zu können und den vielfach für den zukünftigen sicheren Netzbetrieb als notwendig bezeichneten Umbau der klassischen Verteilungsnetze hin zu intelligenten Netzen mit einer aktiv steuernden Rolle des verantwortlichen Netzbetreibers in Solingen voranzutreiben, hat SWS Netze Solingen als ersten Schritt ein Pilotprojekt zum rechtzeitigen Erkennen von kritischen Entwicklungen der Netzbelastung angestoßen, das sich seit einigen Monaten im operativen Betrieb befindet. Ziel des Pilotprojektes ist es, durch gezielten Einsatz von Messungen an den im Rahmen der durchgeführten „Hot-Spot-Analyse“ identifizierten potenziell kritischen Stellen im Netz die Veränderungen der Netzanforderungen laufend zu überwachen und so tatsächlich notwendigen Handlungsbedarf hinsichtlich Zeitpunkt und Ort rechtzeitig zu erkennen. Durch die Verbesserung der Netzbeobachtbarkeit und Erfassung von Netzzuständen wird eine optimale Grundlage für die Integration von dezentralen Erzeugungsanlagen und anderen Netznutzern geschaffen, die einen wichtigen Schritt in der Entwicklung intelligenterer Netze darstellt, die Zukunftsfähigkeit des Netzes sicherstellt und gleichzeitig hilft, Investitionen in Netzverstärkungen zu vermeiden, die unter Umständen wegen ungenauer Kenntnis des Belastungszustands zu früh erfolgen oder überdimensioniert sind.

**Keywords:** Hot-Spot-Analyse, Erneuerbare Energien, Netzausbau, Solarkataster, Smart Grid

## **1 Einleitung**

Der weiterhin anhaltende Zubau von Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger (EE) hat in Verteilungsnetzen bei vielen deutschen Netzbetreibern bereits zu Netzverstärkungserfordernissen geführt oder es wird erwartet, dass dies in naher Zukunft

erfolgen wird. Im Fokus dieser Entwicklungen stehen vielfach Flächennetzbetreiber mit ausgedehnten Netzstrukturen und häufig geringer Abnahme (Last) in Relation zur installierten Erzeugungsleistung [1]. Im Gegensatz dazu wird für städtische Verteilungsnetze häufig unterstellt, dass diese allenfalls vereinzelt von Netzverstärkungsmaßnahmen betroffen sind.

Grundsätzlich stellt sich jedoch auch städtischen Netzbetreibern die Frage nach der Entwicklung der mit ihren Netzen zu bedienenden Versorgungsaufgabe, die sowohl vom Zubau von Erzeugungsanlagen, insbesondere PV- und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, als auch durch neue Verbraucher, wie z. B. Elektrofahrzeuge oder Wärmepumpen, beeinflusst wird, was je nach Ausmaß kurz- bis mittelfristig Bedarf für Netzverstärkungen auslösen kann. Als universelle Lösungsmöglichkeit für notwendige Netzveränderungen oder die bessere Integrierbarkeit von Erzeugern wird aktuell vielfach der Begriff „Smart Grid“ genannt, der verschiedenste Ausprägungen haben kann und je nach Akteursgruppe (z. B. Netzbetreiber, Vertrieb, Netzkunde) sehr unterschiedlich verstanden wird.

In diesem Zusammenhang stellt sich SWS Netze Solingen (SWS Netze) die Frage nach der zu erwartenden Höhe und Lokalisation von relevanten Veränderungen der Netzaufgabe und nach Lösungen, um diesen Veränderungen möglichst effizient und zukunftssicher zu begegnen. Dies führt weiter zu der Frage, welche Elemente eines Smart Grid für SWS Netze sinnvoll eingesetzt werden können.

Um diese Fragestellungen zu beantworten, hat SWS Netze im Rahmen eines Projektes mit Unterstützung durch Consentec eine „Hot-Spot“-Analyse durchgeführt, um Netzbereiche zu identifizieren, in denen potenziell zukünftig Überschreitungen von Strom- und Spannungsgrenzwerten auftreten können, und geeignete (Gegen-)Maßnahmen zu bestimmen sowie gegebenenfalls mögliche Pilotprojekte zur Erprobung innovativer Netzmaßnahmen vorzuschlagen. Nach Abschluss des Projekts hat SWS Netze ein Pilotprojekt an mehreren Stellen im Netz umgesetzt sowie bereits erste Erfahrungen im operativen Betrieb gesammelt und daraus eine Vorgehensweise für zukünftige Anwendungsfälle abgeleitet.



Abbildung 1: Übersicht über Projektphasen

## 2 „Hot-Spot“-Analyse

Veränderungen sowohl der Last als auch der Einspeisung in einem Netz können dazu führen, dass das existierende Netz diese veränderte Aufgabe nicht mehr erfüllen kann, was sich darin ausdrückt, dass lokal Überschreitungen von Strom- und Spannungsgrenzwerten auftreten könnten. Somit entstehen gebietsweise Bereiche mit unterschiedlich großem Handlungsbedarf, die im Rahmen dieser Analyse als „Hot-Spots“ bezeichnet werden.

### 2.1 Prognose der zukünftigen Versorgungsaufgabe

Grundlage der durchgeführten „Hot-Spot“-Analyse bildet daher eine Prognose der zukünftigen Netzaufgabe hinsichtlich Last und Erzeugung. Relevante Einflussfaktoren im Bereich Last stellen erwartete Veränderungen der Anschlusszahlen (z. B. Erschließung von Neubaugebieten und/oder Gewerbegebieten) und die Nachfrageentwicklung der Bestandskunden im Haushalts- und Gewerbe-/Industriebereich dar, die sowohl durch die Demografie (z. B. Lastrückgang in Folge sinkender Bevölkerungszahlen) als auch durch neuartige Verbraucher, wie z. B. Wärmepumpen oder Elektroautos, beeinflusst werden kann. In Solingen wird allgemein ein leichter Rückgang der Bevölkerung erwartet, der aber wegen des Anschlusses neuer Verbraucher nicht zu einer relevanten Reduktion der Höchstlast führen dürfte. Im Gegensatz dazu ist durchaus vorstellbar, dass eine zunehmende Anzahl von Elektroautos, insbesondere bei ungesteuerter Ladung, die Höchstlast steigern könnte oder zumindest in einzelnen Netzbereichen zu zusätzlichen Belastungen führt. Das Ziel der

aktuellen deutschen Bundesregierung ist es bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen [2]. Dies bedeutet, dass im Jahr 2020 durchschnittlich etwas mehr als jeder hundertste deutsche Bürger ein Elektroauto besitzt. Aufgrund dieser vergleichsweise geringen Anzahl von Fahrzeugen, wird im Rahmen dieser Untersuchung allerdings davon ausgegangen, dass der Einfluss von Elektroautos auf die Netzdimensionierung zumindest mittelfristig vernachlässigt werden kann. Bei der Auswirkung von strombetriebenen Wärmepumpen muss unterschieden werden, ob es sich um Bestands- oder Neubaugebiete handelt. Die Zahl von Wärmepumpen in Haushalten nimmt stetig zu [3], jedoch erscheint deren Einsatz vor allem in Neubauten mit geringem Energiebedarf wirtschaftlich, so dass die daraus resultierenden Anforderungen an die Stromnetzauslegung bei der Erschließung von Neubaugebieten bereits berücksichtigt werden können und somit keinen Treiber für Hot-Spots darstellen. In Bestandsgebieten hängt der Einsatz von Wärmepumpen von der Sanierungsquote der Gebäude und von der Verfügbarkeit von alternativen Heiztechnologien ab. Wegen der nahezu flächendeckenden Verfügbarkeit eines Gasanschlusses im Versorgungsgebiet und des heute schon hohen Anschlussgrads von Gebäuden an das Gasnetz dürften – auch nach Sanierungen – bei bereits bestehendem Gasanschluss hocheffiziente Gasheizungstechnologien, wie Brennwertthermen oder Mini-Blockheizkraftwerke, gegenüber der strombasierten Wärmepumpe bevorzugt werden, so dass die Auswirkungen von Wärmepumpen auf das Stromnetz in Solingen vernachlässigbar gering ausfallen dürften. Auch der Einfluss von Mini-Blockheizkraftwerken auf die Netzauslegung erscheint durch die typischerweise geringe Leistung von wenigen Kilowatt und die geringe zu erwartende Zahl auf absehbare Zeit nicht relevant.

Im Bereich der Erzeugung ist insgesamt zu erwarten, dass in städtischen Netzen in erster Linie Photovoltaik- und kleine Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (die wegen ihrer vernachlässigbaren Auswirkungen auf das Netz jedoch nicht weiter betrachtet werden) installiert werden. Andere Technologien wie Windenergie- oder Biomasse-/Biogasanlagen hingegen stellen eher Ausnahmen dar, deren Betrachtung im Rahmen der hier angestrebten flächendeckenden Hot-Spot-Analyse aufgrund des starken Einzelfallcharakters nicht sinnvoll erscheint.

## **2.2 Vorgehen zur Identifikation von Hot-Spots**

Die künftige Verteilung von PV-Anlagen und deren maximal installierbare Leistung kann mittels eines für Solingen verfügbaren Solarkatasters [3] abgeschätzt werden. Solche Solarkataster sind mittlerweile für viele Städte in Deutschland, aber auch für einige in Österreich und in der Schweiz verfügbar. Im Solarkataster sind alle Dachflächen von Solingen hinsichtlich ihrer Eignung für PV-Anlagen bewertet und nach Eignungsklassen differenziert eingefärbt worden (s. Abbildung 2). Für die grundsätzlich geeigneten Dachflächen können Informationen wie maximal installierbare Leistung und voraussichtlicher Ertrag abgerufen werden.

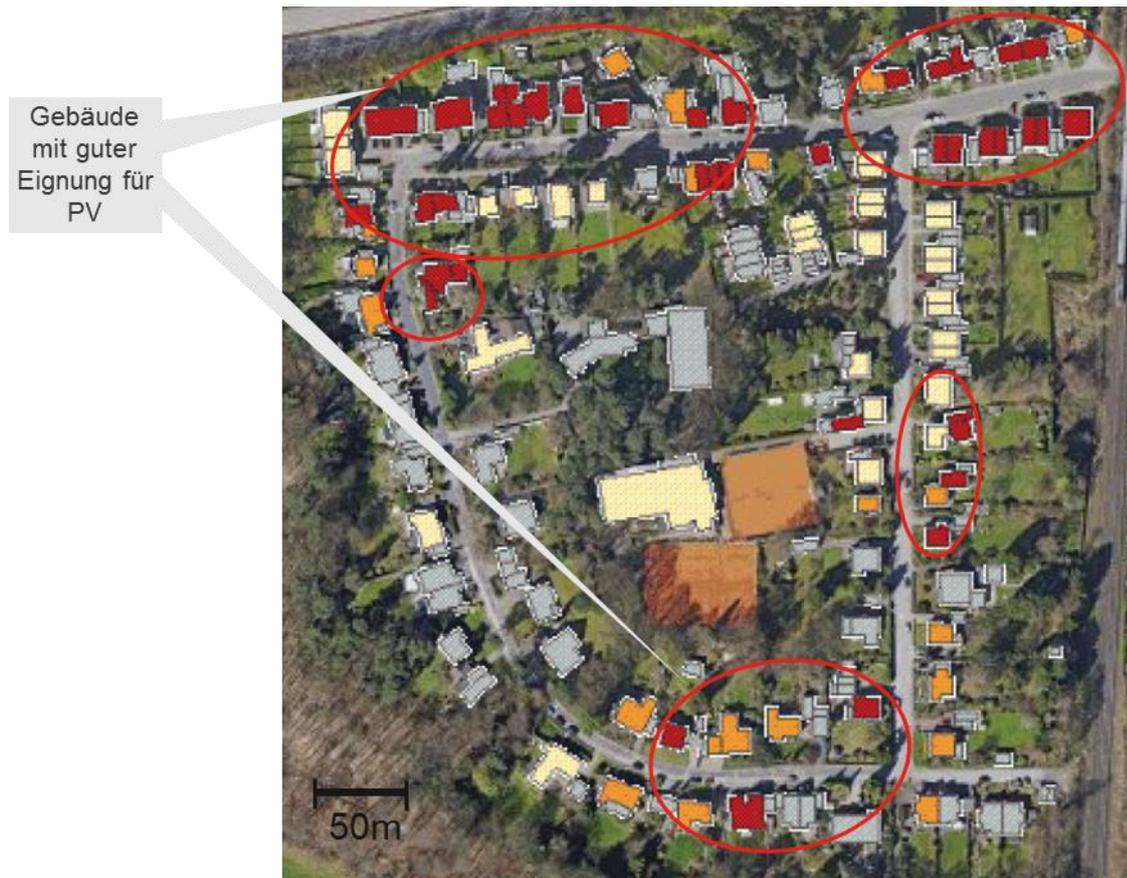


Abbildung 2: Beispiel für Wohngebiet mit teilweise sehr guter Eignung für PV-Installationen (Grafikquelle: Solarkataster Solingen [4])

Aus den Angaben des Solarkatasters wurden zunächst potenzielle Hot-Spots anhand der Größe gut geeigneter Dachflächen (im Solarkataster rot markiert) vorausgewählt und für diese Bereiche die jeweils installierbare Leistung ermittelt. Die Höhe der potenziellen Erzeugungsleistung allein ist jedoch zur Beurteilung von Hot-Spots noch nicht ausreichend. Vielmehr müssen zusätzlich diejenigen Eigenschaften des vorhandenen Netzes betrachtet werden, die darüber entscheiden, ab welcher Einspeiseleistung technische Grenzen erreicht werden. Daher wurde in einem zweiten Schritt dem Solarkataster ein geografischer Netzplan überlagert und die jeweilige Erzeugungsleistung zunächst den Ortsnetzstationen zugeordnet.

Die Auswertung dieser Zuordnung zeigt, dass in einigen Bereichen des Solinger Versorgungsgebiets zwar große Bereiche von Flächen mit guter Eignung für PV vorhanden sind, aber vielfach in diesen Gebieten auch viele Ortsnetzstationen existieren (s. Abbildung 3), so dass die auf jeweils einen einzelnen Ortsnetzstationsbereich entfallende PV-Leistung voraussichtlich nicht zur Überschreitung von Spannungs- und Belastungsgrenzwerten führen kann. Hierauf aufbauend wurde die Zahl möglicher Hot-Spots im Ortsnetzbereich weiter verdichtet, indem für Detailbetrachtungen auf Gebiete mit vergleichsweise geringer Ortsnetzstationszahl aber guter Eignung für PV fokussiert wurde. Neben Analysen auf der Ortsnetzebene wurde auch das Mittelspannungsnetz hinsichtlich des Auftretens von Hot-Spots untersucht, wobei hierbei eine Konzentration auf Mittelspannungsabgänge mit vergleichsweise vielen Ortsnetzstationen (mit jeweils hohem PV-Potenzial) erfolgte.

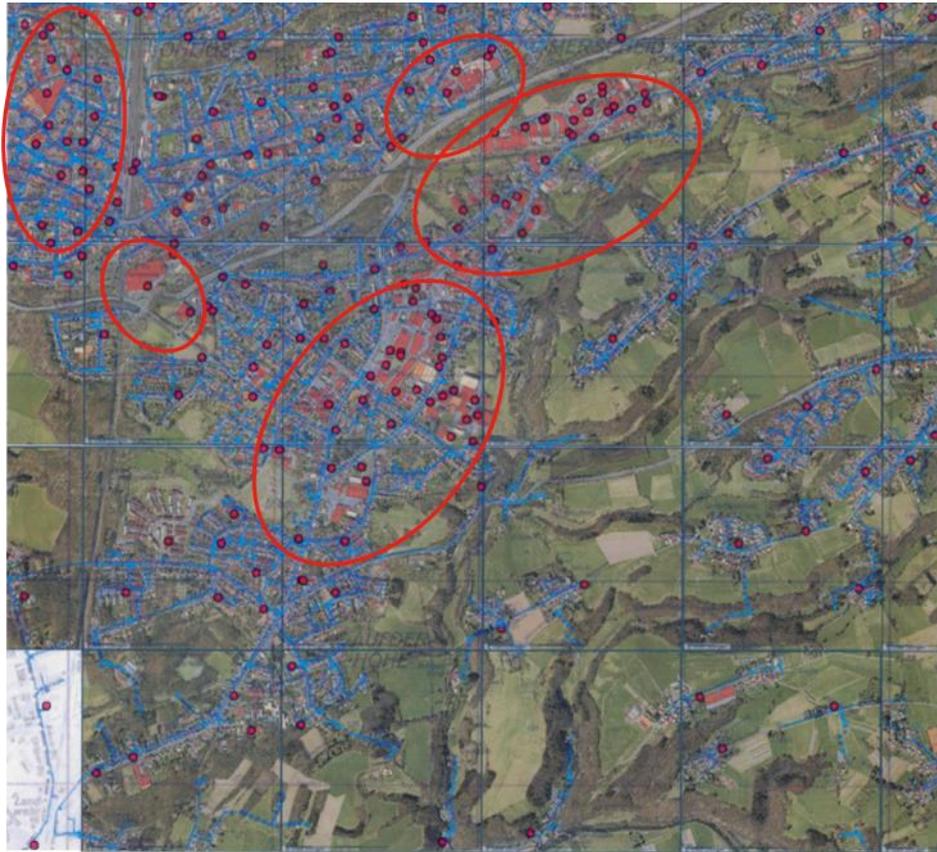


Abbildung 3: Solarkataster mit überlagertem NS-Leitungsnetz (blau) und Ortsnetzstationsstandorten (rote Punkte) für einen Ausschnitt des Solinger Versorgungsgebiets (Grafikquelle: Solarkataster Solingen [4])

Grundsätzlich lassen sich potenzielle Überschreitungen von Spannungs- und Stromgrenzwerten auf einfache Weise durch Lastflussberechnungen feststellen. Allerdings existiert bei Verteilungsnetzbetreibern in der Regel kein rechenfähiges Lastflussmodell des Nieder- und vielfach auch des Mittelspannungsnetzes, so dass Auswirkungen des Anschlusses von Erzeugungsanlagen auf Spannungsniveau und Betriebsmittelauslastung nicht unmittelbar bestimmt werden können. Da dies für das Niederspannungsnetz in Solingen ebenfalls zutrifft und ein Lastflussdatensatz für das Mittelspannungsnetz zur Projektlaufzeit erstellt wurde, aber für Berechnungen noch nicht zur Verfügung stand, wird hier die durch die dezentralen Erzeugungsanlagen verursachte Spannungsanhebung mithilfe einer Näherung ermittelt, mit der aus der Höhe der Einspeisung, der Entfernung der Erzeugungsanlage zur Ortsnetzstation und dem verwendeten Kabeltyp die Höhe der Spannungsanhebung abgeschätzt werden kann. Verletzungen der Auslastungsgrenzwerte wurden durch Vergleich der maximalen Einspeiseleistungen mit den jeweils geringsten Stromtragfähigkeiten von Leitungen und Transformatoren abgeschätzt.

### 2.3 Ergebnisse der Hot-Spot-Analyse

Die Analyseergebnisse zeigen, dass bei weiterem Zubau von Erzeugungsanlagen im Bereich einiger Ortsnetze Spannungsgrenzwerte erreicht werden. Die Stromtragfähigkeit von Leitungen und Transformatoren hingegen ist in Solingen nur in wenigen Fällen (und bei meist sehr speziellen Netzgegebenheiten, die vielfach bereits erkannt sind und kurz- bis mittelfristig verbessert werden) ein Auslöser für Hot-Spots.

Wesentliche Erkenntnis im Bereich der Ortsnetze ist, dass je nach Umfang des PV-Zubaus im Versorgungsbereich von mindestens 10-30 Ortsnetzstationen Handlungsbedarf durch Überschreitungen von Spannungsgrenzwerten zu erwarten ist. Die betroffenen Stationen liegen in den Randbereichen des Versorgungsgebietes, vor allem im Norden und Süden von Solingen (s. Abbildung 4). Im Mittelspannungsnetz konnten vier Abgänge im Süden von Solingen als potenziell kritisch identifiziert werden, wobei in einigen Abgängen bereits heute ein Großteil der Aufnahmefähigkeit für Erzeugungsanlagen erschöpft ist.

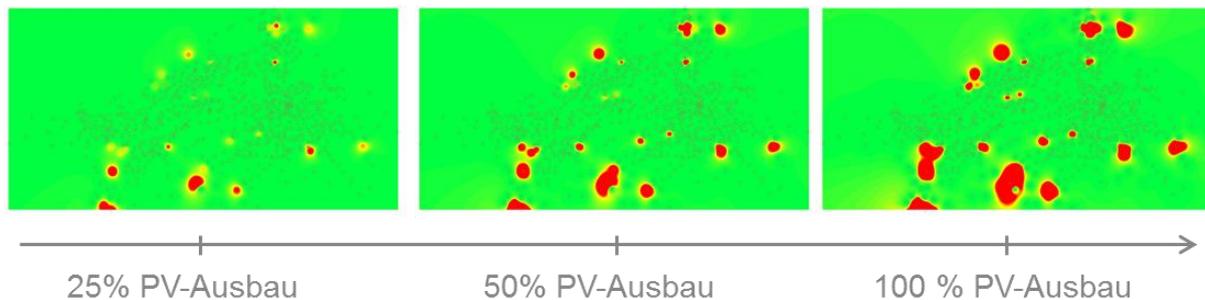


Abbildung 4: Überschreitungen von Spannungsgrenzwerten (rot: Spannungsanhebung >3%) in Abhängigkeit des Ausbaugrads gut geeigneter Flächen für PV (heute ca. 10% des maximalen PV-Ausbaus realisiert)

### 3 Umgang mit identifiziertem Handlungsbedarf

Im Hinblick auf den sich abzeichnenden Handlungs- und Netzerweiterungsbedarf wurden folgende Maßnahmen hinsichtlich ihrer Kosten und der damit erzielbaren zusätzlichen Netzaufnahmekapazität analysiert sowie Einsatzmöglichkeiten für das Solinger Netz bewertet:

- „klassische“ Netzverstärkung mit zusätzlichen Leitungen und Ortsnetzstationen
- Beteiligung von dezentralen Erzeugungsanlagen an der Spannungshaltung
- Spannungsregelung:
  - Erweiterte Spannungsregelung in HS/MS-Umspannwerken („Weitbereichsregelung“)
  - „Intelligente“ Ortsnetzstation / regelbarer Ortsnetztransformator (RONT)
  - Zwischentransformatoren / Spannungsbooster
  - Geregelter Hausanschluss
- Einsatz von lokalen Speichern
- Last-/Erzeugungsmanagement
- Smart Meter / Netzüberwachung

Als eine gut geeignete Möglichkeit zur Behebung der erwarteten Grenzwertverletzungen hat sich der Einsatz spannungsgeregelter Ortsnetztransformatoren als Alternative zum klassischen Netzausbau erwiesen (s. a. [5]).

Wie die Hot-Spot-Analyse gezeigt hat, besteht allerdings kein unmittelbarer Handlungsbedarf zur Umsetzung solcher Lösungen, da die Grenzwerte (insbesondere der Spannungshaltung) erst bei weiterem Zubau von PV- und ggf. anderen Erzeugungsanlagen erreicht werden.

Die aktuelle Herausforderung für SWS Netze besteht daher in erster Linie darin, kritische Entwicklungen rechtzeitig zu erkennen, da bislang in der Regel keine dauerhafte, umfassende

Messwerterfassung und -auswertung in MS- und NS-Netzen stattfindet. Aufgrund des in der Vergangenheit gerichteten Stromflusses war eine solche Erfassung in der Regel flächendeckend auch nicht erforderlich. Bei zunehmender Einspeisung sind potenziell kritische Spannungsveränderungen möglich, die aber unter Umständen erst (zu) spät bemerkt werden. Soweit Netzverstärkungsmaßnahmen hingegen „vorsichtshalber“ stattfinden, könnten sie sich als überdimensioniert oder letztlich unnötig herausstellen. Aufgabe des Netzbetreibers ist es daher, die Veränderungen der Netzanforderungen laufend zu überwachen und den tatsächlichen Handlungsbedarf hinsichtlich Zeit und Ort rechtzeitig zu erkennen.

#### **4 Anstoß eines Pilotprojekts**

Einen ersten wichtigen Schritt hin zu diesem Ziel stellt der Einsatz von Messungen an potenziell kritischen Stellen im Netz dar, der von SWS Netze im Rahmen eines Pilotprojekts umgesetzt wurde.

Eine flächendeckende Messung aller MS- und NS-Abgänge erscheint nicht erforderlich, so dass es in einem ersten Schritt ausreichend ist, die im Rahmen der Hot-Spot-Analyse ermittelten potenziell kritischen MS-Abgänge und ONS-Bereiche mit Messgeräten auszustatten. Im Hinblick auf größtmögliche Effizienz der Maßnahmen wurde für das Pilotprojekt geklärt, wie viele Messgeräte an welchen Stellen im Netz positioniert werden sollten, welche Messgrößen in welchen Zyklen erfasst werden müssen und in welchen Abständen die Messergebnisse ausgelesen und weiterverarbeitet werden sollten.

Hinsichtlich der Zahl und Positionierung der Messeinrichtungen im Abgang ist zu berücksichtigen, dass die spannungssteigernde Wirkung von Erzeugungsanlagen mit zunehmender Entfernung der Erzeugungsanlage vom Umspannwerk bzw. von der Ortsnetzstation zunimmt. Somit stellt sich die Frage, ob eine Messung am Abgangsende ausreichend ist oder ob weitere Messstellen eingerichtet werden müssen. Je nach Verteilung der Erzeugungsanlagen entlang des Abgangs ist jedoch nicht auszuschließen, dass der Punkt der größten Spannungsanhebung im Verlauf des Abgangs und nicht etwa am Ende auftritt. Sicherheitshalber sollte daher zumindest noch etwa in der elektrischen Mitte des Abgangs eine Messung eingerichtet werden. Bei verzweigten Abgangsstrukturen können andere Positionierungen sinnvoll sein.

Für das Verteilungsnetz von Solingen mit ca. 800 Ortsnetzstationen sollten rund 20 Messeinrichtungen an (potenziell) kritischen Stellen im Mittel- und Niederspannungsnetz installiert werden, wovon ca. 15 auf die vier als potenziell kritisch identifizierten Mittelspannungs-Abgänge im Süden von Solingen entfallen und zusätzlich ca. fünf Ortsnetze im Norden und Nord-Osten des Versorgungsgebiets überwacht werden sollten, unterhalb derer potenziell kritische Spannungsanhebungen am wahrscheinlichsten zu erwarten sind.

In Vorbereitung des Pilotprojekts musste zur Auswahl einer geeigneten Messeinrichtung weiterhin geklärt werden,

- ob Leistungsmessungen erforderlich sind oder Spannungsmessungen ausreichen,
- ob Messgrößen permanent erfasst werden müssen oder größere Messabstände möglich sind,

- ob die Messgeräte dauerhaft installiert werden müssen oder „saisonale“ Messungen möglich sind,
- ob die Messwerte laufend online übertragen werden müssen oder z. B. jährliche Ablesungen und Auswertungen ausreichend erscheinen.

Da die Hot-Spot-Analysen zeigen, dass Spannungs- eher als Stromgrenzwerte die Netzaufnahmefähigkeit für Erzeugungsanlagen begrenzen und Veränderungen der Last-/Einspeisekonstellationen hinreichend träge sind, erscheint eine quasistationäre Spannungsmessung im 15-min-Abstand sinnvoll und ausreichend. Idealerweise werden Messgeräte dauerhaft installiert, um eine allmähliche Verringerung des Abstands zu Spannungsgrenzwerten sicher feststellen zu können. Sofern dies aus Kosten- oder Ressourcengründen nicht möglich ist, erscheinen saisonale Messungen durchaus möglich, allerdings muss in diesem Fall sichergestellt werden, dass die Zeitpunkte „kritischer“ Last-/Einspeisekonstellationen, wie z. B. hohe PV-Einspeisung bei niedriger Last an Sommersonntagen, sicher detektiert werden.

Aktuell erscheint eine dezentrale Erfassung und Speicherung der Messwerte mit jährlicher bis halbjährlicher Auslesung ausreichend, sofern die PV-Zubaurate moderat bleibt und die Aufnahmekapazität noch deutliche Reserven bietet. Häufigere Auslesungen oder eine Direktanbindung der Messgeräte könnten empfehlenswert werden, wenn

- eine Kommunikationsstrecke ohnehin besteht oder
- deutliche Spannungsveränderungen bereits festgestellt werden oder
- ein rascher Zubau erfolgt oder
- die voraussichtliche Aufnahmekapazität zu einem Großteil (z. B. 70%) ausgeschöpft ist.

## 5 Erfahrungen aus dem Pilotprojekt

Um erste Erfahrungen mit der Messhäufigkeit und der notwendigen Frequenz der Datenauswertung zu sammeln, hat SWS Netze begonnen sukzessive diejenigen Stationen mit Messgeräten auszustatten, die im Rahmen der Hot-Spot-Analyse als potenziell kritisch identifiziert wurden, begonnen mit den Stationen, die die geringste Reserve zu den Spannungsgrenzen aufwiesen. Um diesen ersten Schritt zu einer verbesserten Beobachtbarkeit des Netzes möglichst kosteneffizient durchführen zu können, nutzt SWS Netze 4-Quadranten-Zähler, die bei Kunden mit registrierender Leistungsmessung (RLM) eingesetzt waren und aufgrund von Mess- und Eichvorschriften ersetzt werden mussten. Diese Zähler dürfen zwar ohne weiteres nicht mehr zur Kundenmessung und -abrechnung eingesetzt werden, sind aber insoweit voll funktionsfähig, dass sie für den hier notwendigen Messeinsatz hervorragend geeignet sind. Derzeit sind fünf Ortsnetzstationen mit Messgeräten ausgestattet, die die Größen Wirk- und Blindleistung, Leistungsverschiebefaktor  $\cos \phi$ , Außenleiterströme sowie Außenleiterspannungen als Viertelstundenwerte erfassen.

Erste Auswertungen der erfassten Daten haben die Erwartung bestätigt, dass bei dem aktuellen Ausnutzungsgrads in Höhe von etwa 10% des maximalen PV-Potenzials derzeit auch bei den Stationen mit den geringsten verbleibenden Spannungsreserven noch keine Grenzwertverletzungen auftreten. Auch wenn sich nach den vergangenen Förderreformen von Erzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien der Zubau insbesondere im Bereich der

Photovoltaik in Deutschland stark verlangsamt hat, sollen sukzessive weitere Ortsnetzstationen von SWS Netze mit Messgeräten, idealerweise aus Kundenrücklauf, ausgerüstet werden, um ein möglicherweise schleichendes Annähern an Leistungsreserven des Netzes frühzeitig erkennen und rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergreifen zu können. Die Verbesserung der Netzbeobachtbarkeit und die damit verbundene Erfassung von Netzzuständen stellen einen wichtigen Schritt in der Entwicklung intelligenterer Netze dar, der die Zukunftsfähigkeit des Netzes sicherstellt und gleichzeitig hilft, Investitionen in Netzverstärkungen zu vermeiden, die unter Umständen wegen ungenauer Kenntnis des Belastungszustands zu früh erfolgen oder überdimensioniert sind.

#### Literatur

- [1] „Moderne Verteilernetze für Deutschland“ (Verteilernetzstudie); Studie im Auftrag des deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Abschlussbericht, 12. September 2014
- [2] <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2012/10/2012-10-12-elektromobilitaet/2012-10-12-elektromobilitaet.html> (zuletzt abgerufen am 21.01.2015)
- [3] Bundesverband Wärmepumpe, Absatzzahlen 2012, 31. Januar 2013  
[http://www.waermepumpe.de/uploads/tx\\_bwppublication/2013-01-17\\_BWP-PI\\_Absatzzahlen\\_2012\\_BDH.pdf](http://www.waermepumpe.de/uploads/tx_bwppublication/2013-01-17_BWP-PI_Absatzzahlen_2012_BDH.pdf) (zuletzt abgerufen am 21.01.2015)
- [4] <http://www.solarkataster.solingen.de> (zuletzt abgerufen am 21.01.2015)
- [5] Wirtschaftliche Bewertung innovativer Netzkonzepte für die Stromverteilnetze der Zukunft; Feldmann, J.; Linke, C.; Hammerschmidt, T.; Gaul, J.; Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 61. Jg. (2011), Heft 11, S. 38-43