

FELDUNTERSUCHUNG DER NETZAUSLASTUNG UND SPANNUNGSANHEBUNG DURCH PV-ANLAGEN

GEORG WIRTH¹ | ANDREAS SPRING¹ | GERD BECKER¹
ROBERT PARDATSCHER² | MARTIN LÖDL² | ROLF WITZMANN²
JOHANNES BRANTL³ | MICHAEL GARHAMER³ | HERMANN WAGENHÄUSER³

Motivation

Photovoltaik-(PV)-Anlagen stellen einen stark ansteigenden Anteil der deutschen Energieversorgung dar. Im Versorgungsgebiet der E.ON Bayern waren im Dezember 2010 PV-Anlagen mit einer Modulleistung von etwa 650 MW im Mittelspannungsnetz und 2.600 MW im Niederspannungsnetz installiert. Vor allem an sonnenreichen Tagen übersteigt die dezentral erzeugte Leistung den momentanen Verbrauch im Niederspannungsnetz wesentlich und verursacht in diesen Netzen Spannungsüberhöhungen und eine Rückspeisung in das Hochspannungsnetz. Abb. 1 zeigt den Verlauf der Transformatorauslastung am Umspannwerk im Untersuchungsgebiet. Für das Jahr 2010 ergab sich regelmäßig Rückspeisung in das Hochspannungsnetz, während es 2009 noch kaum Zeitpunkte mit Rückspeisung gab. Deshalb entsteht die Notwendigkeit, PV-Anlagen detailliert bei der Netzplanung und Netzföhrung zu berücksichtigen.

Als Untersuchungsgebiet wurde ein Teilbereich des Erdschlussgebietes Seebach südöstlich von Deggendorf ausgewählt. Es umfasst etwa 115 Ortsnetzstationen und ca. 800 PV-Anlagen mit rund 14 MW installierter Leistung. Vergleicht man die PV-Anlagendichte, definiert

als STC (Standard Test Condition)-Leistung der PV-Anlagen im Niederspannungsnetz dividiert durch die Summe der Hausanschlüsse, liegt das Untersuchungsgebiet mit derzeit über 3,5 kW pro Hausanschluss deutlich über dem Durchschnitt von E.ON Bayern mit 1,4 kW pro

Hausanschluss. Bei der Gegenüberstellung beider Kurven lässt sich in Abb. 2 ein Voraus-eilen der Anlagendichte im Untersuchungsgebiet gegenüber dem E.ON Bayern-Mittel um etwa drei Jahre erkennen.

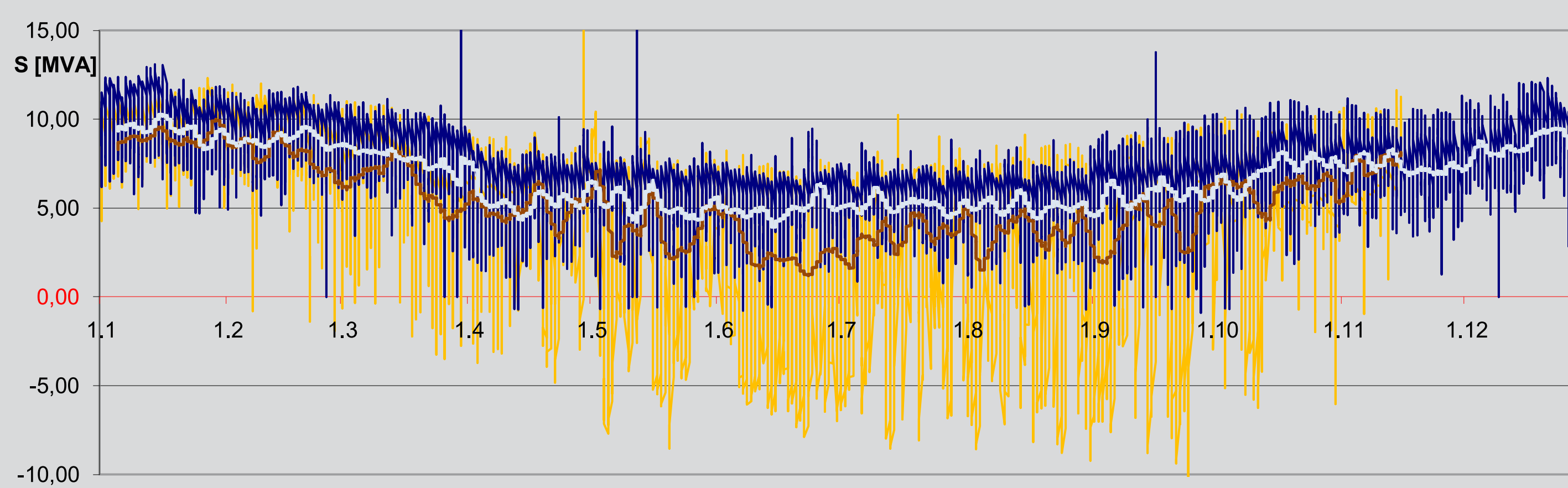


Abb. 1: 15-min-Mittelwerte der Auslastung am Umspannwerk 110 - 20 kV im Untersuchungsgebiet für 2009 (blau) und 2010 (gelb). In hellblau bzw. braun sind die zugehörigen 24-h-Mittelwerte dargestellt.

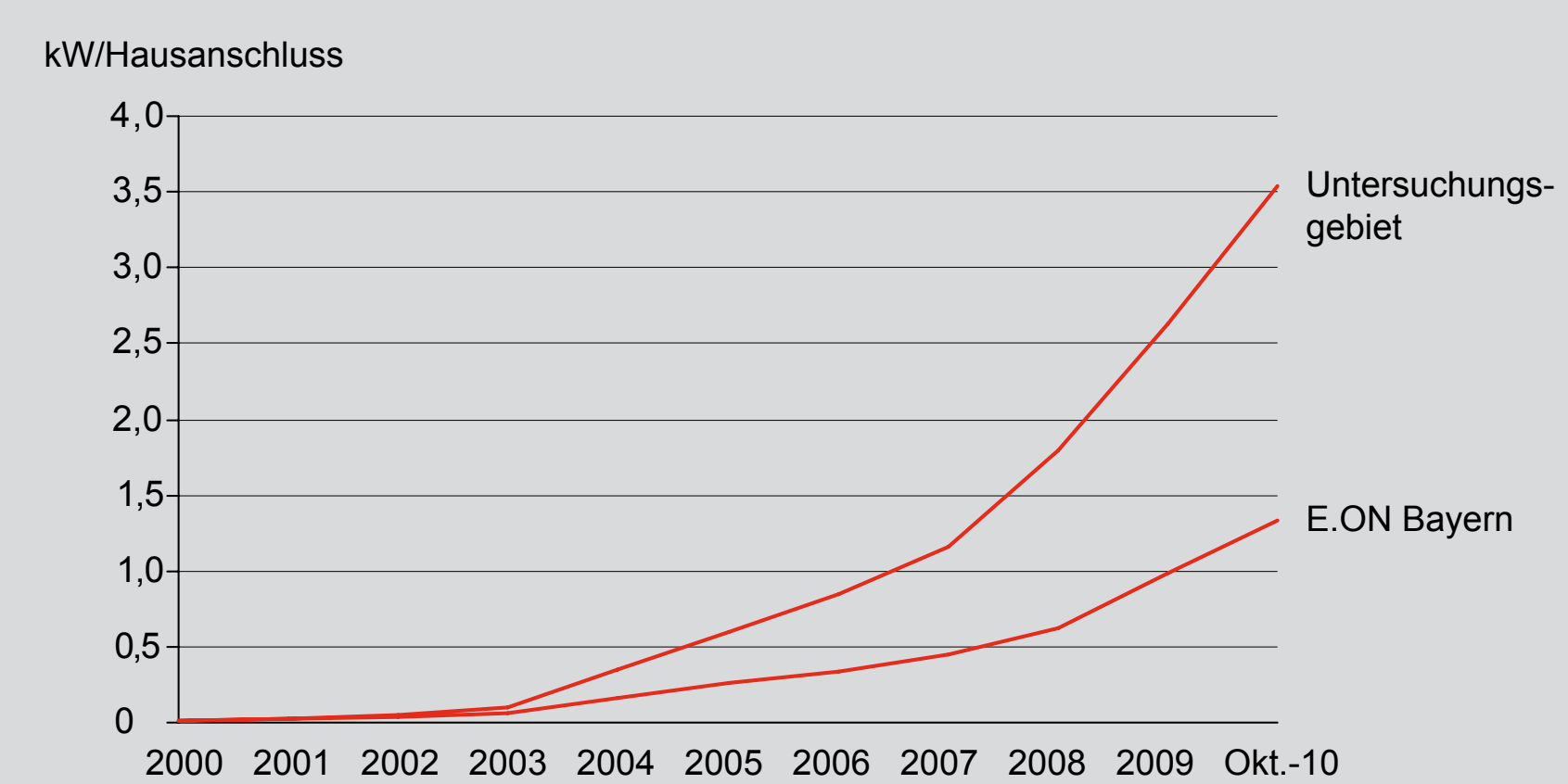


Abb. 2: Verlauf der Anlagendichte im Untersuchungsgebiet Seebach und im gesamten Versorgungsgebiet von E.ON Bayern.

Neue Anforderungen

Zur Ermittlung des Netzzustandes bei PV-Einspeisung werden ausgewählte Ortsnetze sowie das überlagerte Mittelspannungsnetz in eine Simulationsumgebung übertragen und Lastflussrechnungen durchgeführt. Durch die hohe Anzahl an PV-Anlagen entstehen kaum Probleme bei der Betriebsmittelbelastung, wohl aber bei der Spannungshaltung. Abb. 3 zeigt die Spannungsverteilung in einem im Falle der stärksten Netzbelastung bei maximaler Einspeisung und minimaler Last, beispielsweise an einem Sommerwochenende zur Mittagszeit. Es ergibt sich ein umgekehrter Leistungsfluss und eine Rückspeisung über das Mittel- in das Hochspannungsnetz. Zusätzlich weisen PV-Anlagen an klaren Tagen eine hohe Gleichzeitigkeit der Einspeisung auf. Für die Netzauslegung in Netzen mit hoher PV-Durchdringung ist somit meist die Belastung durch dezentrale Einspeiser relevanter als der Starklastfall, da im Starklastfall durch die Vielzahl an Hausanschlüssen mit unterschiedlicher Charakteristik eine geringere Gleichzeitigkeit vorliegt.

Die Anwendung des Spannungs-Änderungskriteriums aus den FNN-Richtlinien in der Simulation führt im direkten Vergleich mit der realen Netzsituation zu Unterschieden. Hierbei werden alle Einspeiser im Netzgebiet aktiviert und deaktiviert, der Hub der Spannung darf nicht über 2 % (MS) bzw. 3 % (NS) steigen.

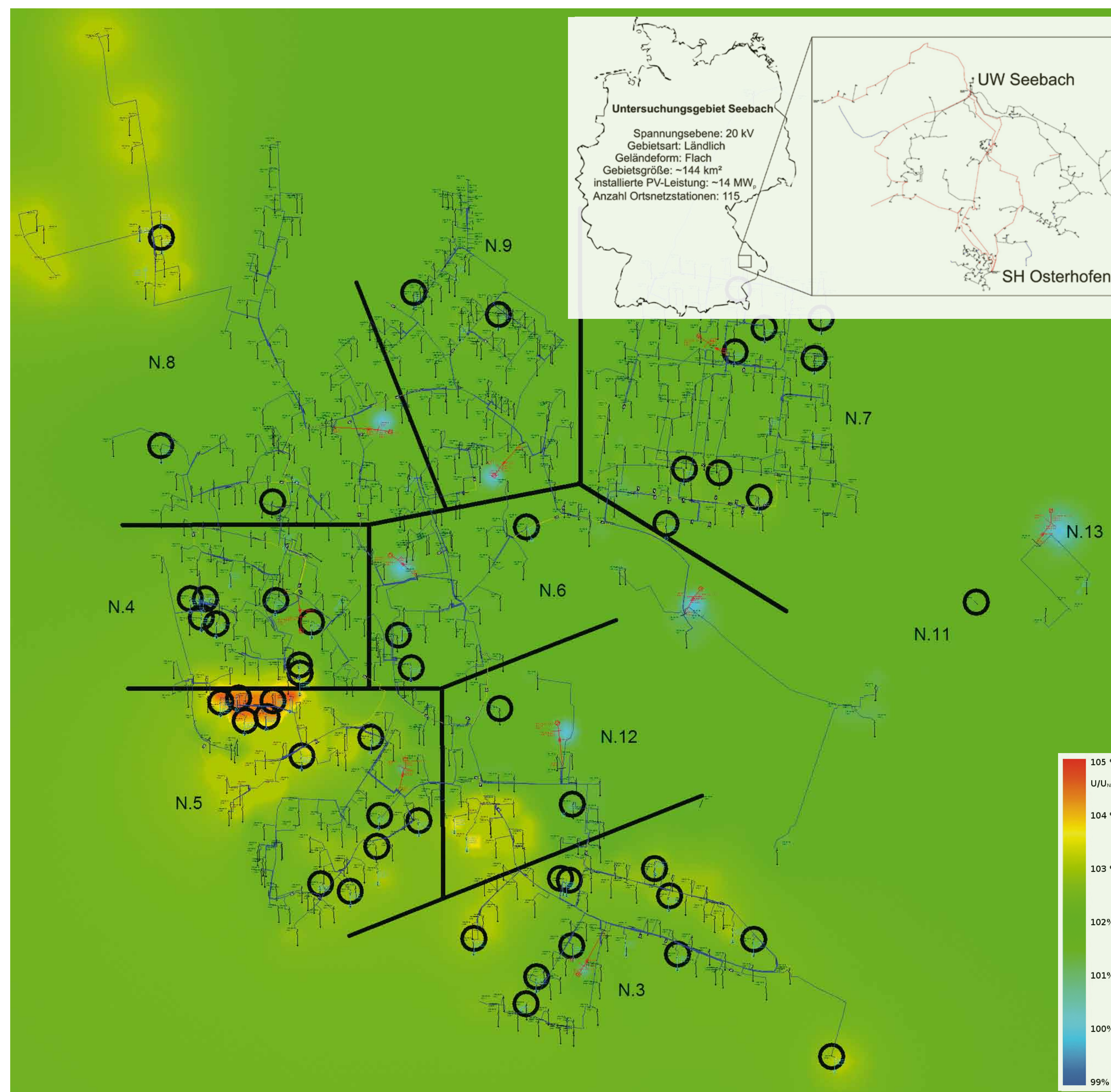


Abb. 3: Ein exemplarisches Ortsnetz und seine Netzbereiche aus dem Untersuchungsgebiet. Die Kreise stellen die PQ-Messpunkte an den Hausanschlüssen dar. Der Farbverlauf symbolisiert die Spannungsverhältnisse (rot = grenzwertig hoch) im Schwachlastfall bei maximaler PV-Einspeisung.

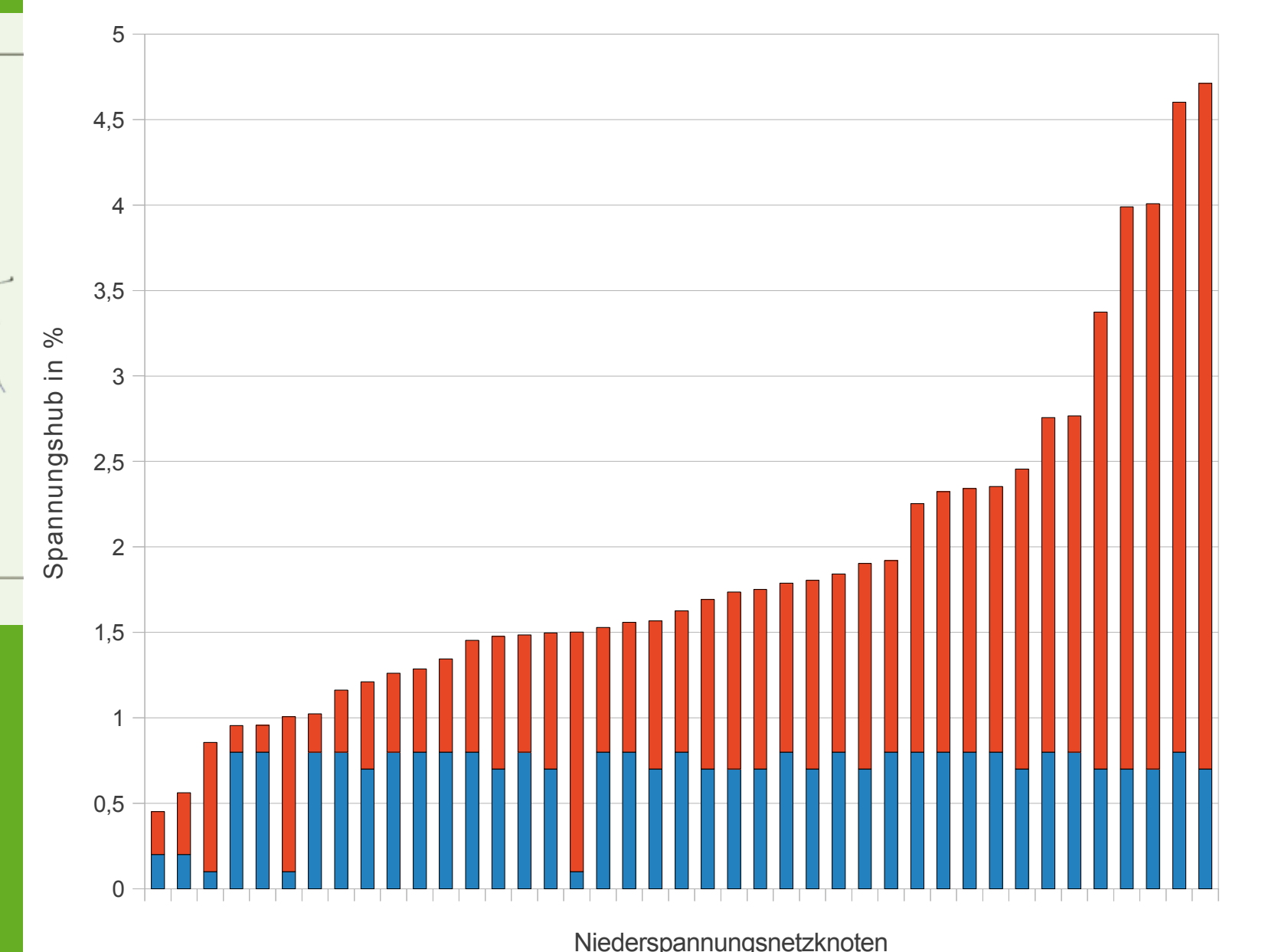


Abb. 4: Spannungsanhebung an ausgewählten Niederspannungs-knoten im Untersuchungsgebiet. In rot gezeigt ist die Anhebung aus dem untersuchtem Niederspannungsnetz, in blau die Rückwirkung der anderen Netzbereiche über das Mittelspannungsnetz.

Abb. 4 visualisiert die Wechselwirkungen der beiden Spannungsebenen an ausgewählten Niederspannungsknoten im Untersuchungsgebiet. In der Analyse werden die Einspeiser mit Verknüpfungspunkt in der Mittelspannung konstant gehalten, somit kann in der Grafik die gegenseitige Beeinflussung der Niederspannungsnetzbereiche über die Mittelspannungsebene abgelesen werden. Dabei ist der Hub, der durch die Anlagen in einem Netzbereich verursacht wird, als oberer Teil des Balkens in rot dargestellt und die Rückwirkung der anderen Netzbereiche über die Mittelspannung unten in blau zu sehen.

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Netz der Zukunft“ sind eine Vielzahl fernauslesbarer Messgeräte in einem Mittelspannungsnetz und den untergeordneten Niederspannungsnetzen installiert. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in einer ländlichen Region Niederbayerns mit einer bereits sehr hohen PV-Durchdringung von 3,5 kW pro Hausanschluss. Das fertig gestellte Messnetzwerk liefert seit Ende 2010 eine große An-

zahl an Daten, mit denen verschiedene Theorien zu den Auswirkungen einer hohen PV-Durchdringung überprüft werden können.

Erste Berechnungen im Netzgebiet zeigen, dass sich durch die hohe Anzahl an PV-Anlagen hauptsächlich Probleme bei der Spannungshaltung ergeben. Vor allem an sonnenreichen Tagen übersteigt die dezentral erzeugte Leistung den momentanen Verbrauch

im Niederspannungsnetz wesentlich. Dabei entstehen bei Netzausläufern und Strängen mit hoher Anlagendichte Spannungsanhebungen über den richtliniengemäß vorgegebenen Werten. Die veränderte Situation stellt neue Anforderungen an das Netz, die in die Netzplanung mit einfließen sollten.

⁽¹⁾ Hochschule München · Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Arbeitsgruppe Solar Labor · 80323 München
Tel.: 0 89 / 12 65 - 34 83 · Fax: 0 89 / 12 65 - 34 03
http://www-lse.ee.hm.edu · georg.wirth@hm.edu

⁽²⁾ Technische Universität München · Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze
80290 München

⁽³⁾ E.ON Bayern AG · 93049 Regensburg