

# UNTERSUCHUNGEN ZUR OBERSCHWINGUNGSBELASTUNG IN NETZEN MIT HOHER PHOTOVOLTAIK-DURCHDRINGUNG

Robert PARDATSCHER(\*)<sup>1</sup>, Rolf WITZMANN<sup>1</sup>, Georg WIRTH<sup>2</sup>, Andreas SPRING<sup>2</sup>, Gerd BECKER<sup>2</sup>, Sebastian SCHMIDT<sup>3</sup>, Johannes BRANTL<sup>3</sup>

## Hintergrund

Der rasante Anstieg der Nutzung regenerativer Energien hat in den letzten Jahren eine hohe Dynamik im Energieversorgungssystem hervorgerufen. In den Mittel- und Niederspannungsnetzen wurde eine Vielzahl von Photovoltaik(PV)-Anlagen mit jeweils vorwiegend geringer Anlagenleistung installiert, die mittels Leistungselektronik ihre Energie ins Netz einspeisen. Inwiefern diese hohe Anzahl an Wechselrichtern einen Einfluss auf die Oberschwingungsbelastung ausübt und ob daraus Handlungsbedarf entsteht, soll die folgende Untersuchung aufzeigen.

## Datengrundlage und Methodik

Grundlage für die Analyse stellen Smart-Meter-Messdaten aus dem Untersuchungsgebiet Seebach des Forschungsprojekts „Netz der Zukunft“ dar. Das Untersuchungsgebiet Seebach befindet sich in Niederbayern und wird von der Bayernwerk AG versorgt. Es zeichnet sich durch eine bereits sehr hohe PV-Durchdringung mit einer mittleren Leistungsdichte von mehr als 5 kW<sub>p</sub> je Hausanschluss aus. Bei der Messwerterfassung wird u.a. der Oberschwingungsgehalt der drei Phasenspannungen aufgezeichnet. Die THD-Werte (Total Harmonic Distortion) werden an mehreren hundert Niederspannungs-Hausanschlüssen gemessen, die auf mehrere Ortschaften des Untersuchungsgebietes verteilt sind. Nebst einer statistischen Auswertung wird die Oberschwingungsbelastung diversen Aspekten gegenübergestellt und auf eine mögliche Abhängigkeit der PV-Einspeisung hin untersucht. Dazu wird der THD der Spannung folgenden Größen gegenübergestellt:

- der Jahres-/Tageszeit
- der Sonnenscheindauer am jeweiligen Tag der Messwertaufzeichnung
- der Höhe der Spannung zum Zeitpunkt der Messung
- der Einspeiseleistung der PV-Anlagen
- dem Leistungsfluss der Ortsnetztransformatoren

## Ergebnisse

Die untersuchten Netze werden entsprechend der Siedlungsstruktur in Land-, Dorf- und Vorstadtnetze klassifiziert. Im Folgenden werden einige der Ergebnisse dargestellt und zwei der untersuchten Gegenüberstellungen am Beispiel eines der Dorfnetze vorgestellt. Die restlichen Aspekte sind im Full-Paper zu finden.

### *Statistische Auswertung*

In Abbildung 1 sind die Mittelwerte und die 95 %-Quantile der gesamten Messwerte differenziert nach den untersuchten Ortschaften dargestellt. Die Mittelwerte zeigen eine Grundbelastung durch Oberschwingungen, die 95 %-Quantile des THD sind mit Werten unterhalb von 3 % deutlich von dem in der Norm EN 50160 definierten Grenzwert (8 %, berücksichtigt Oberschwingungen bis zur 40. Ordnung) entfernt. Während in ländlicheren Regionen mit hohem Dachflächenpotential und längeren Leitungsstrecken die Netze schneller an ihre Spannungs- und Belastungsgrenzen kommen als in dichter besiedelten Gebieten, zeigt sich bei der Oberschwingungsbelastung ein gegenläufiger Trend. In den Land-Netzen herrscht ein geringerer THD-Pegel vor als in den dörflichen Ortschaften bzw. dem Vorstadtnetz.

<sup>1</sup> Technische Universität München, Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze, Arcisstr. 21, 80290 München, Tel.: +49 89 289 25098, robert.pardatscher@tum.de, www.een.ei.tum.de

<sup>2</sup> Hochschule München, Labor Solartechnik und Energietechnische Anlagen, www-lse.ee.hm.edu

<sup>3</sup> Bayernwerk AG, Assetmanagement, www.bayernwerk.de

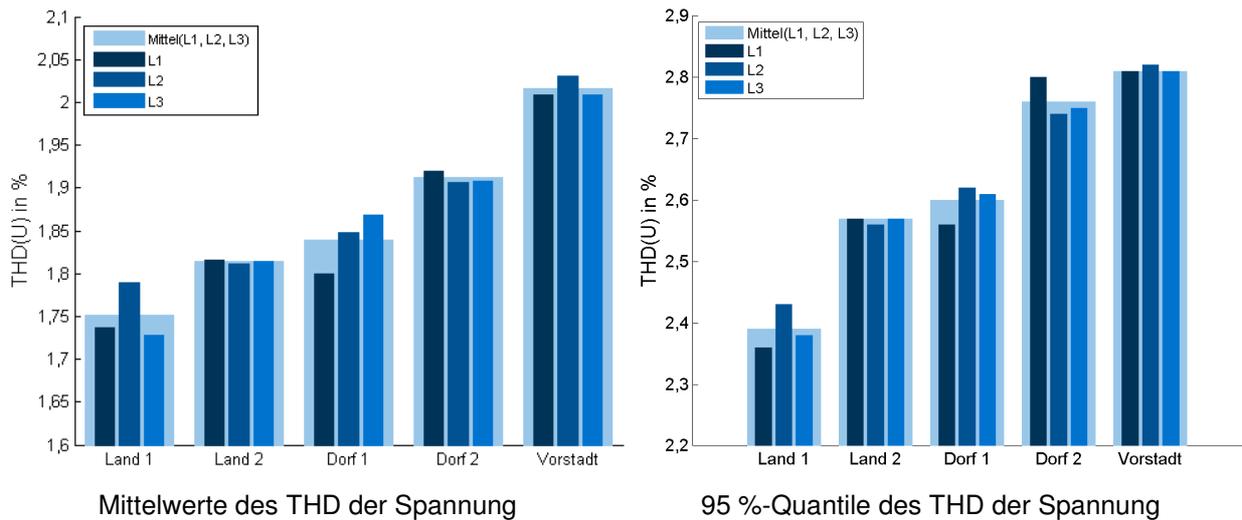
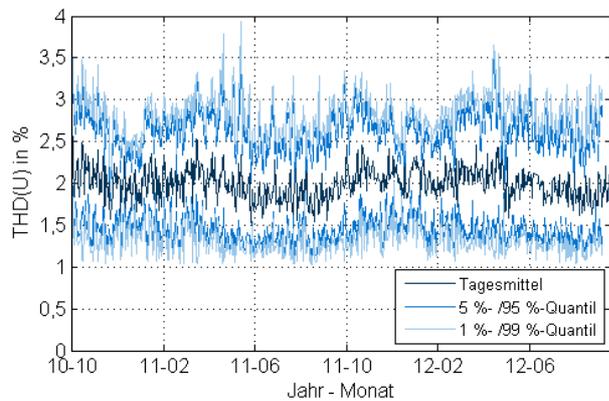


Abbildung 1: Statistische Größen des THD der Spannung

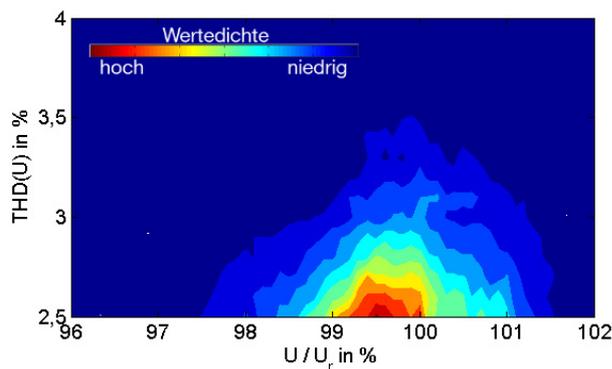
**Gegenüberstellung: Oberschwingungsbelastung ↔ Jahreszeit**



In Abbildung 2 ist der zeitliche Verlauf der Oberschwingungsbelastung eines Dorf-Netzes über zwei Jahre dargestellt. Der Zeitverlauf zeigt keine nachvollziehbare jahreszeitliche Abhängigkeit, die der Photovoltaik zugeordnet werden könnte. Es ist weder eine Erhöhung des THD in einstrahlungsstarken Sommermonaten noch eine deutliche Absenkung während denselben ersichtlich. Aus dieser Betrachtungsweise lässt sich also keine Abhängigkeit des THD von der Jahreszeit und somit der PV-Einspeisung ermitteln.

Abbildung 2: THD-Zeitverlauf für ein Dorf-Netz

**Gegenüberstellung: Oberschwingungsbelastung ↔ Spannungshöhe**



Werden die THD-Werte der Spannung zugeordnet, die zum Zeitpunkt der Messwertaufzeichnung an den entsprechenden Hausanschlüssen gemessen wurden, ergibt sich für die höchsten auftretenden Werte ( $> 2,5\%$ ) eine Verteilung nach Abbildung 3. Dabei tritt die höchste Wertedichte bei Spannungen zwischen  $99 - 100\% \cdot U_r$  auf. Wenige Werte liegen unterhalb von  $97,5\%$  und oberhalb von  $101,5\% \cdot U_r$ . Dieser Spannungsbereich deutet weder auf Situationen starker Einspeisung noch auf Zeitpunkte starker Last hin. Ein Anstieg der THD-Werte aufgrund von

Abbildung 3: THD-Werte der Spannung zugeordnet

PV-Einspeisung ist bei Betrachtung dieses Aspekts nicht zu erkennen.

**Fazit**

Die Untersuchungen unterschiedlichster Aspekte zeigen unabhängig voneinander keine sichtbare Abhängigkeit der Oberschwingungsbelastung (bis zur 40. Ordnung) von hoher PV-Einspeisung. Es ist daher auch bei einem weiteren Zubau von PV und bei Beibehaltung der aktuellen Planungsprämissen in der Verteilnetzebene nicht von Oberschwingungsproblemen auszugehen.