



13. Symposium Energieinnovation

Untersuchungen zur Oberschwingungsbelastung in Netzen mit hoher Photovoltaik-Durchdringung

Graz, 14. Februar 2014

**Dipl.-Ing. Robert Pardatscher
Prof. Dr.-Ing. Rolf Witzmann**

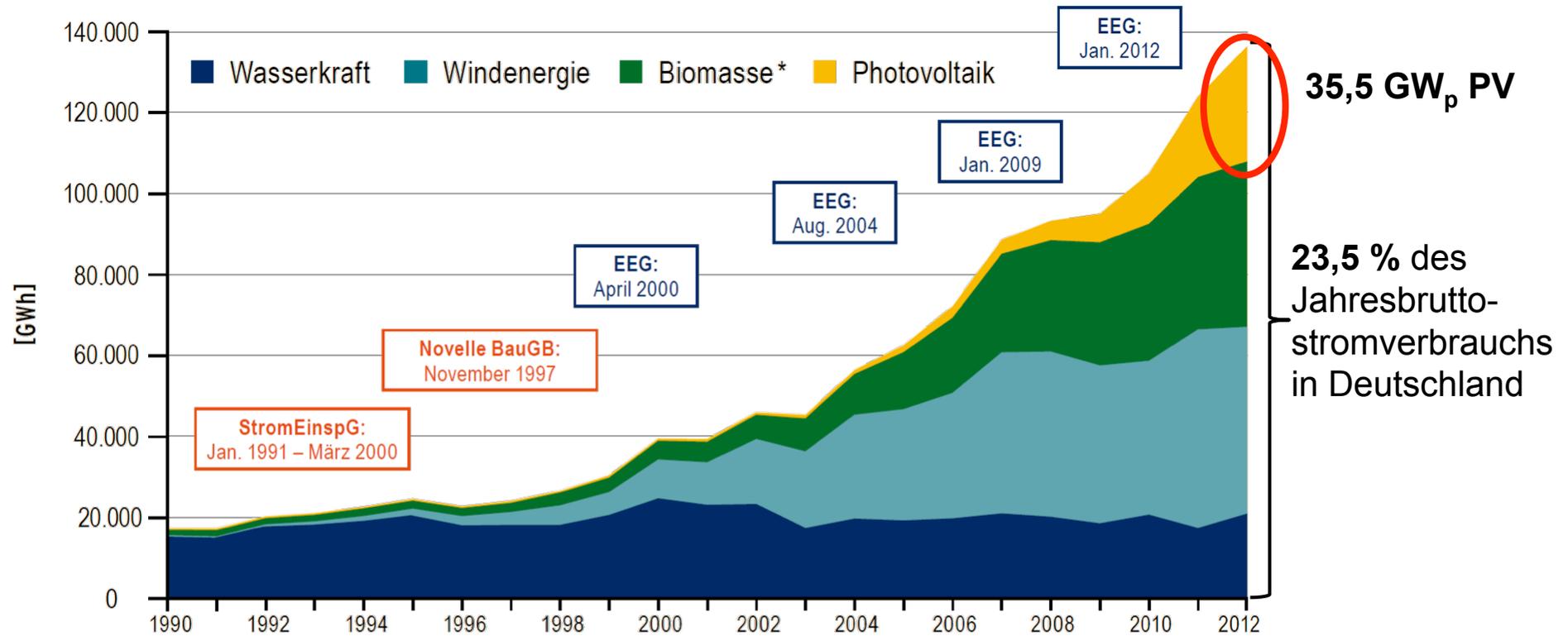
Technische Universität München,
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze



Gliederung

1. Einführung
2. Datengrundlage
3. Ergebnisse
 - Statistische Auswertung
 - Prüfung auf Einhaltung der Norm
 - THD \leftrightarrow Jahres- / Tageszeit
 - THD \leftrightarrow Sonnenscheindauer
 - THD \leftrightarrow Spannungshöhe
 - THD \leftrightarrow PV-Einspeiseleistung
 - THD \leftrightarrow Leistungsfluss an Ortsnetztransformatoren
4. Fazit

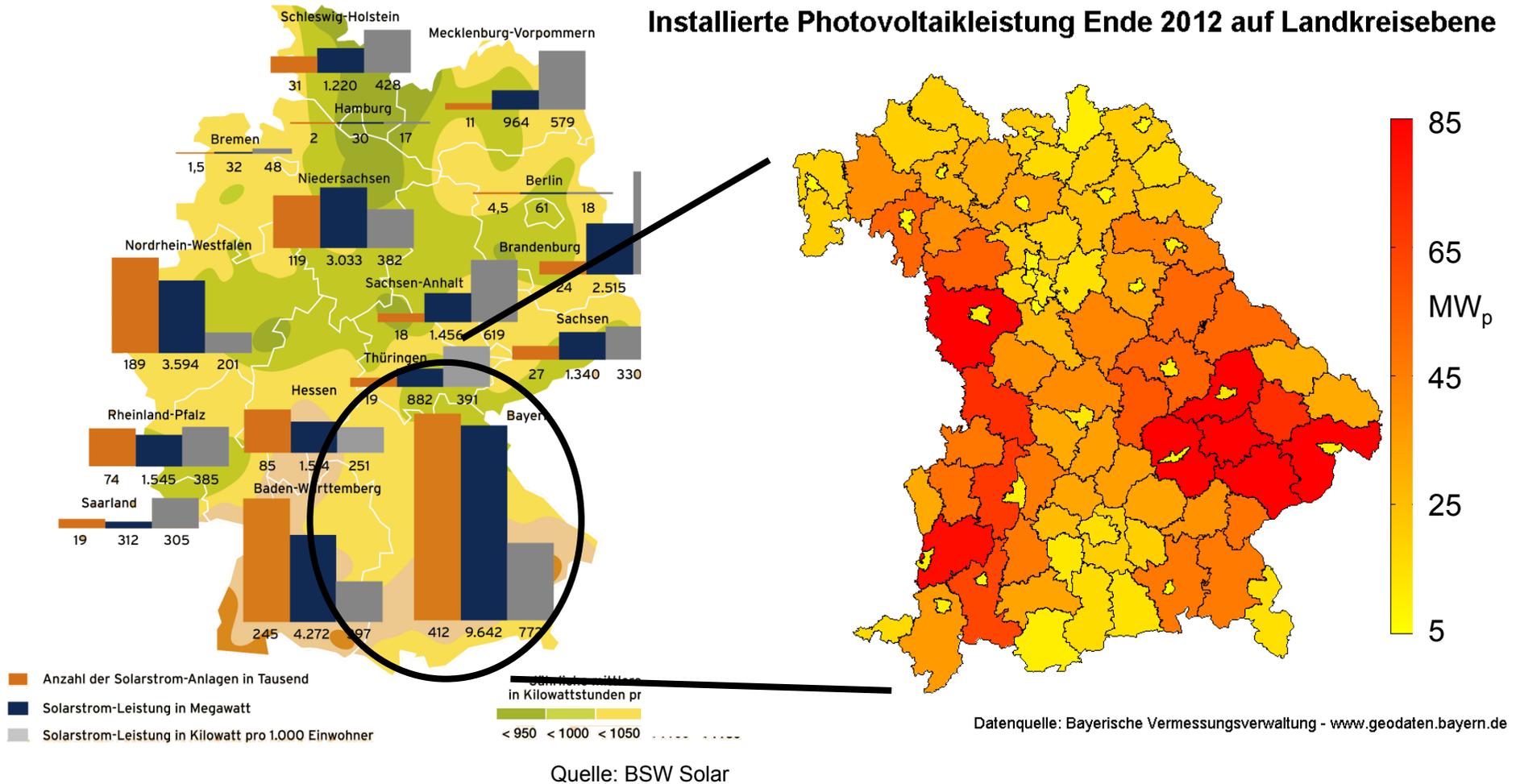
Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland



* Feste und flüssige Biomasse, Biogas, Klär- und Deponiegas, biogener Anteil des Abfalls;
 1 GWh = 1 Mio. kWh; Aufgrund geringer Strommengen ist die Tiefengeothermie nicht dargestellt.
 StromEinspG: Stromeinspeisungsgesetz; BauGB: Baugesetzbuch; EEG: Erneuerbare-Energien-Gesetz;

Quelle: BMU – E I 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Februar 2013; Angaben vorläufig

Verteilung der installierten Photovoltaikleistung





1. Einführung

2. Datengrundlage

3. Ergebnisse

- Statistische Auswertung
- Prüfung auf Einhaltung der Norm
- THD \leftrightarrow Jahres- / Tageszeit
- THD \leftrightarrow Sonnenscheindauer
- THD \leftrightarrow Spannungshöhe
- THD \leftrightarrow PV-Einspeiseleistung
- THD \leftrightarrow Leistungsfluss an Ortsnetztransformatoren

4. Fazit

Forschungsprojekt „Netz der Zukunft“

Projektpartner:

bayerwerk

Assetmanagement,

Sebastian Schmidt, Johannes Brantl,
Regensburg



Labor Solartechnik und Energietechnische Anlagen,
Prof. Gerd Becker, Georg Wirth, Andreas Spring,
München



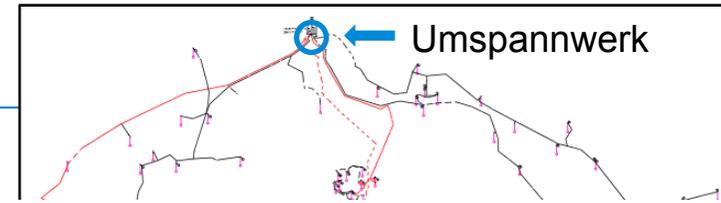
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze,
Prof. Rolf Witzmann, Robert Pardatscher,
München

Projektziele:

- Sicherstellen der DIN EN 50160
- Identifizierung der neuen Anforderungen an Verteilnetze
- Erarbeitung/Anpassung von Planungsgrundlagen von Netzen mit hoher PV-Einspeisung
- Optimierung der Netzauslastung
- Evaluierung von Maßnahmen:
 - Einsatz von regelbaren Ortsnetztransformatoren (rONTs)
 - Blindleistungsbezug von PV-Wechselrichtern
 - Leistungsbegrenzung von PV-Anlagen

Untersuchungen auf breite
Messdatenbasis stellen

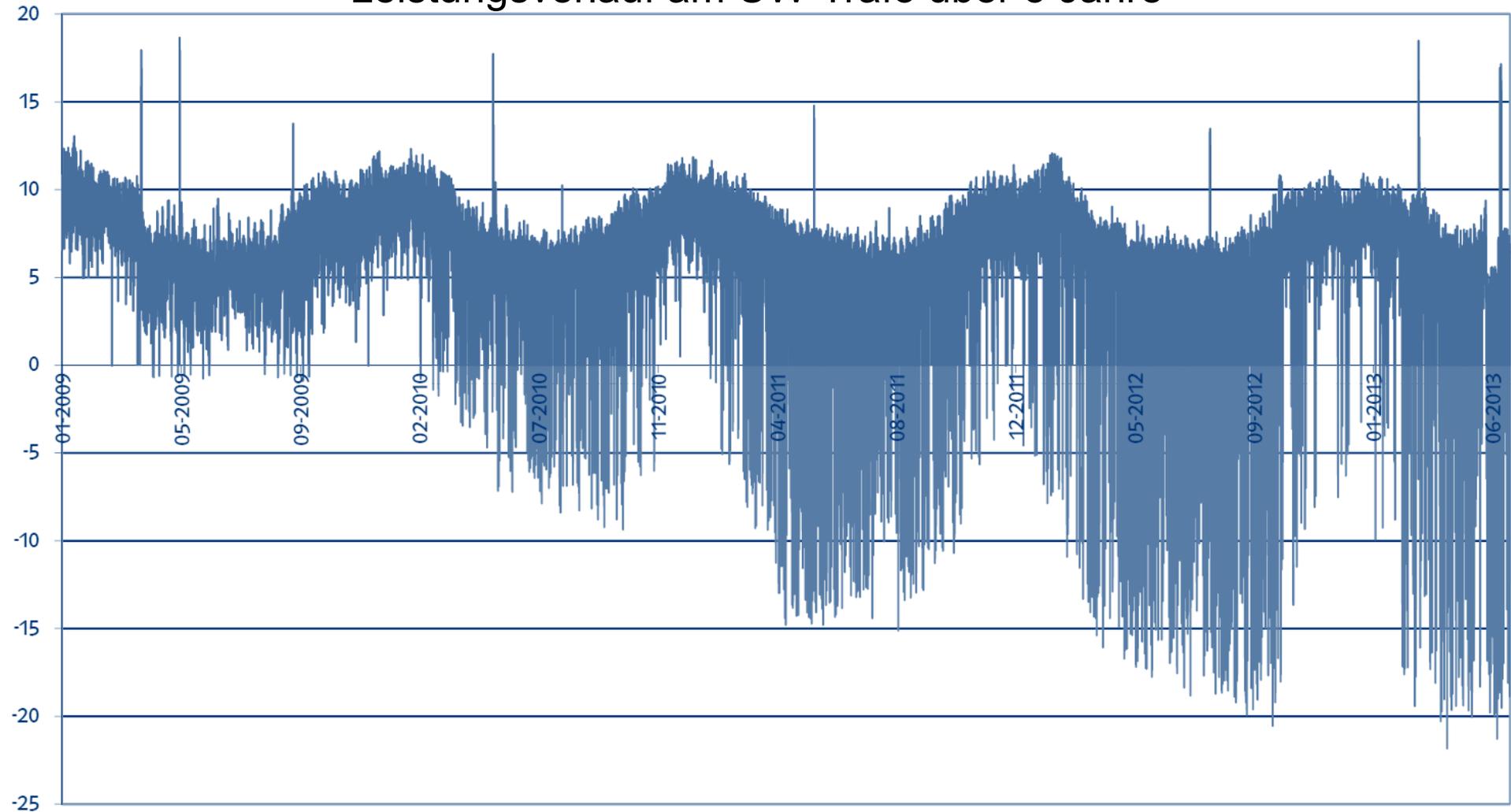
 Untersuchungsgebiet Seebach



Untersuchungsgebiet Seebach

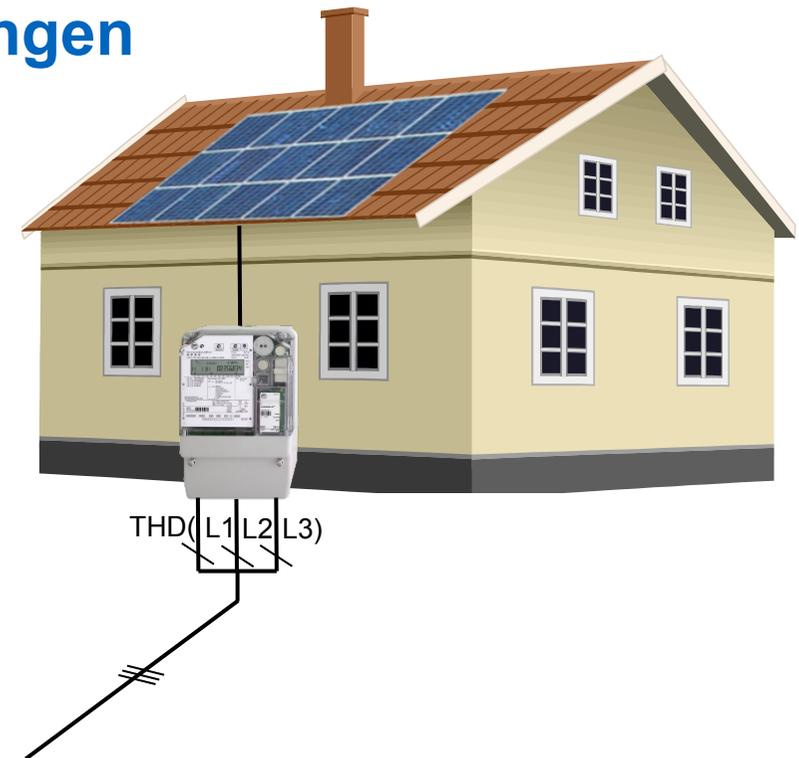
S [MVA]

Leistungsverlauf am UW-Trafo über 5 Jahre



Datengrundlage der Untersuchungen

- Datenquelle:
 - Mehrere hundert Lastgangzähler mit PQ-Modul an Hausanschlüssen (HA)
 - PQ-Messgeräte in Ortsnetzstationen
- Verwendete Messgrößen:
 - THD* der drei Leiter-Erd-Spannungen
 - Leiter-Erd-Spannungen an HA
 - PV-Einspeiseleistung
 - Leistung an Ortsnetztransformatoren
 - Sonnenscheindauer (Quelle: DWD, Station Straubing)
- Messzeitraum: 2 Jahre (Okt. 2010 – Okt. 2012)
- Auflösung: 10-Minuten-Mittelwerte



*... (Total Harmonic Distortion, Messung der Gesamtverzerrung bis zur 40. Ordnung)



1. Einführung

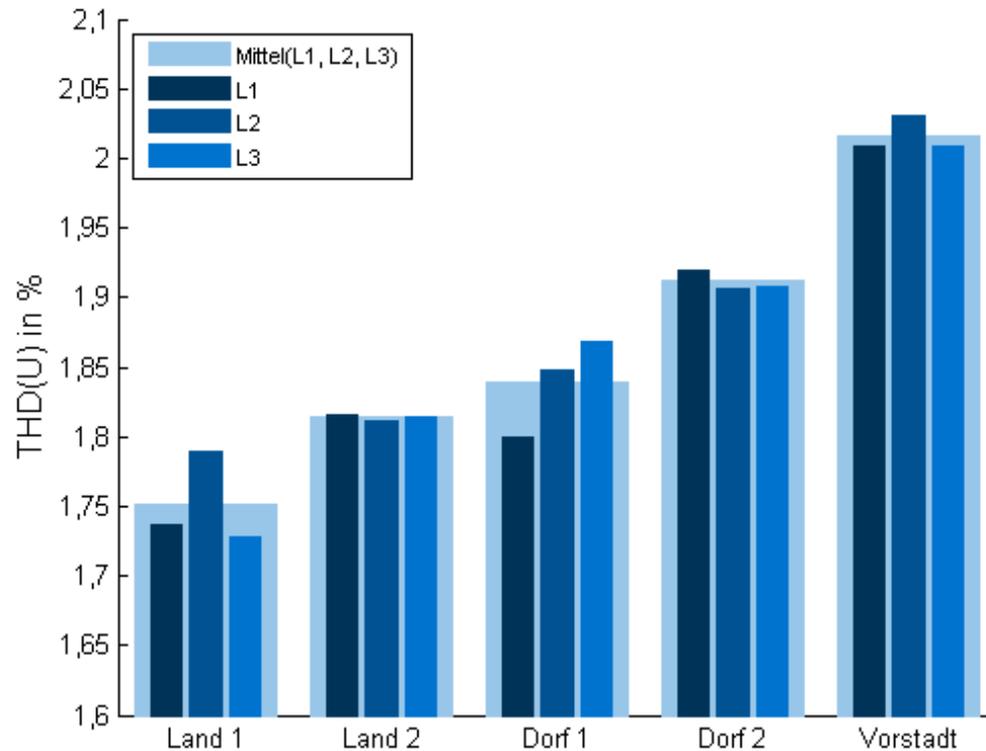
2. Datengrundlage

3. Ergebnisse

- **Statistische Auswertung**
- **Prüfung auf Einhaltung der Norm**
- **THD ↔ Jahres- / Tageszeit**
- **THD ↔ Sonnenscheindauer**
- **THD ↔ Spannungshöhe**
- **THD ↔ PV-Einspeiseleistung**
- **THD ↔ Leistungsfluss an Ortsnetztransformatoren**

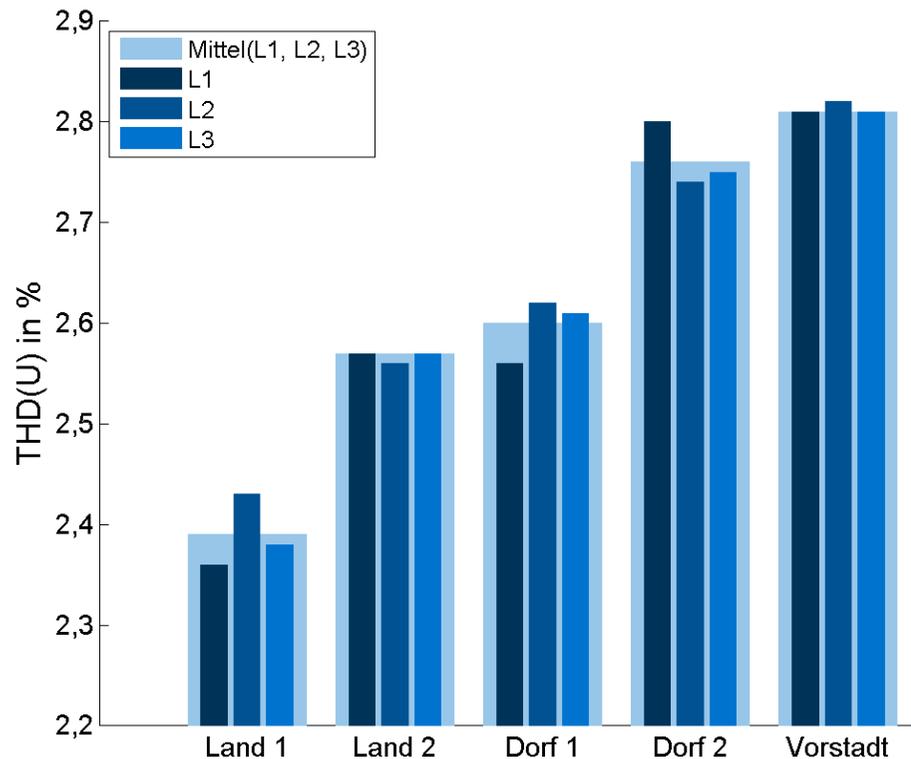
4. Fazit

Statistische Auswertung: Mittlere OS-Belastung



- Wertebereich: 1,7 – 2,1 %
- Geringe Differenzen zwischen L1-L2-L3
→ für weitere Untersuchungen Mittelwert
- Steigerung der OS-Belastung von Land- über Dorf- zum Vorstadtnetz
→ gegenläufig zu PV-Problematik

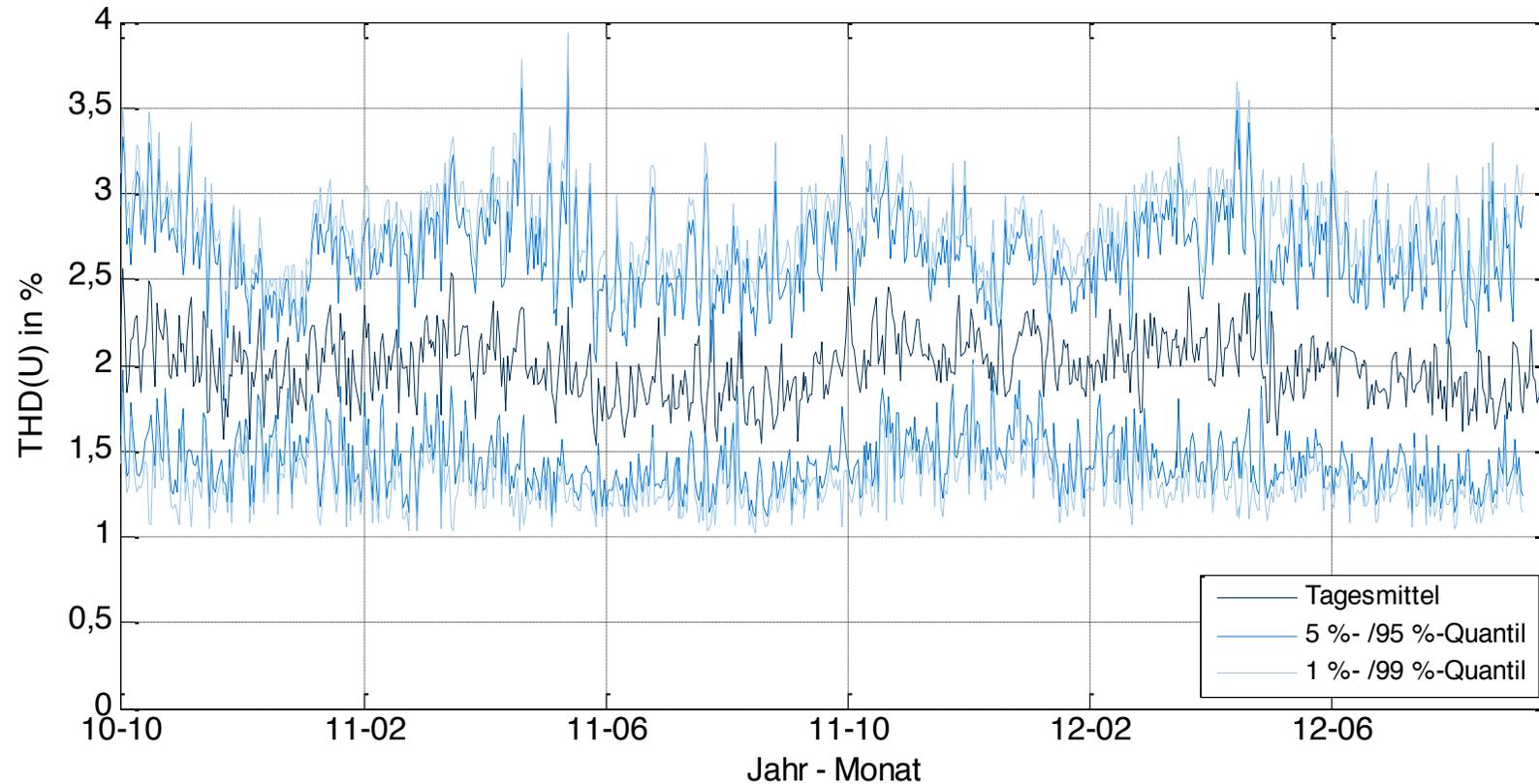
Statistische Auswertung: 95 %-Quantile des THD



- Wertebereich: 2,4 – 2,8 %
- Geringe Differenzen zwischen L1-L2-L3
→ für weitere Untersuchungen Mittelwert
- Steigerung der OS-Belastung von Land- über Dorf- zum Vorstadtnetz

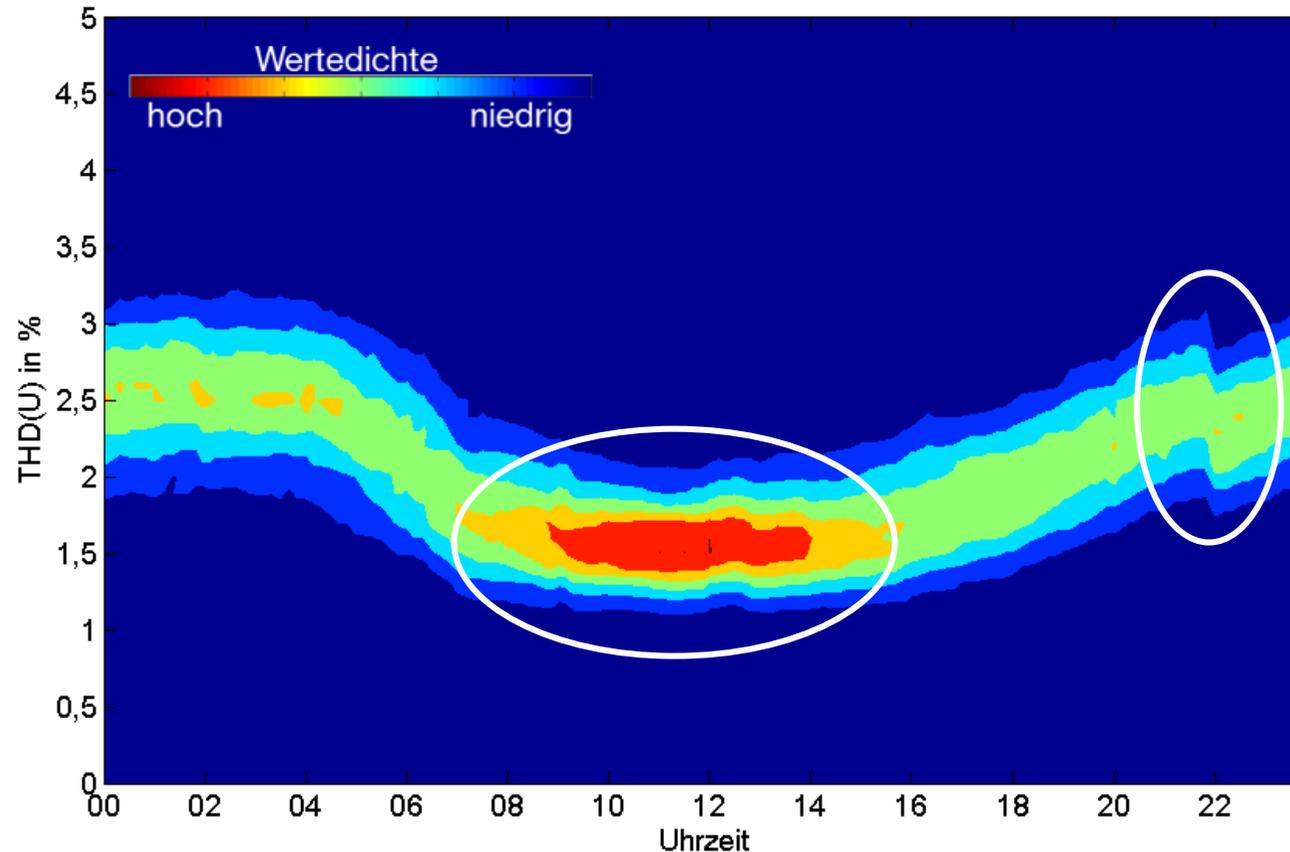
Prüfung der HA-Daten zeigt keine Normverletzung des THD nach EN 50160

Der THD im Laufe der Jahreszeit



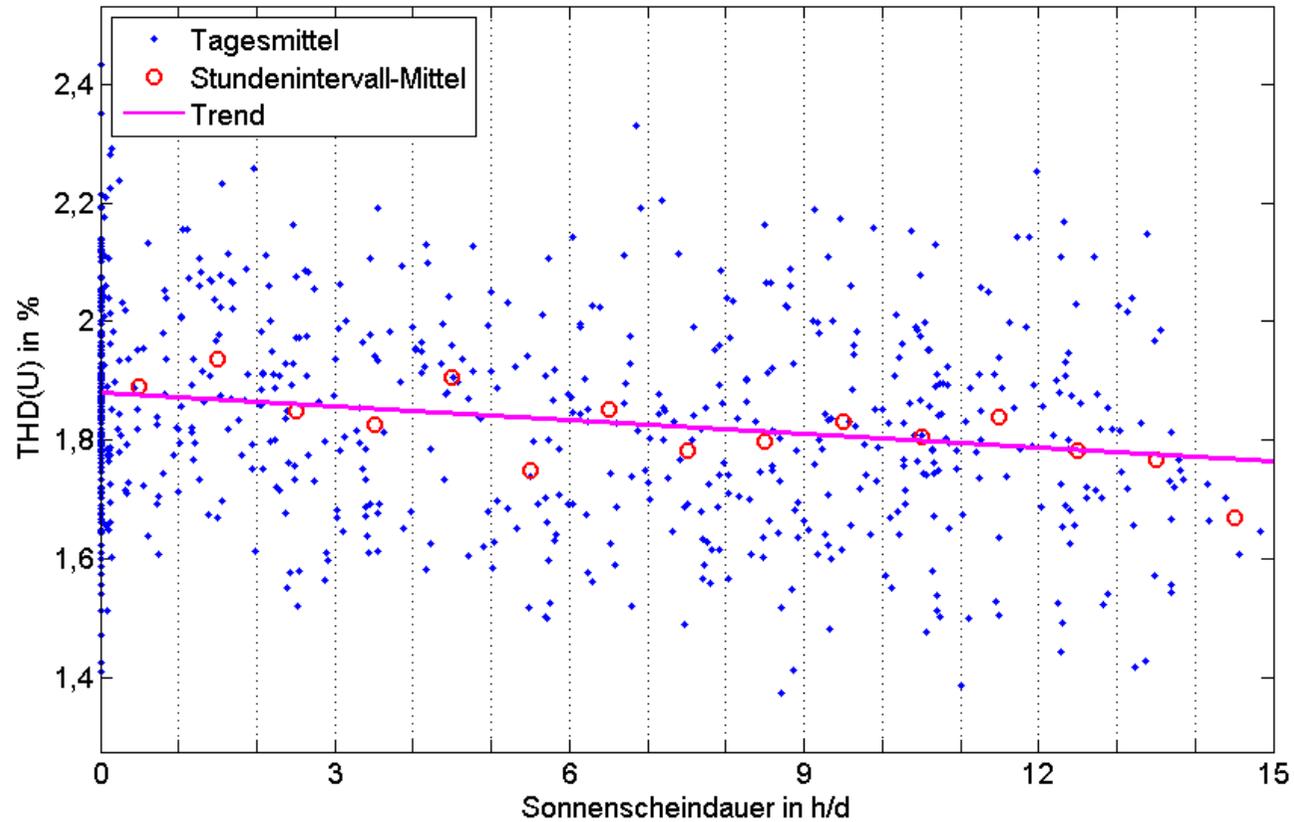
- Keine Abhängigkeit von der Jahreszeit ersichtlich
 - Spreizung der Werte um Tagesmittel relativ konstant
- **Kein Hinweis auf Anstieg der OS-Belastung durch PV-Einspeisung**

Der THD im Laufe des Tages



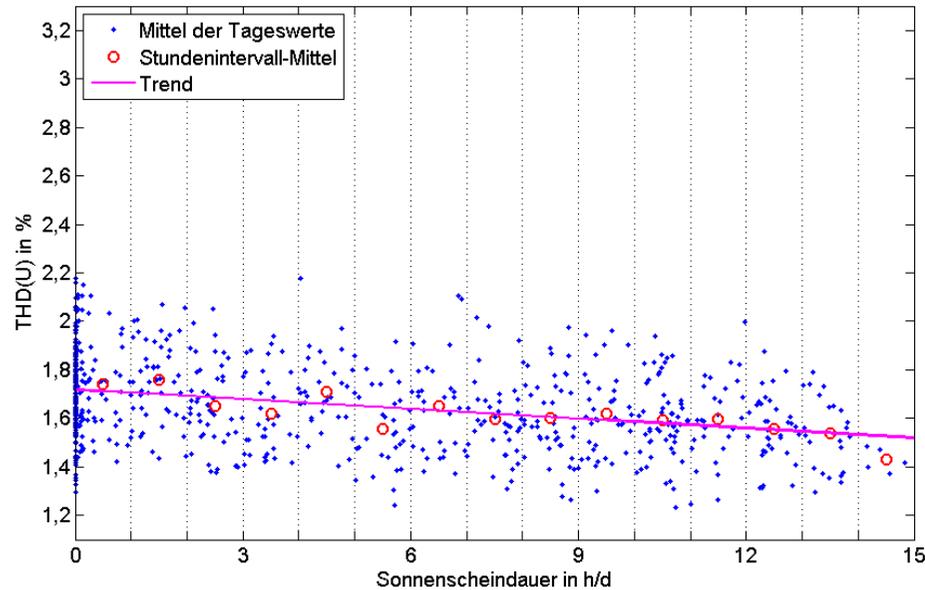
- Absenkung tagsüber
 - Höhere Wertedichte um die Mittagszeit aufgrund geringerer Spreizung um Mittelwert
- **Kein Hinweis auf Anstieg der OS-Belastung durch PV-Einspeisung**

Der THD und die Sonnenscheindauer

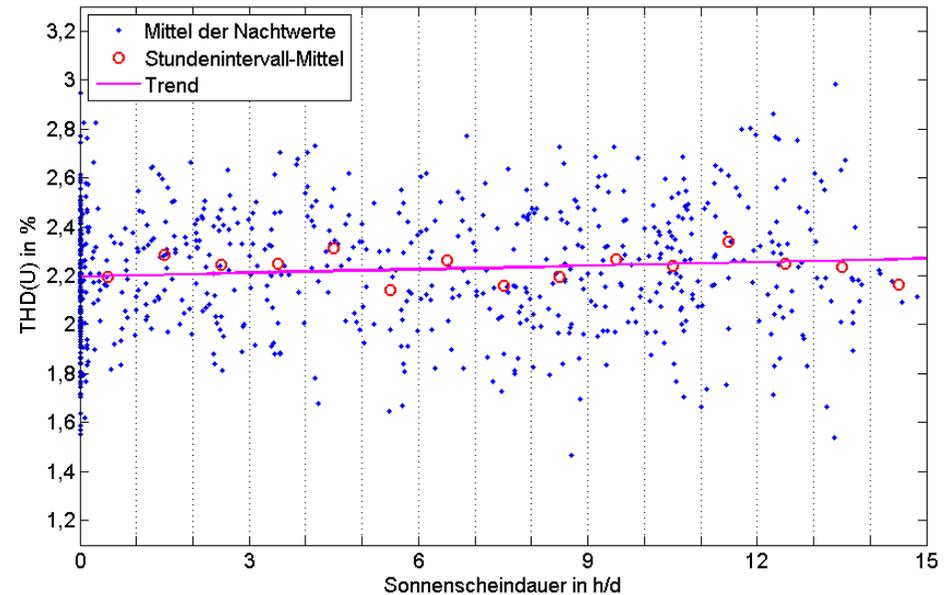


- Fallende Oberschwingungsbelastung an Tagen mit mehr Sonne

Der THD und die Sonnenscheindauer differenziert nach Tag und Nacht



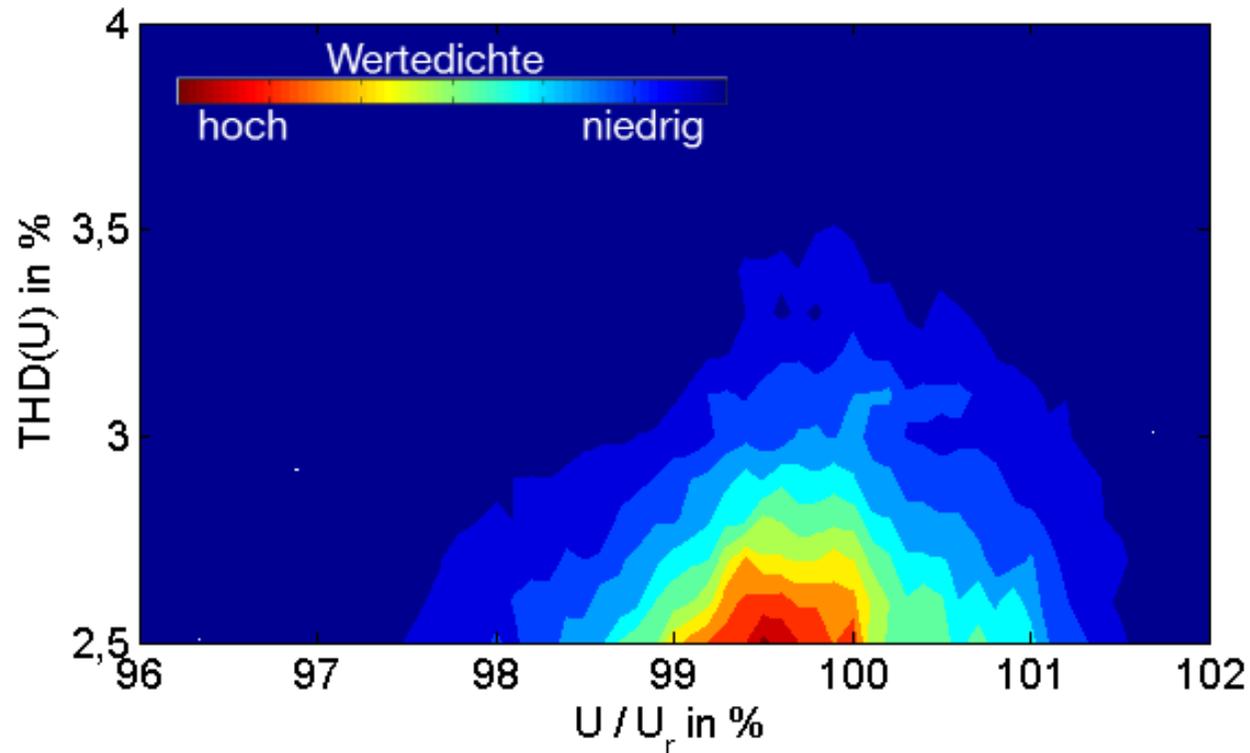
- Fallende Oberschwingungsbelastung an Tagen mit mehr Sonne
- Geringere Abweichung der Tagesmittel von Trendlinie



- Leicht steigende Oberschwingungsbelastung an Tagen mit mehr Sonne
- Größere Abweichung der Tagesmittel von Trendlinie, höhere mittlere Standardabweichung

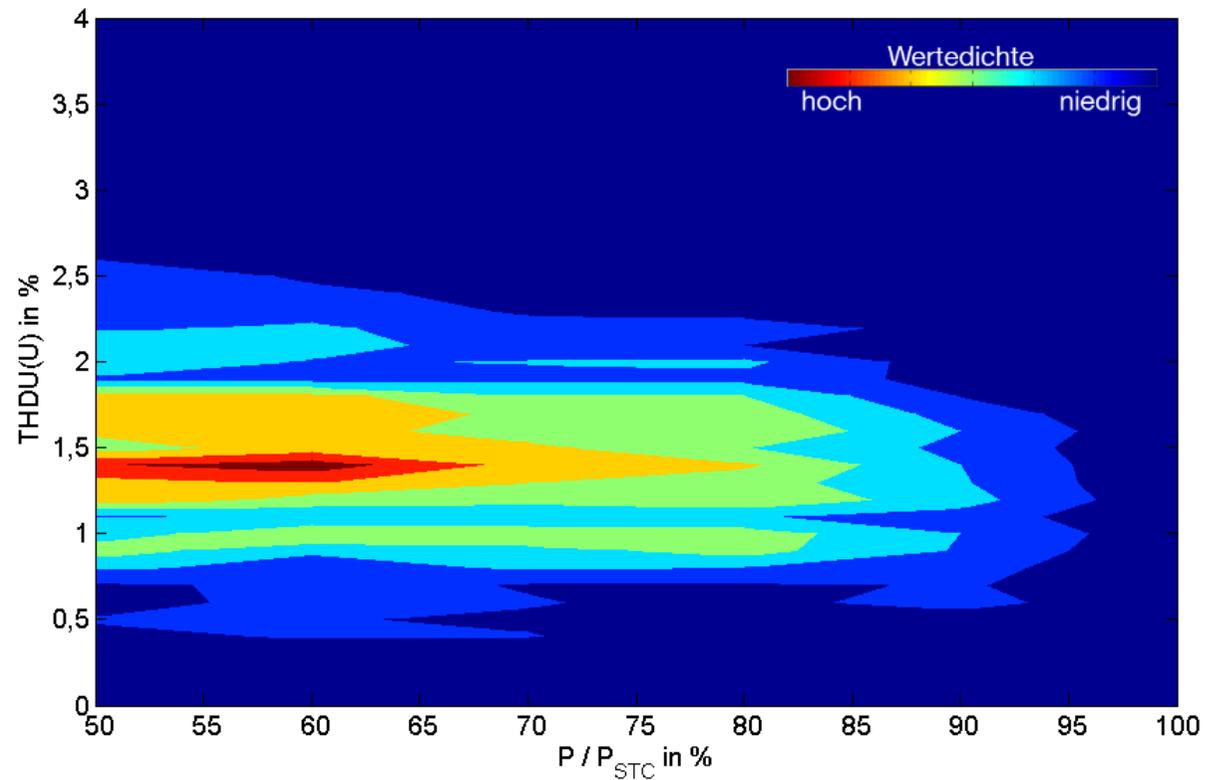
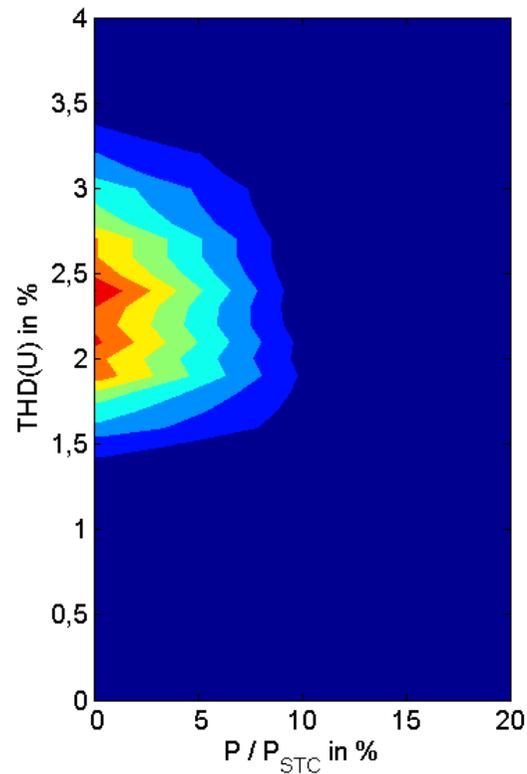
→ **Kein Anstieg der Oberschwingungsbelastung an Tagen mit mehr Sonne**

Der THD in Abhängigkeit der Spannungshöhe



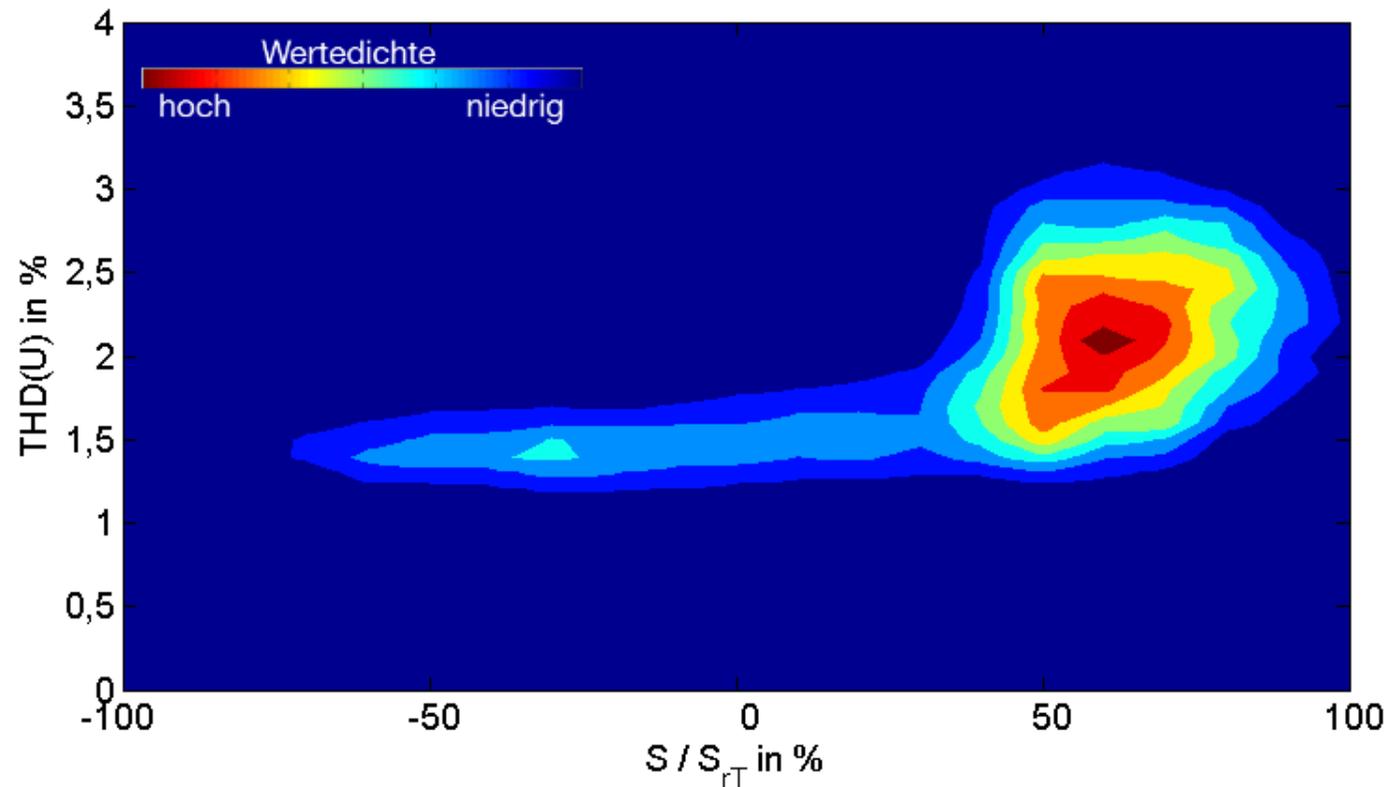
- Werte im Bereich zwischen 97,5 % - 101,5 % · U_r
 - Schwerpunkt zwischen 99 % – 100 % · U_r
- **Kein THD-Anstieg hin zu höheren Spannungen**

Der THD in Abhängigkeit der PV-Einspeiseleistung



→ Kein THD-Anstieg bei steigender PV-Einspeiseleistung

Der THD in Abhängigkeit des Leistungsflusses an den Ortsnetztransformatoren



- Mehr Zeitpunkte mit Verbrauch → Schwerpunkt
 - Abgesenkter THD-Pegel zu Zeiten von Rückspeisung
- **Kein THD-Anstieg bei Rückspeisung**



1. Einführung

2. Datengrundlage

3. Ergebnisse

- Statistische Auswertung
- Prüfung auf Einhaltung der Norm
- THD \leftrightarrow Jahres- / Tageszeit
- THD \leftrightarrow Sonnenscheindauer
- THD \leftrightarrow Spannungshöhe
- THD \leftrightarrow PV-Einspeiseleistung
- THD \leftrightarrow Leistungsfluss an Ortsnetztransformatoren

4. Fazit

Fazit

- Die statistische Auswertung der Messdaten zeigt moderate Oberschwingungspegel in allen untersuchten Ortschaften.
 - An keinem HA ist es zu Normverletzungen gekommen.
 - Die unabhängige Betrachtung der Oberschwingungsbelastung in Abhängigkeit
 - Der Jahres- und Tageszeit
 - Der Sonnenscheindauer
 - Der Spannungshöhe
 - Der PV-Einspeiseleistung
 - Dem Leistungsfluss über die Ortsnetztransformatorenzeigt keinen Anstieg bei hoher PV-Einspeisung.
- Unter Beibehaltung aktueller Planungsprämissen ist mit keinen Oberschwingungsproblemen bei weiterem PV-Zubau im Untersuchungsgebiet zu rechnen



Fachgebiet
Elektrische Energieversorgungsnetze

Technische Universität München



HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN · FH
MÜNCHEN

bayernwerk TUM

Forschungsprojekt „Netz der Zukunft“

Dipl.-Ing. Robert Pardatscher

Technische Universität München
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze
Arcisstraße 21, 80333 München, Deutschland

Tel.: +49.89.289.25098

Fax: +49.89.289.25089

Email: robert.pardatscher@tum.de

Web: www.een.ei.tum.de