

# Spannungsregelung durch PV-Wechselrichter in Niederspannungsnetzen – Erfahrungen aus morePV2grid

Benoît Bletterie

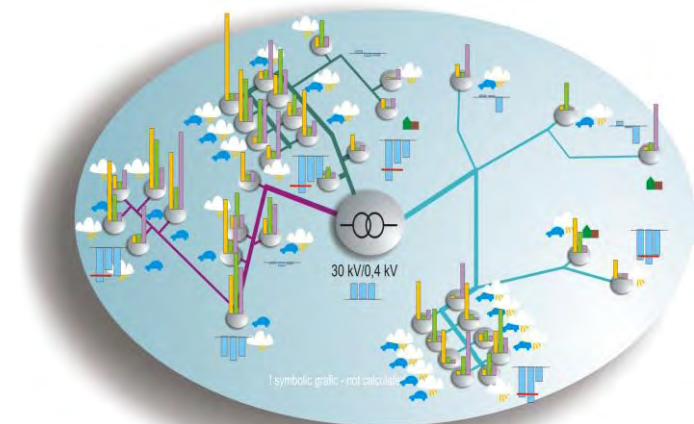


# Inhalt

1. Projektansatz
2. Wirksamkeit der lokalen Spannungsregelung unter realen Bedingungen
3. Planung und Durchführung der Feldtests
4. Erfahrungsaustausch - IEA PVPS Task 14

## morePV2grid Ansatz

- Motivation:
  - Reserven (*hosting capacity* - Aufnahmefähigkeit) unter derzeitigen Planungskriterien schnell erreicht
    - wenig Wissen über Niederspannungsnetze
    - Planung auf Basis konservativer Annahmen (worst-...worst case)
  - Lokale Probleme sollten lokal gelöst werden – PV Anlagen als Teil der Lösung
  - **Aber:** Komplexität steigt, Erfahrungen fehlen
  
- Ansatz (*Simulationen, Labortests und Feldtests*):
  - Quantifizierung der Auswirkung einer hohen PV-Dichte
  - Abschätzung der Wirksamkeit der Regelung / Stabilitätsuntersuchungen
  - Entwicklung der Regelung
  - Validierung



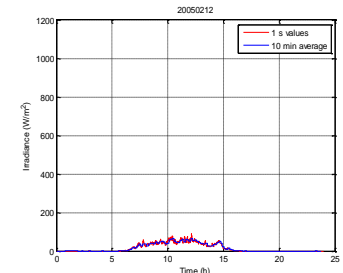
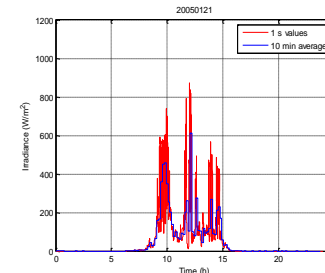
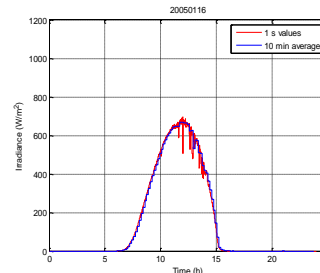
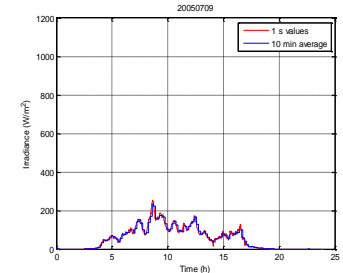
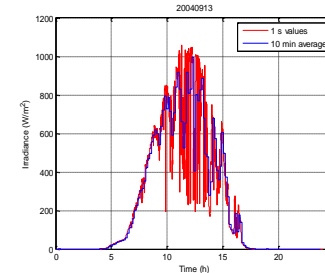
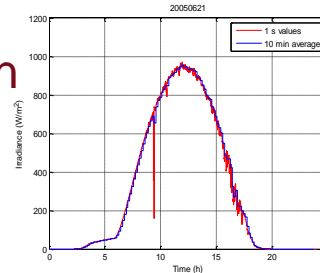
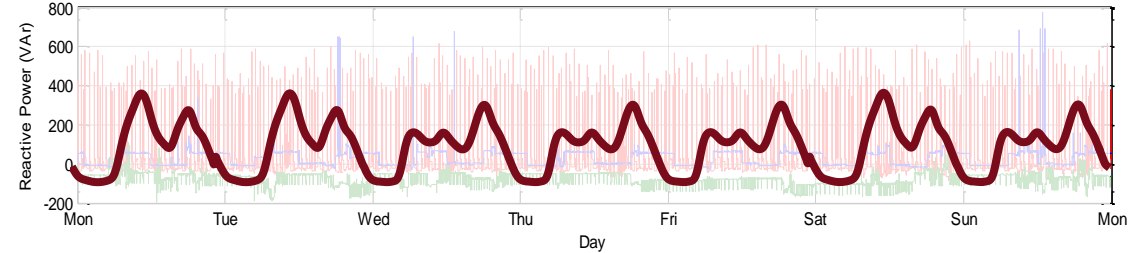
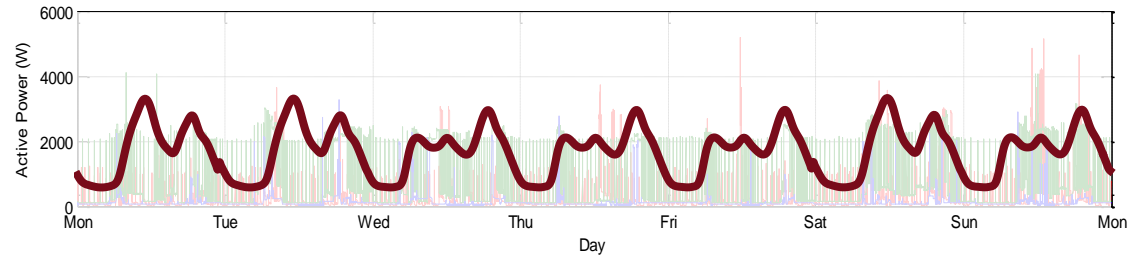
# Was ist bei Niederspannungsnetzen anders?

- Lastprofile aus 1 s-Messungen (2 Wochen)
- PL1, PL2, PL3
- QL1, QL2, QL3

## ➤ Was ist neu?

- ✓ Unsymmetrische Lastflussberechnung
- ✓ Hoch aufgelöste Messungen statt synthetische Last- und Erzeugungsprofile

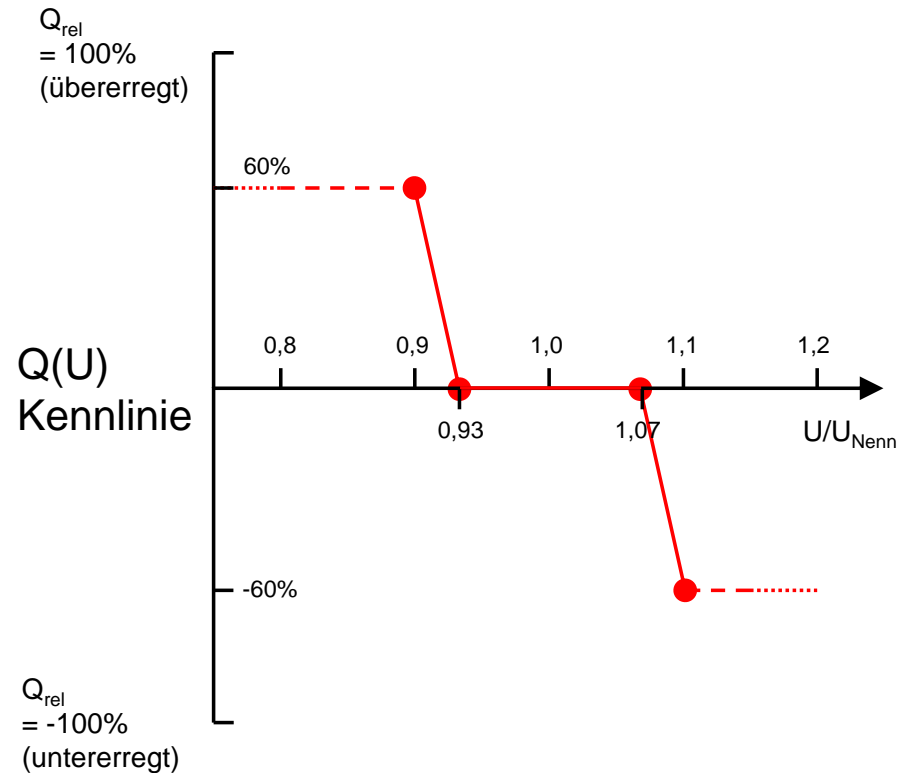
- PV Profile aus 1 s {G,T}-Messungen
- I-V Modell aus EN 50530
- 6 repräsentative Tage wurden ausgewählt



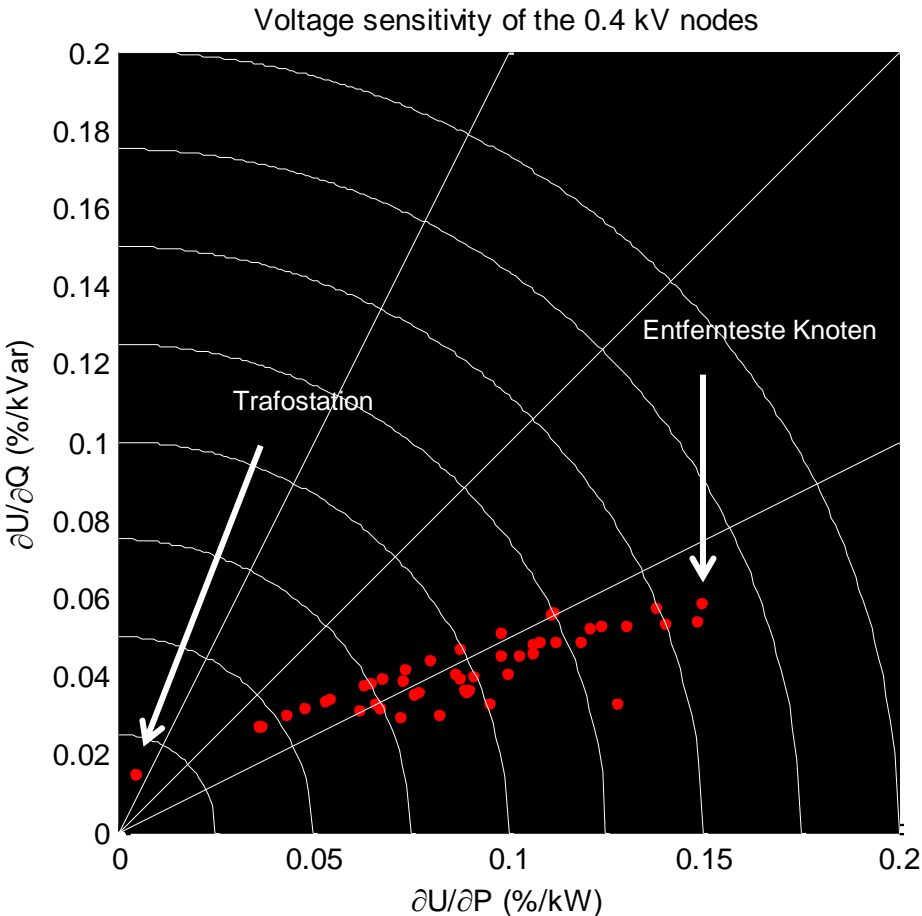
# Lokale Spannungsregelung mit PV-Wechselrichter

## Fragen:

- Wirksamkeit der Regelung
- „Nebenwirkungen“:
  - Einfluss auf andere Knoten und Phasen
  - Netzverluste
  - Blindleistungsbezug
- Auslegung der PV Anlagen
- Einfluss auf den Ertrag?
- Sinnvolle Einstellungen?!



# Wirksamkeit der Q-basierte U-Regelung in Niederspannungsnetzen



Unter symmetrischen Bedingungen:

$$\Delta U \approx \frac{R \cdot P}{U_N^2} \cdot \left[ 1 - \tan(\varphi) \cdot \frac{1}{R/X} \right]$$

Am entferntesten Knoten:

$$\rightarrow \partial U / \partial P = 0,15 \text{ \%/kW}$$

$$\rightarrow \partial U / \partial Q = 0,06 \text{ \%/kVar}$$

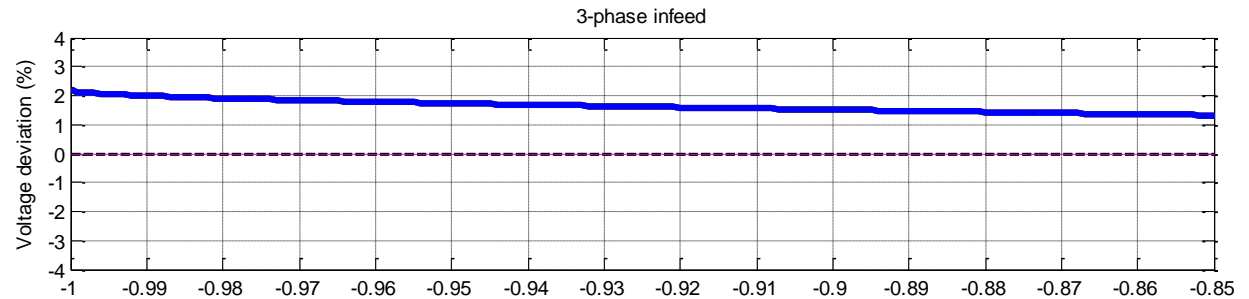
$$\rightarrow R/X \sim 2,5$$

$$\rightarrow \text{Kompensation} \sim 20\% \text{ @ } \cos\varphi = 0,9$$

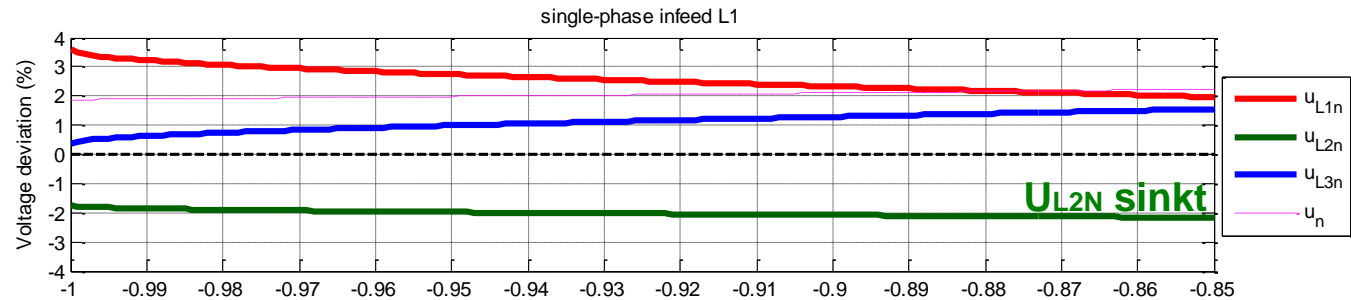
# Wirksamkeit der Spannungsregelung (hier $\cos\varphi(P)$ ) unter unsymmetrischen Bedingungen

$Z_{ref}=0,4+j0,25 \Omega$   
(IEC 60725):

→ 15 kW 3Ø

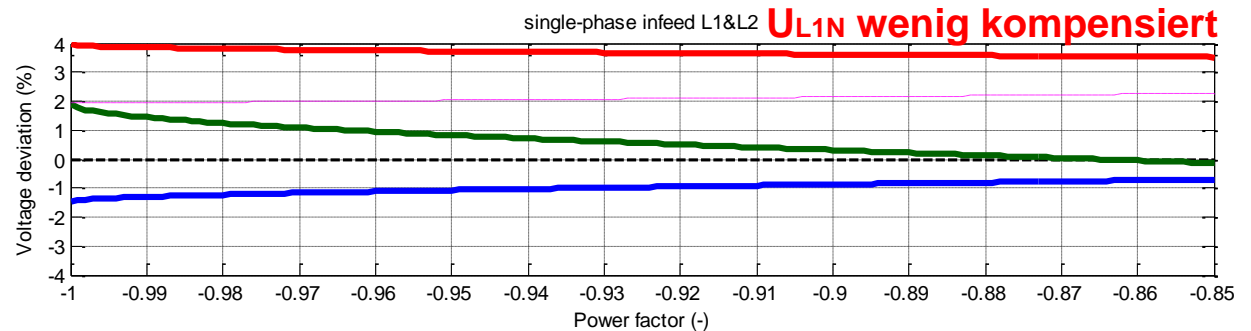


→ 5 kW L1



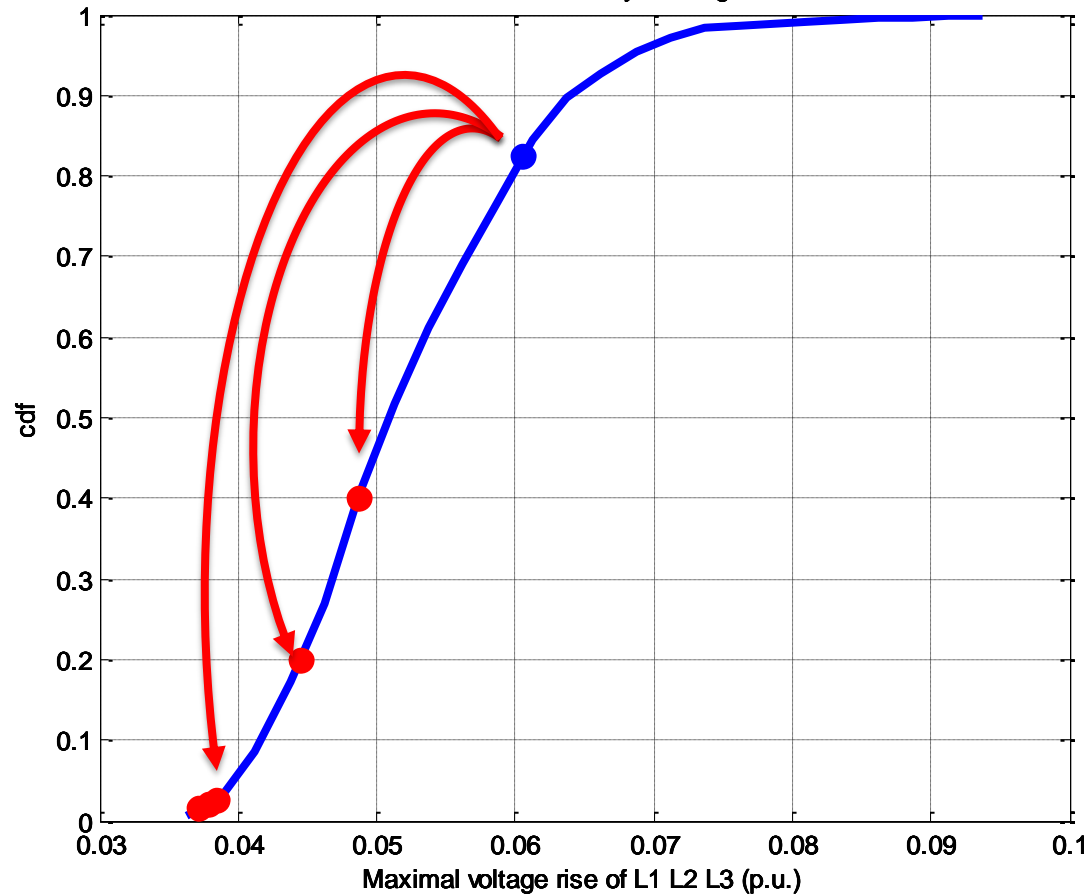
→ 5 kW L1

→ 5 kW L2



# Probabilistische Methoden für die Netzplanung – optimale Phasenzuordnung mit Smart Meters

Achievable reduction by reassignment



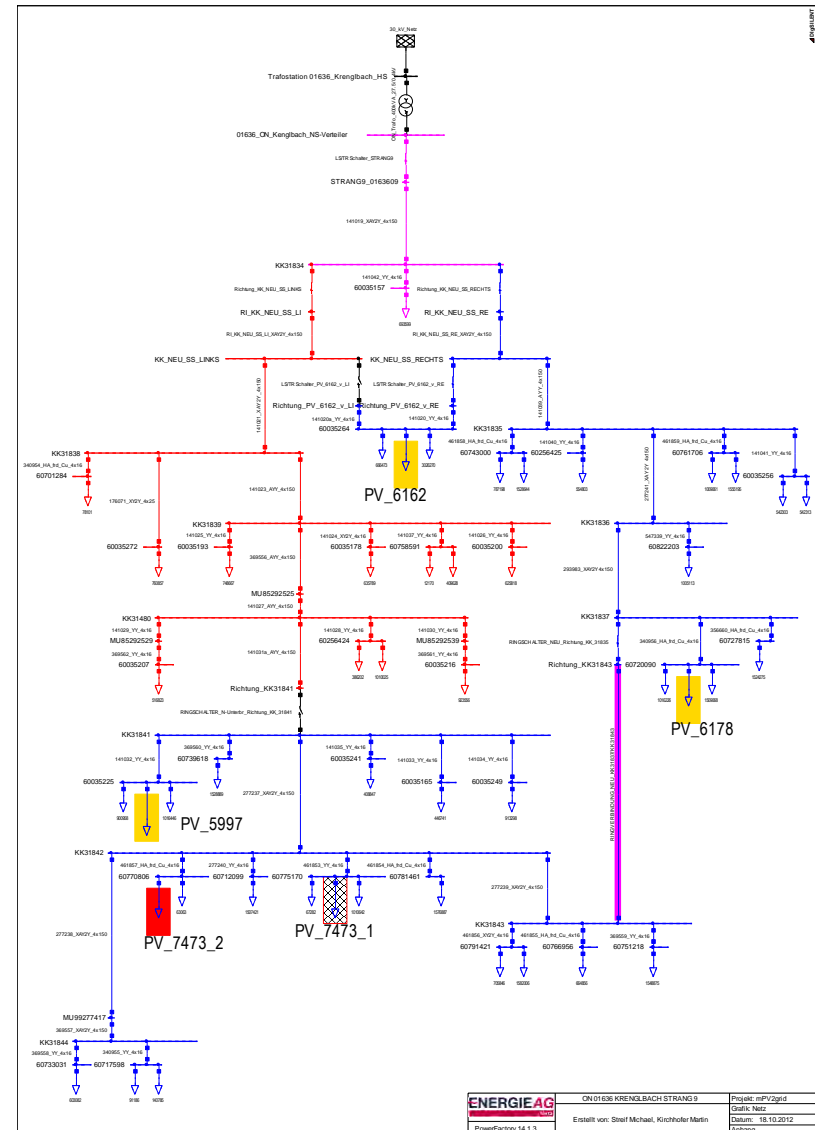
Handgriffe: 8



# Feldtests - Vorbereitung

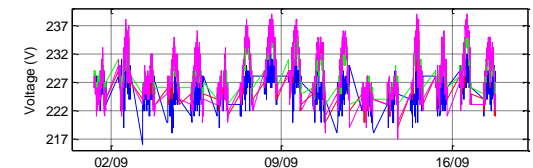
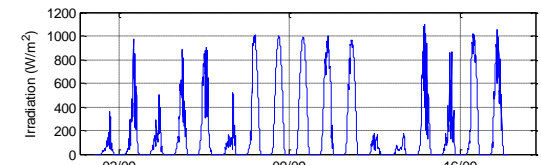
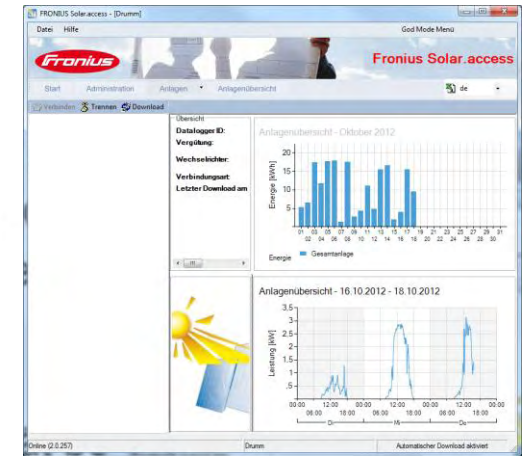
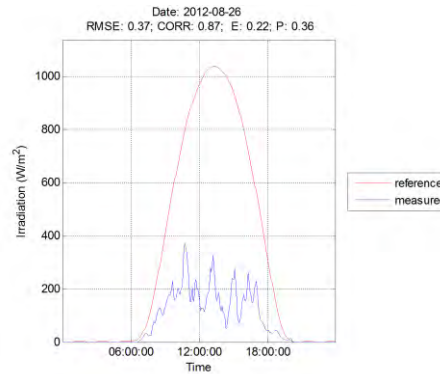
- Netzumbau um die Auswirkung der PV Anlagen zu erhöhen:
    - Verlegung eines Kabels (Erhöhung des Angriffsfaktor)
    - Umschaltung der Anlagen auf die gleiche Phase
- Noch zulässig (Stark- / Schwachlast)?

- Situation:
  - $\Delta U @ \cos\varphi=1$ : 4,9 %
  - $\Delta U @ \cos\varphi=0,85$ : 3,6 %
  - Kompensation: 26 %



# Feldtests - Monitoring

- **Testplan** mit verschiedenen Regelmodi wurden definiert
- **Wechselrichter-Monitoring** (Solar.access)
  - Grundsätzliche Überprüfung der Funktion
  - „Feldtest-Betrieb“ → wöchentliche Auswertung
- **Dauer Power-Monitoring** (bei einer PV Anlagen)
- **Dauer Power-Quality Monitoring** (3 Stellen entlang des Strangs)
- **Power Snap Shot Analysis** (smart meter) zur synchronen Aufnahme relevanter Zustände → Input für weitere Simulationen



# IEA PVPS Task 14

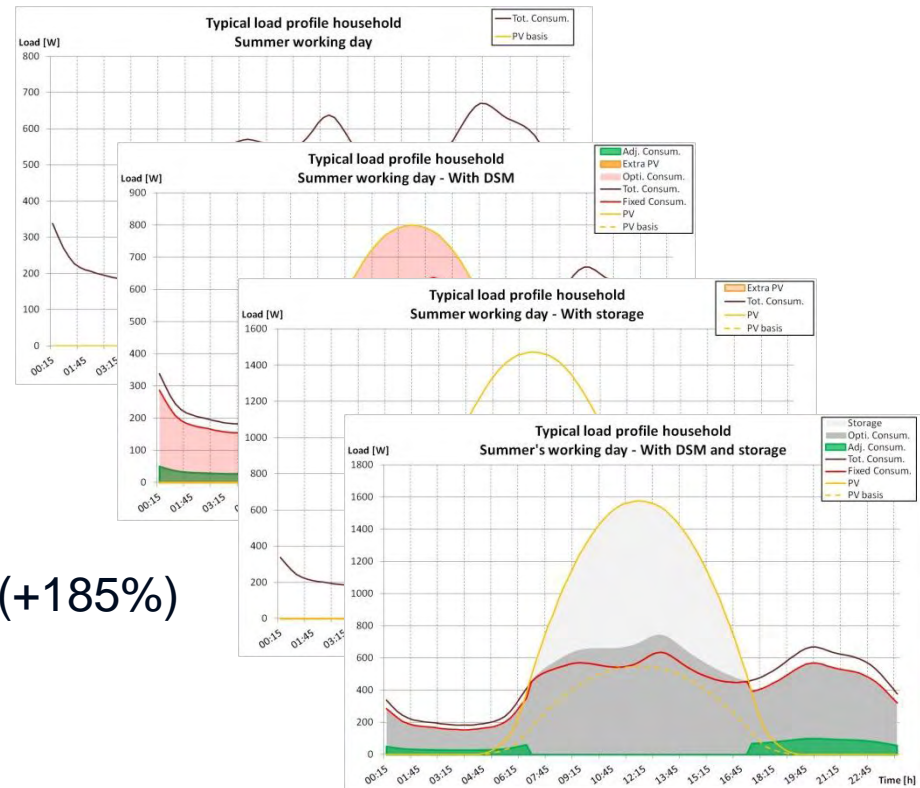
## High-Penetration PV in Electricity Grids

- Goals
  - Promote the use of grid connected PV
  - Develop and verify technical requirements for PV and electric power systems
  - Enable the active role of PV systems related to energy management and system control of electricity grids
  
- Outcomes
  - Provide access to more transparent technical analyses
  - Provide comprehensive case studies for high penetration PV
  - Dissemination activities, Utility Workshops, Conferences, Providing objective and neutral high-quality Information

# Task 14 – First Results

## Energy Management with PV

- Case studies for PV integration
  - Base case  
PV 4.5 kWh/d
  - Integration with DSM  
PV 6.5 kWh/d (+45%)
  - Integration with Storage system  
PV 12 kWh/d (+165%)
  - Integration with DSM and storage system  
PV 12.9 kWh/d (+185%)

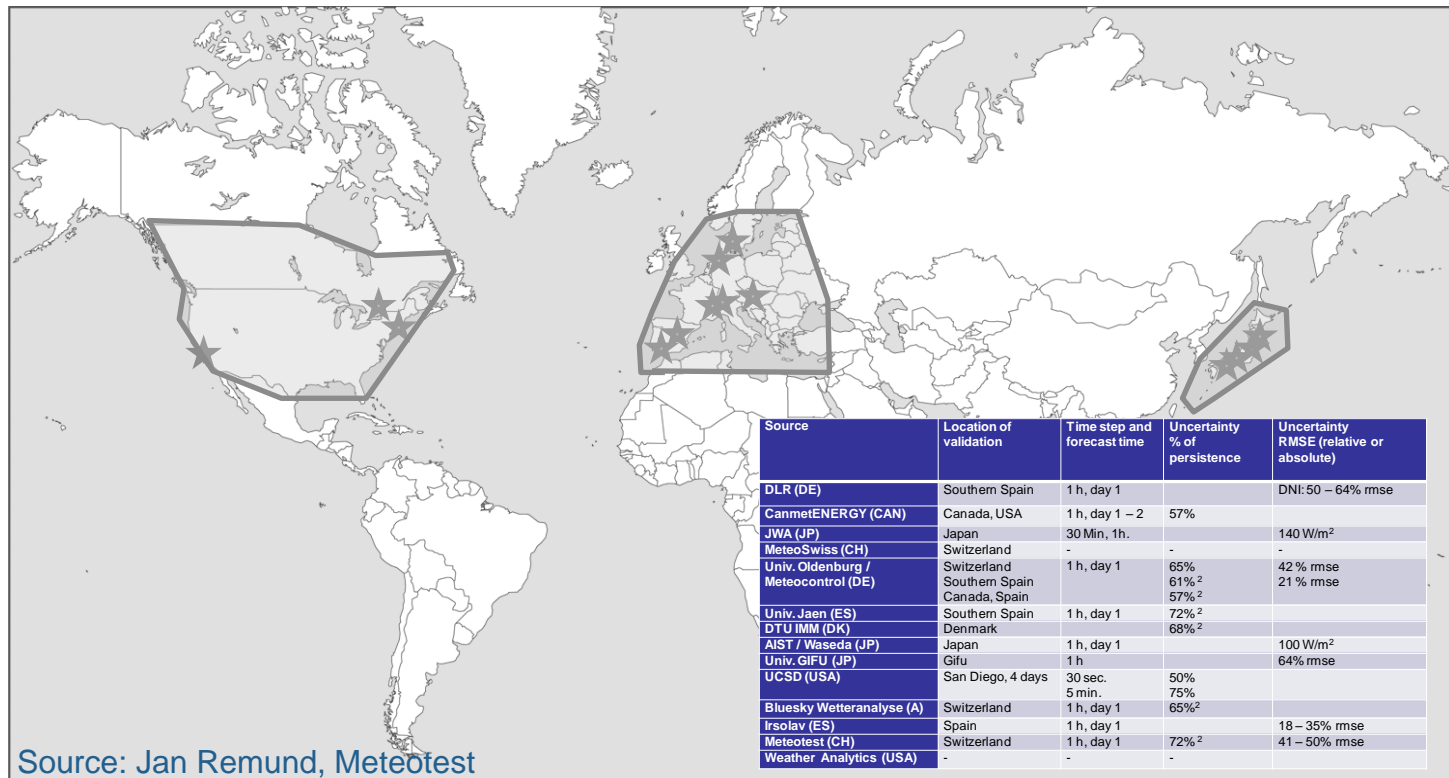


Source: Planair/Lionel Perret

# Task 14 – First Results

## Survey on PV forecast techniques

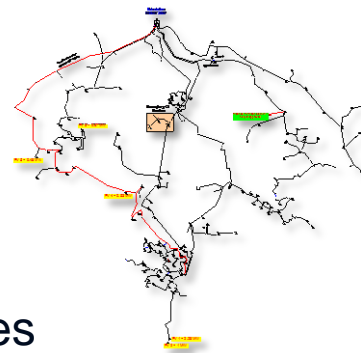
- 14 models
- 3 regions: USA, Europe and Japan



# Task 14 – First Results

## High Penetration Case Studies

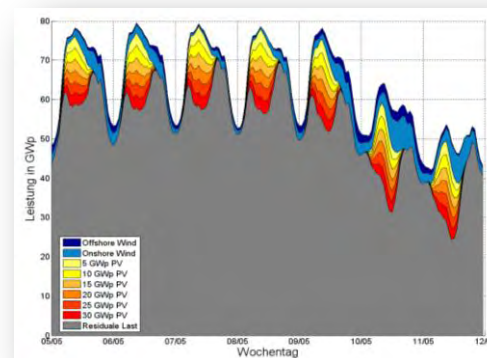
- Distribution grid case studies
  - Germany
  - USA
  - Belgium
  - ...
- Overall power system studies
  - Japan
  - USA
  - Italy
  - ...



Source: E.on Bayern/Fraunhofer IWES



Source: SMUD/NREL



Source: Y.M. Saint Drenan/Fraunhofer IWES



Source: NREL

## Task 14 – Dissemination and interaction with key stakeholders

- Successful series of Task 14 High Penetration PV Workshops:
  - 09.2010: Joint Task 1/14 workshop EUPVSEC, Valencia
  - 12.2010: Task 14 workshop, Golden, CO, U.S.A. Hosted U.S. DoE, NREL and SEPA
  - 05.2011: Task 14 utility workshop, Lisbon, Portugal, Hosted by EDP
  - 10.2011: Task 14 Utility and Research workshop, Beijing, China, hosted by the IEE, Chinese Academy of Sciences
  - 05.2012: Task 14 High penetration PV workshop, Kassel, Germany, Hosted by SMA
  - 11.2012: Task 14 High penetration PV workshop, Tokyo, Japan, hosted by NEDO
  - 05.2013: Brussels
- Presentations available at [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

**BENOÎT BLETTERIE**  
Energy Department  
Electric Energy Systems

**AIT Austrian Institute of Technology GmbH**  
Giefinggasse 2 | 1210 Vienna | Austria  
T +43(0) 50550-6355  
[benoit.bleterie@ait.ac.at](mailto:benoit.bleterie@ait.ac.at) | <http://www.ait.ac.at>