

welcome to the  
**smart area**

# Smart Area Aachen – Zustandsschätzung in der Verteilnetzebene

12.09.2014, Aachen

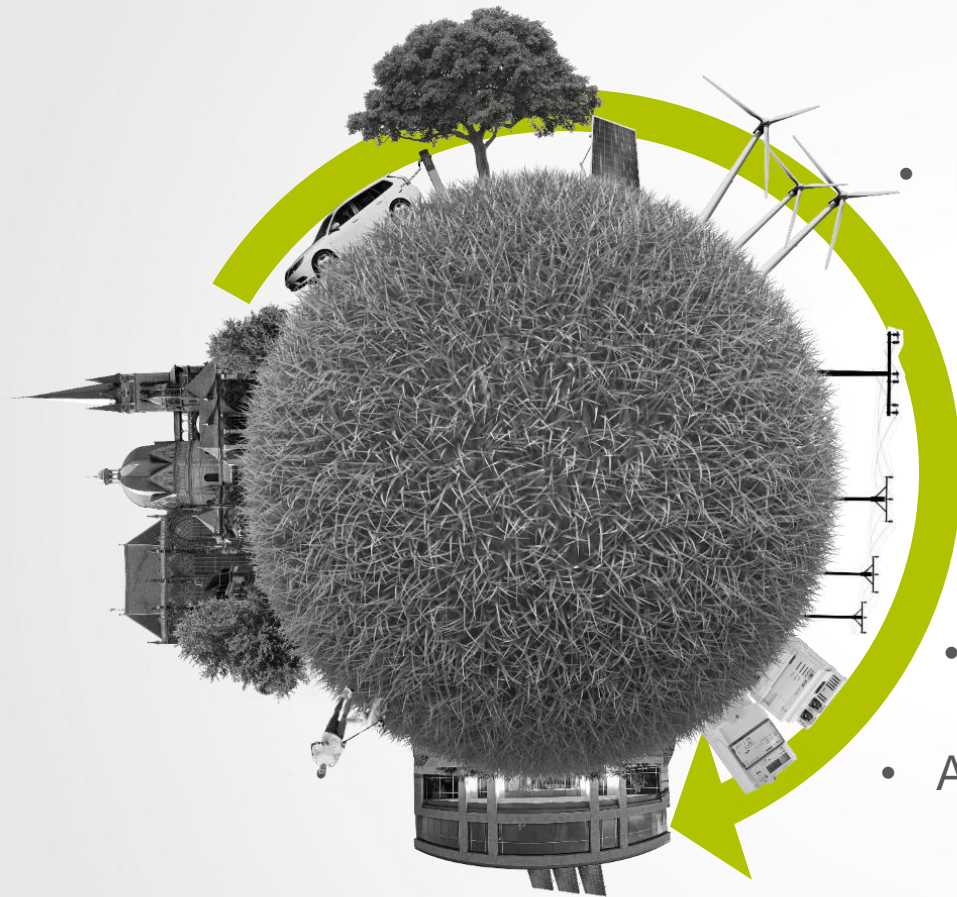


Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

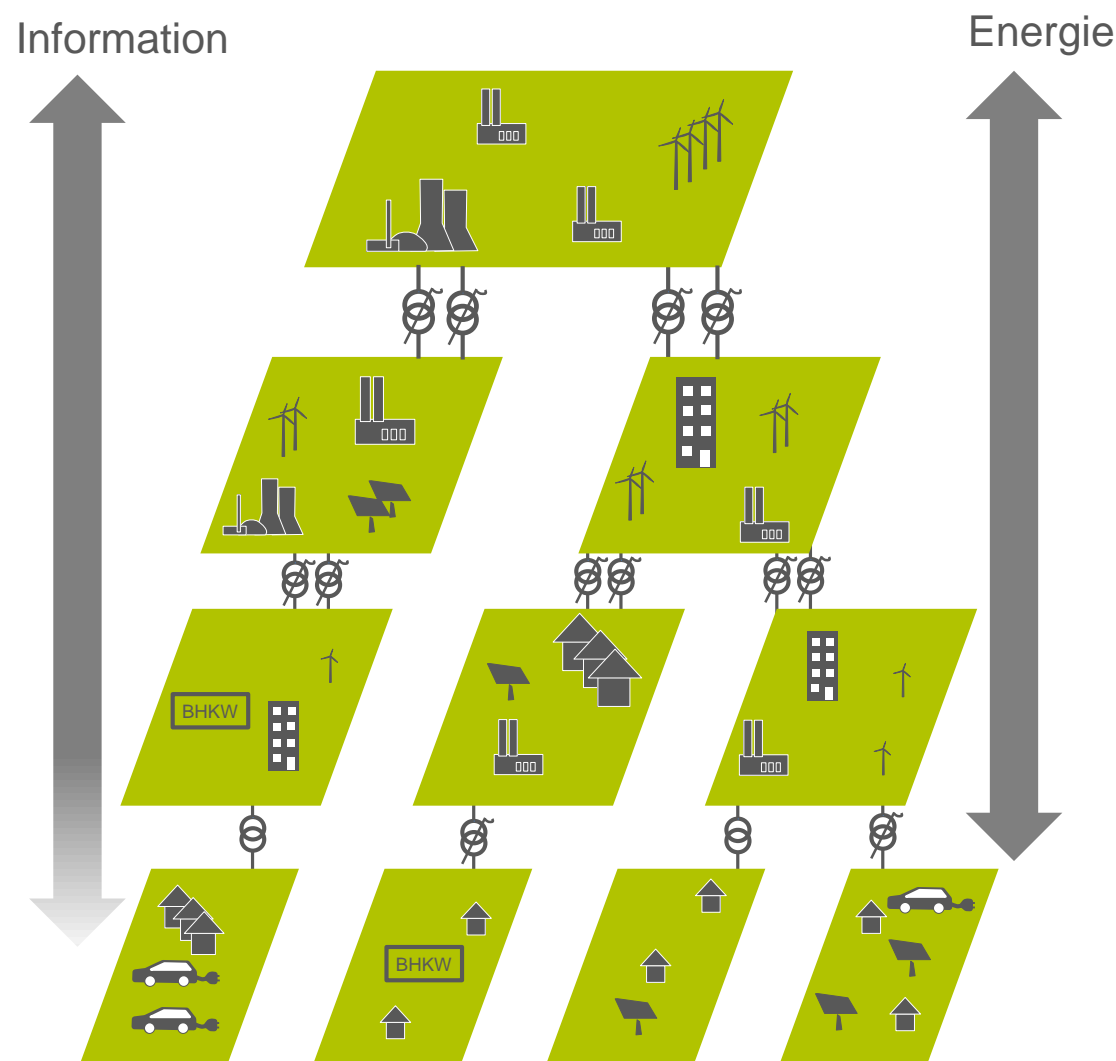
# Smart Area Aachen – Zustandsschätzung in der Verteilnetzebene



- Hintergrund und Motivation
- Zustandsschätzung in der Verteilnetzebene
- Pseudo-Messwerte und Messfehler
- Positionierung von Messtechnik
- Testregion und Verfahrensverifizierung
- Ausblick

# Hintergrund und Motivation

## Herausforderungen und Lösungsansätze



### Herausforderungen

- Signifikanter Anstieg dezentraler Erzeugungsanlagen in Verteilnetzebene
- Multidirektionale, volatile Lastflüsse
- Netzausbaubedarf zur Integration zusätzlicher Erneuerbarer in die Netze
- Neuartige Lasten

### Lösungsansätze

- Intelligente Ortsnetzstationen
- Last- und Einspeisemanagement
- Spannungsregelung
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Beobachtbarkeit
- **Smart Grid**

# Hintergrund und Motivation

## Vision des Projektes



### Vision

- Aufbau, Betrieb und Erforschung eines Smart Grids
- Betrachtung der Stromversorgung als Systemherausforderung (Energie- und IKT-Komponenten)

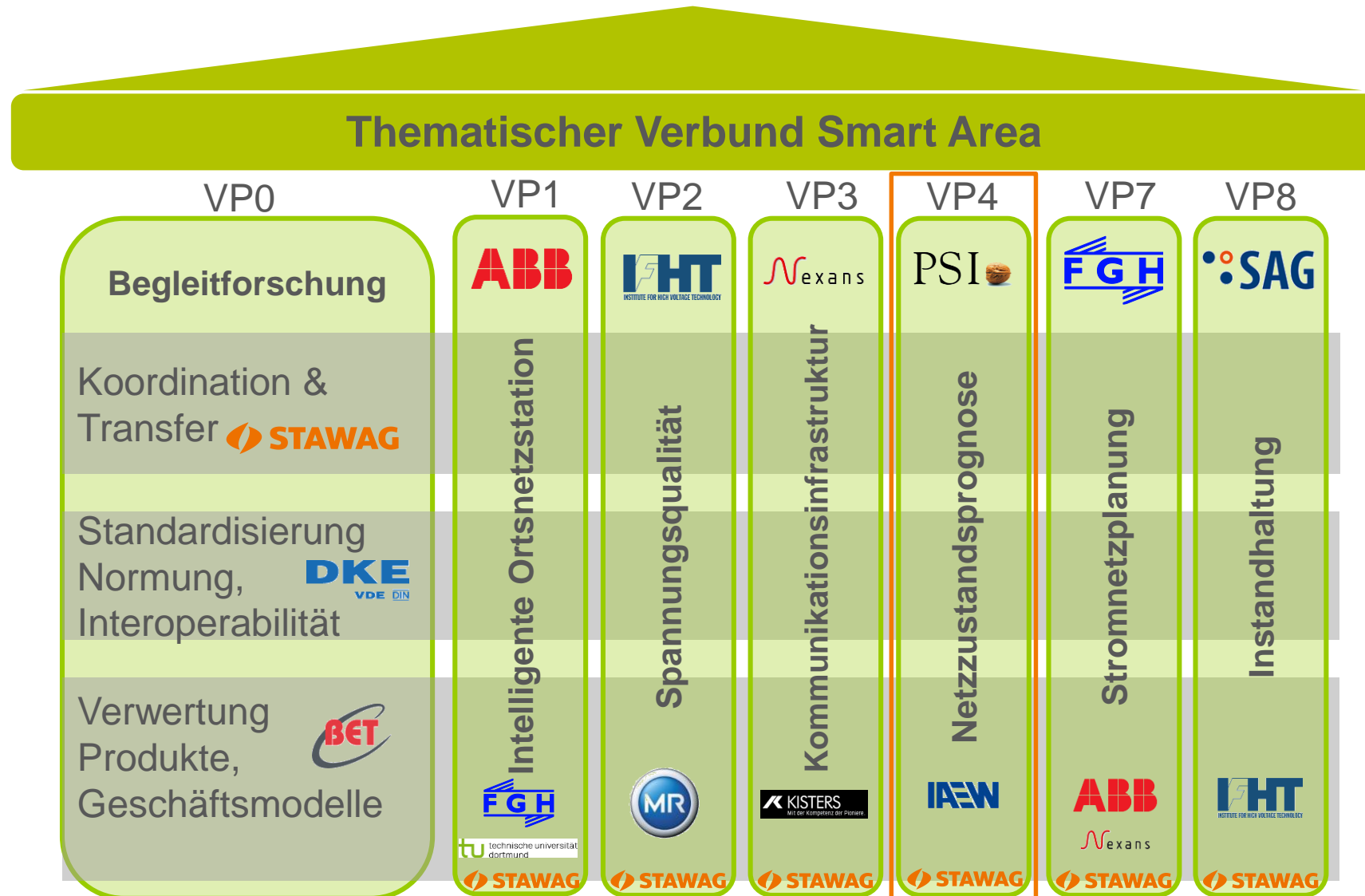
### Das Projekt

- Förderung durch BMWi „Netze für die Stromversorgung der Zukunft“
- 6 thematische Verbundprojekte sowie Begleitforschung
- 13 Partner aus Industrie und Forschung
- Gesamtvolumen ~10 Mio. €
- Laufzeit 4 Jahre
- Intelligente Primär- und Sekundärtechnik
- Neue Steuerungs- und Regelkonzepte
- Ganzheitliche Strategien zur Auslegung, Weiterentwicklung, Betrieb und Instandhaltung von Verteilnetzen



# Hintergrund und Motivation

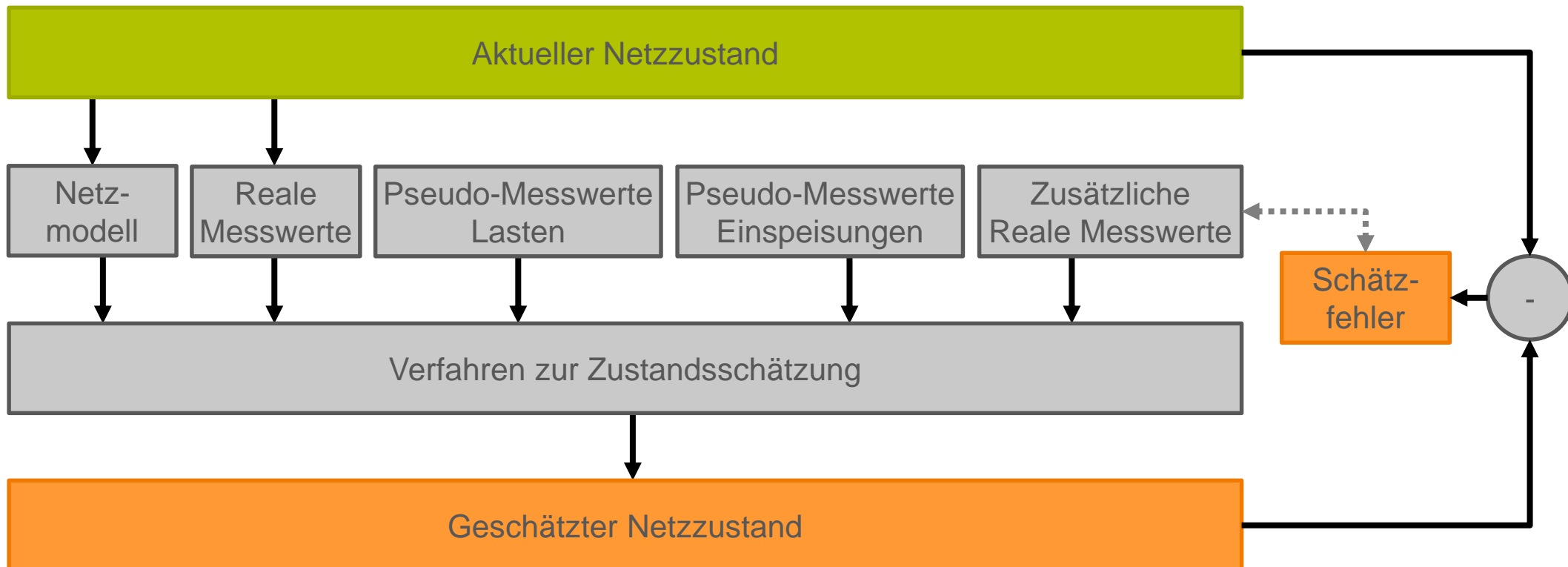
## Verbundprojekte Smart Area Aachen



# Zustandsschätzung in der Verteilnetzebene

## Überblick

- Zukünftige Steuer- und Regelkonzepte erfordern Kenntnis der bisher zumeist unbekanntenen Ströme und Spannungen im Verteilnetz



- Mitunter große Messfehler der Pseudo-Messwerte verursachen Schätzfehler
- Schätzfehler kann durch Ausbringung zusätzlicher Messtechnik reduziert werden



# Zustandsschätzung in der Verteilnetzebene

## Fragestellungen und Ziele des Projektes

### Fragestellungen

- Wie können Pseudo-Messwerte erzeugt werden und welche Messfehler resultieren?
- Welche Schätzfehler resultieren aus Messfehlern?
- Wie viel zusätzliche Messtechnik muss ausgebracht werden, um den Schätzfehler innerhalb tolerierbarer Grenzen zu halten?
- Wo sollte zusätzliche Messtechnik positioniert werden?
- Inwieweit kann Messtechnik durch bessere Pseudo-Messwerte eingespart werden?
- Wie kann eine Visualisierung im Leitsystem aussehen?

### Ziele

- Analyse von Pseudo-Messwerten und Messfehlern
- Integration der Zustandsschätzung für Mittelspannungsnetze in Leitsystem
- Entwicklung eines Verfahrens zur optimierten Positionierung von Messtechnik
- Verifizierung der Verfahren in einem realen Netz

PSI 

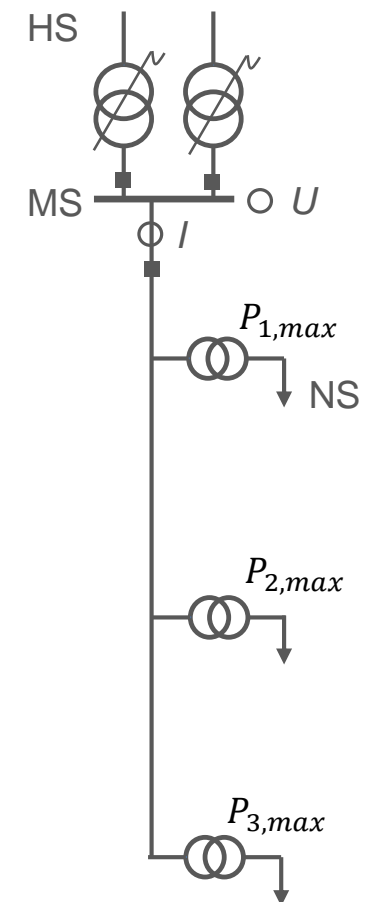
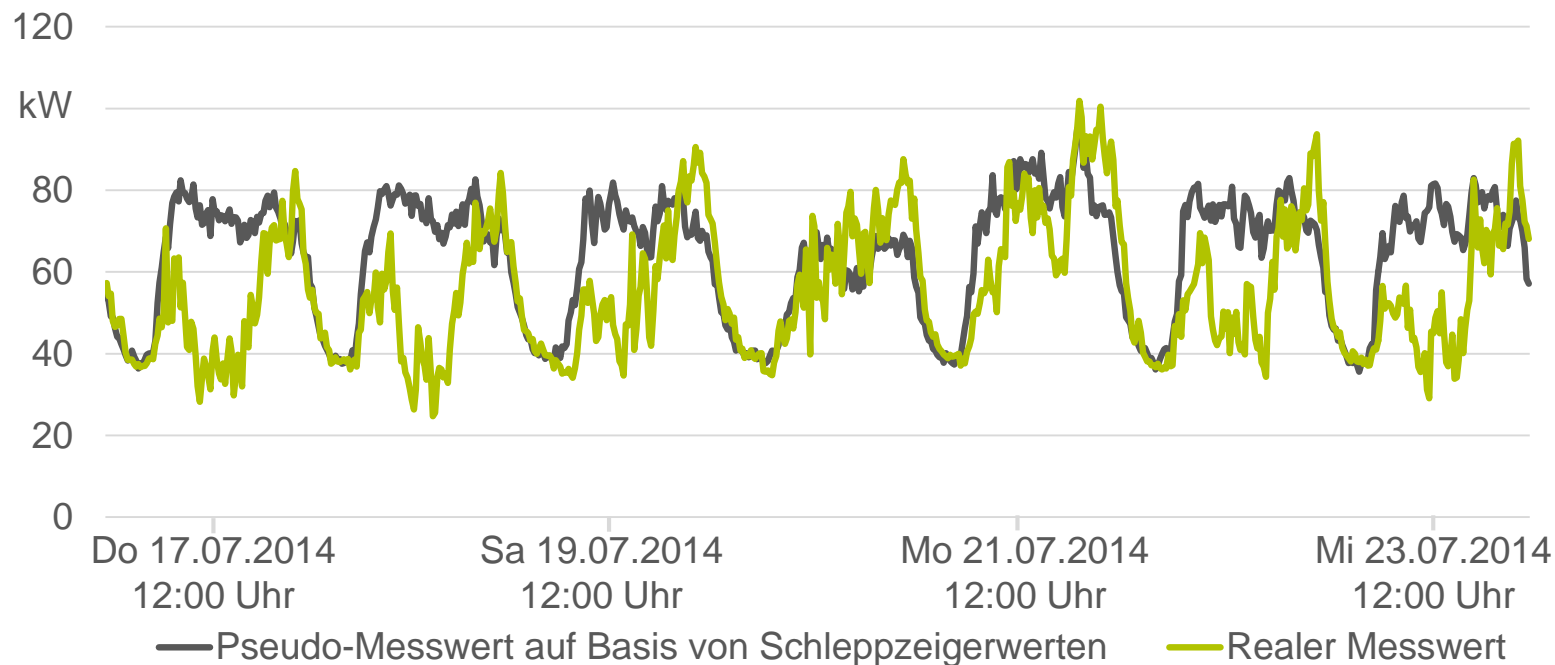
 **STAWAG**

**IAEW**

# Pseudo-Messwerte und Messfehler

## Pseudo-Messwerte I/III

- Verwendung vorhandener Messtechnik im HS/MS Umspannwerk sowie Nutzung von Schleppzeigerwerten
- Skalierung der gemessenen Abgangsleistung mit jeweiliger Jahrhöchstlast der Ortsnetzstation  $P_{i,Pseudo} = \frac{P_{Abgang} \cdot P_{i,max}}{\sum P_{max}}$
- Mitunter deutliche Abweichungen, insbesondere an Stationen mit Erzeugungsanlagen im unterlagerten NS-Netz



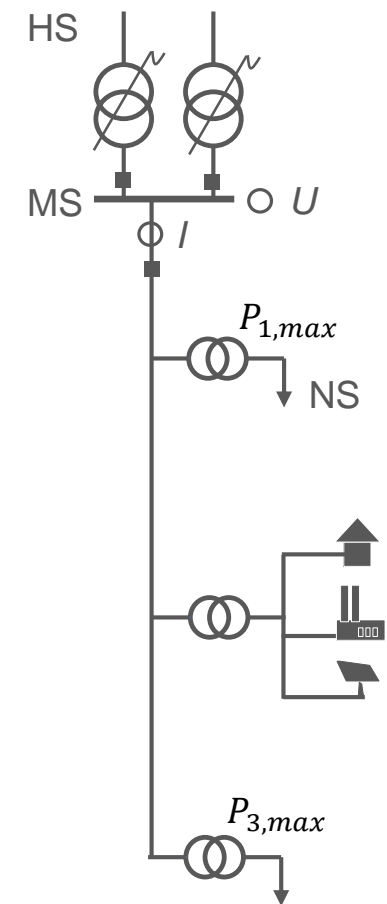
- Leistungsschalter
- Messtechnik
- ↓ Last



# Pseudo-Messwerte und Messfehler

## Pseudo-Messwerte I/III

- Verwendung vorhandener Messtechnik im HS/MS Umspannwerk sowie Nutzung von Schleppzeigerwerten
- Skalierung der gemessenen Abgangsleistung mit jeweiliger Jahrhöchstlast der Ortsnetzstation  $P_{i,Pseudo} = \frac{P_{Abgang} \cdot P_{i,max}}{\sum P_{max}}$
- Mitunter deutliche Abweichungen, insbesondere an Stationen mit Erzeugungsanlagen im unterlagerten NS-Netz
- Bessere Pseudo-Messwerte durch zusätzliche Informationen aus unterlagerten NS-Netzen
- Analyse der installierten Leistungen bzw. Energiemengen je ONS für
  - Haushaltskunden
  - Gewerbekunden
  - Einspeisungen
- Generierung individueller Pseudo-Messwerte



- Leistungsschalter
- Messtechnik
- ↓ Last

### Haushaltskunden

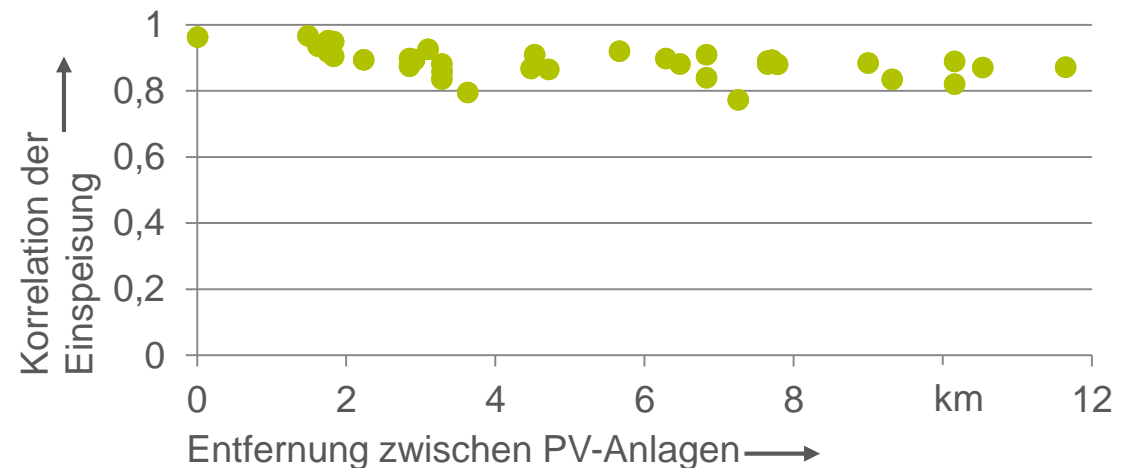
- Aktueller Leistungsbezug eines einzelnen Haushaltes stark stochastisch geprägt
- Auf Ortsnetzstationsebene zumeist mehrere Haushalte (20 – 300) aggregiert
- Verwendung von Standardlastprofilen (H0) zur Generierung von Pseudo-Messwerten

### Gewerbekunden

- Erstellung individueller Lastprofile auf Basis von Registrierenden Leistungsmessungen (RLM) oder Nutzung von Standardlastprofilen zur Erzeugung von Pseudo-Messwerten
- Falls möglich, Nutzung der letzten (15-minütigen) RLM-Messwerten als Pseudo-Messwerte

### Einspeisungen

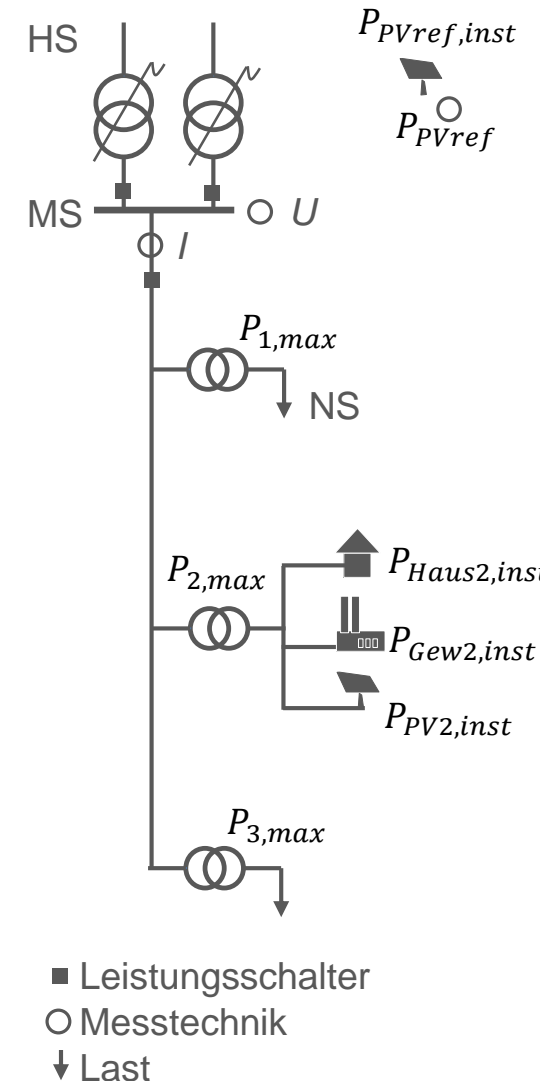
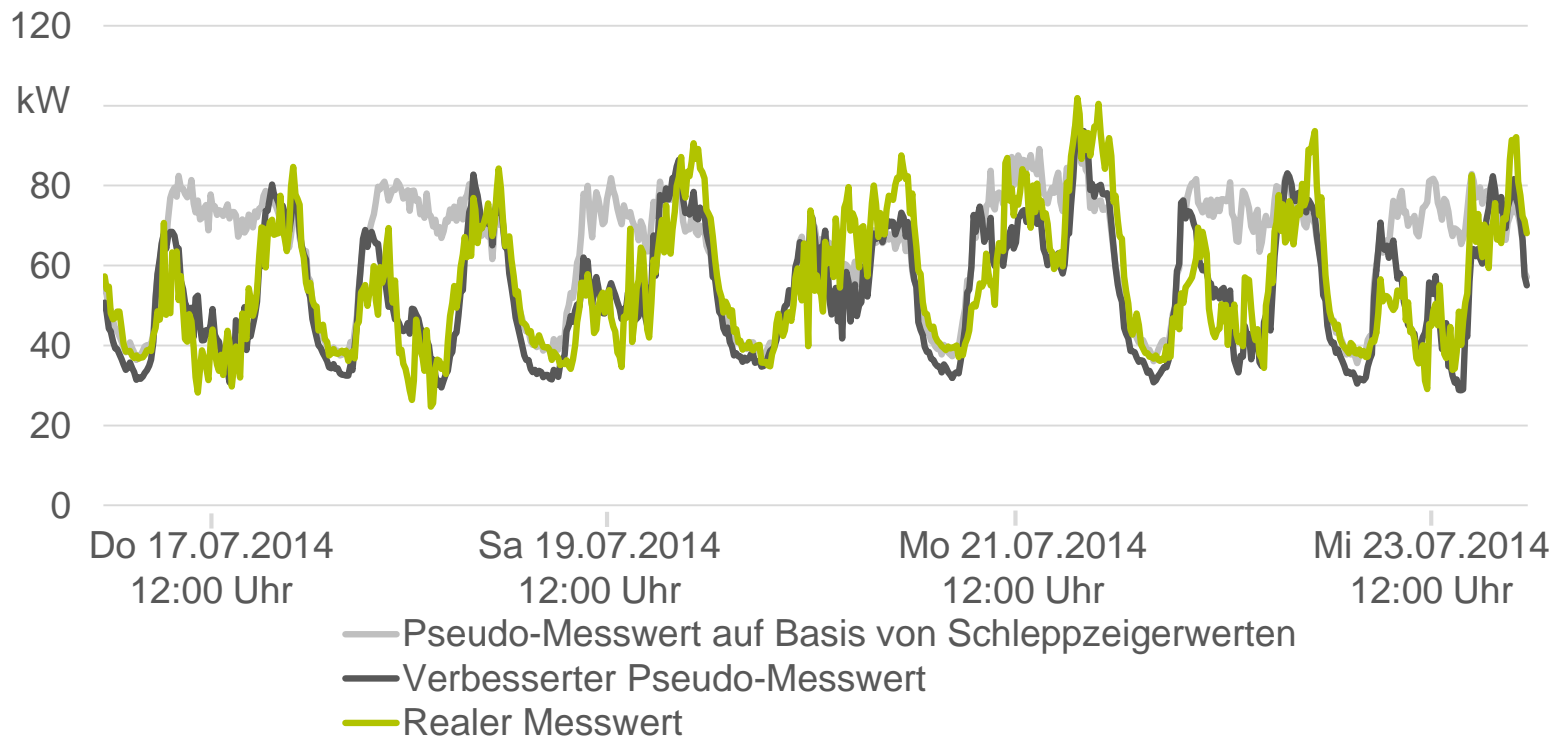
- Einspeisung in NS-Ebene zumeist aus PV- oder  $\mu$ KWK-Anlagen
- Hohe Korrelation der Einspeisung benachbarter PV-Anlagen
- Verwendung der realen Messwerte einer Anlage (>100 kW) und Generierung der Pseudo-Messwerte durch Skalierung mit installierter Leistung



# Pseudo-Messwerte und Messfehler

## Pseudo-Messwerte III/III

- Deutliche Verbesserung der Pseudo-Messwerte durch Berücksichtigung von Analyseergebnissen unterlagerter NS-Netze
- Verbesserung insbesondere bei Netzen mit hohem Anteil dezentraler Erzeugung oder Gewerbelasten
- Weitere Analysen geplant



# Pseudo-Messwerte und Messfehler

## Messfehler

- Vergleich der Qualität verschiedener Methoden zur Bildung von Pseudo-Messwerten auf Basis des Messfehlers

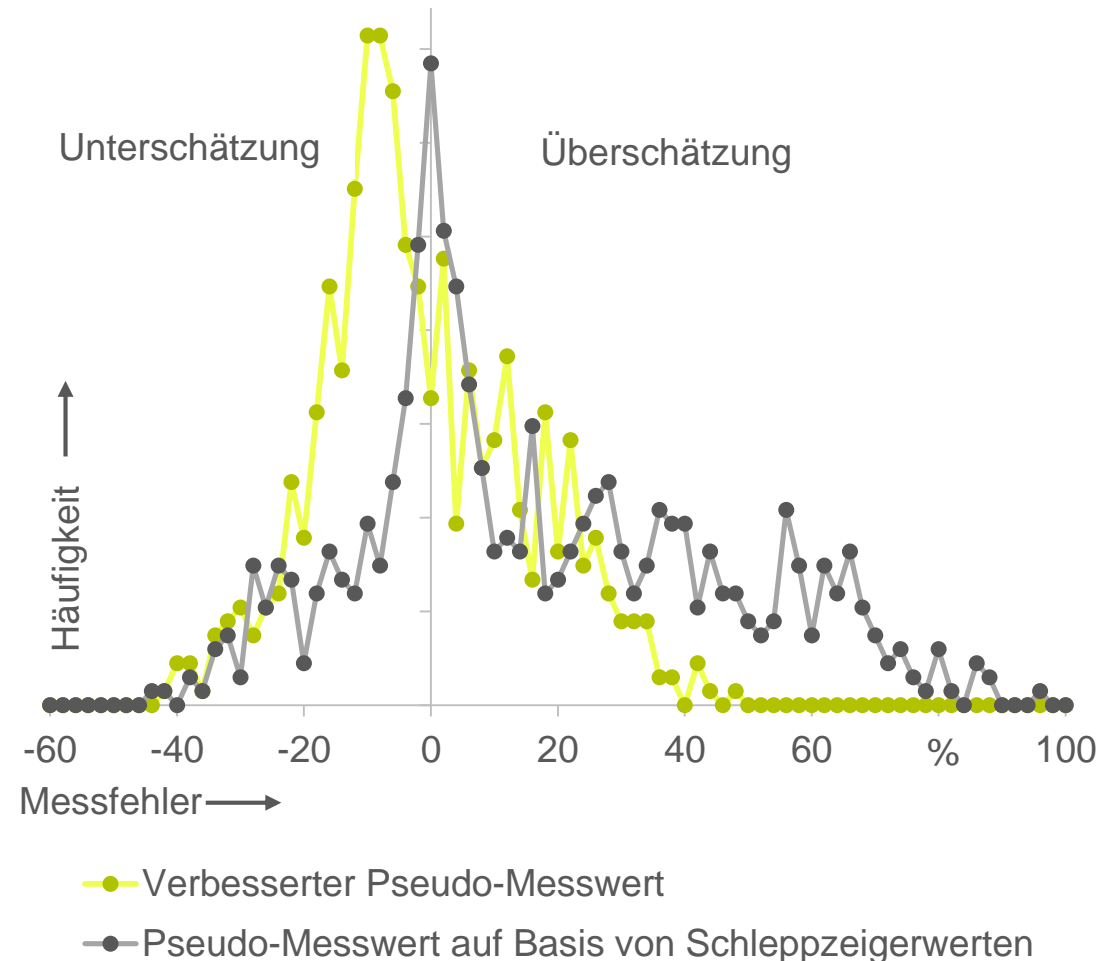
- Berechnung des Messfehlers:

$$\text{Messfehler} = \frac{P_{\text{Pseudo}} - P_{\text{real}}}{P_{\text{real,durchschnitt}}}$$

- Messfehler stark stochastisch geprägt

- Messfehler wesentliche Ursache für Abweichungen zwischen realem und geschätztem Netzzustand (Schätzfehler)
- Reduktion der Schätzfehler durch Ausbringung zusätzlicher Messtechnik mit geringen Messfehlern

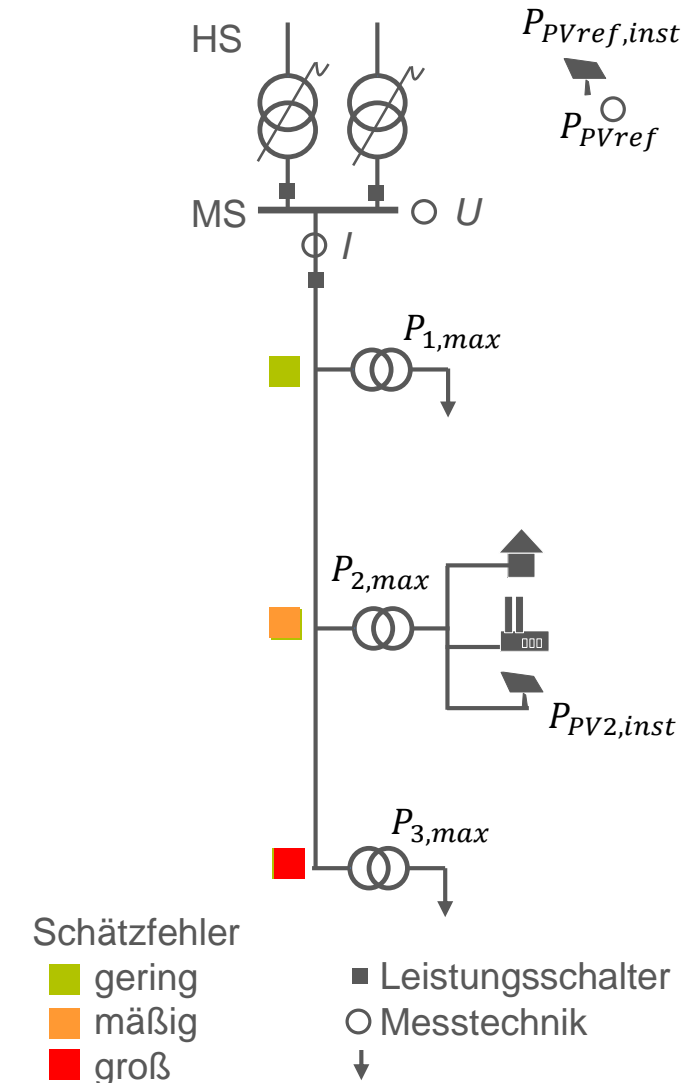
Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung der Schätzfehler an einer einzelnen Ortsnetzstation



# Positionierung von Messtechnik

## Überblick

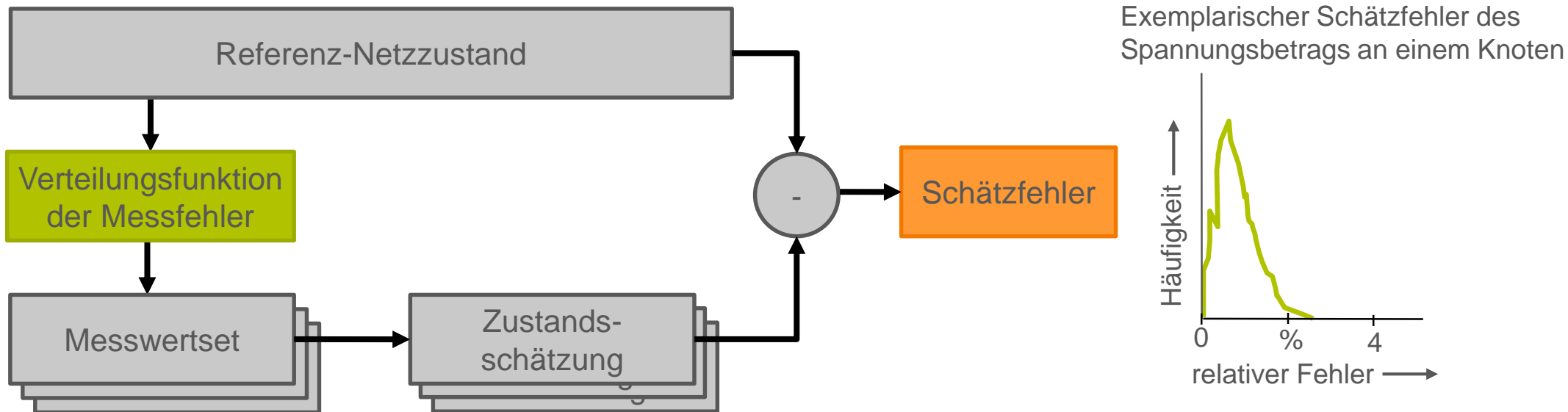
- Sinnvolle Nutzung der Zustandsschätzung im Rahmen der Netzbetriebsführung erfordert geringe Schätzfehler
  - Sehr geringer tolerierbarer Schätzfehler für Spannungsbeträge (<1%)
  - Höhere tolerierbare Schätzfehler für Zweigströme (<10%)
- Reduktion der Schätzfehler durch bessere Pseudo-Messwerte oder zusätzliche Messtechnik
- Verfahren zur kostenminimalen Positionierung von Messtechnik zur Einhaltung vorgegebener Schätzfehler
- Verfahren zur Berechnung der Schätzfehler erforderlich
- Verifikation der entwickelten Verfahren integraler Bestandteil des Projektes
- Vollständige messtechnische Erfassung eines Netzgebietes erforderlich
- Überprüfung der berechneten optimalen Positionen zusätzlicher Messtechnik durch Zu- und Abschalten von Messwerten



# Positionierung von Messtechnik

## Berechnung des Schätzfehlers und optimierte Positionierung

- Definition einer realitätsnahen Last-/Einspeisesituation (Referenz-Netzzustand)
- Modellierung der Messfehler von realen und Pseudo-Messwerten mittels Verteilungsfunktionen



- Monte-Carlo-Simulation bedingt durch stochastisch geprägte Messfehler erforderlich
- Optimierte Positionierung zusätzlicher Messtechnik durch Genetischen Algorithmus und iterativer Berechnung der Schätzfehler



# Testregion und Verfahrensverifizierung

## Überblick Testregion

- Messtechnik zur Verifikation neuer Verfahren notwendig
- Auswahl eines Mittelspannungs-Abganges in Aachen-Richterich als Testgebiet
- Ausbringung von Messtechnik (Spannung, Wirk- und Blindleistung) in Ortsnetzstationen
- Kommunikationstechnische Anbindung der Messtechnik an Leitwarte



-  Ortsnetzstation ohne Messwerte
-  Ortsnetzstation mit Messwerten (U,P,Q)
-  PV-Anlage
-  MS-Leitung



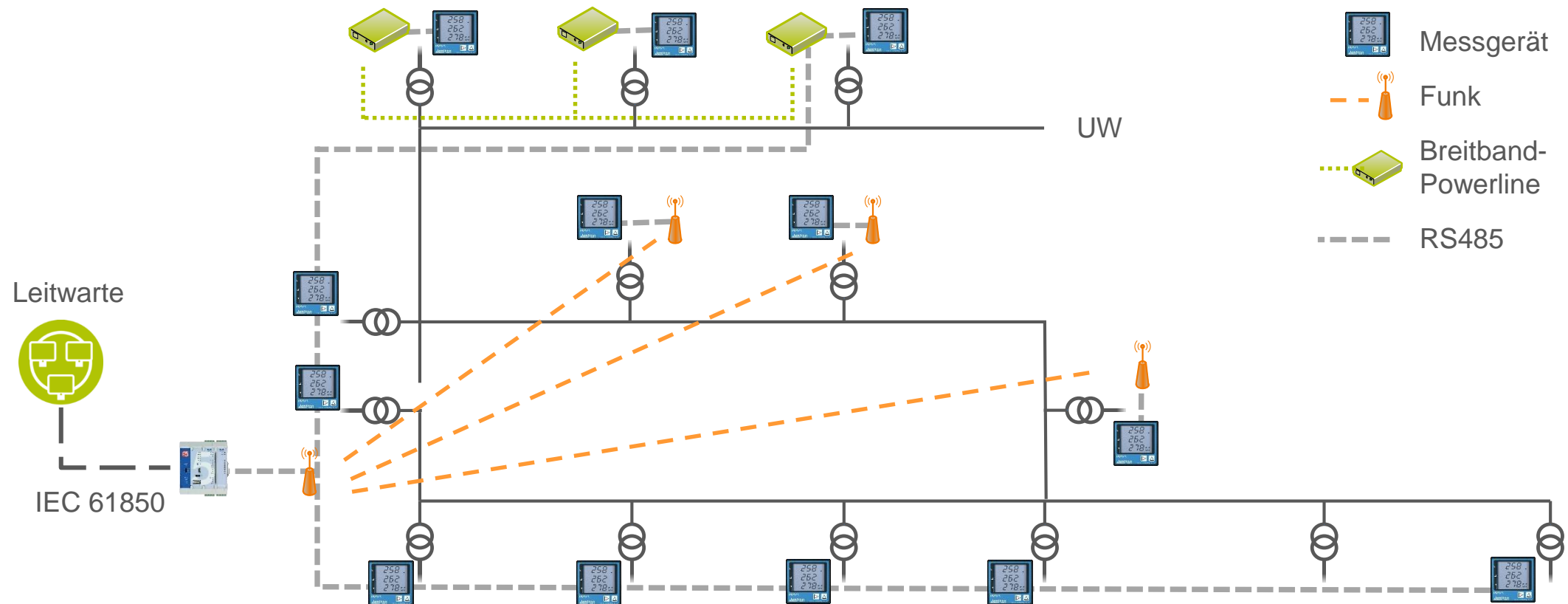
IEC 61850



# Testregion und Verfahrensverifizierung

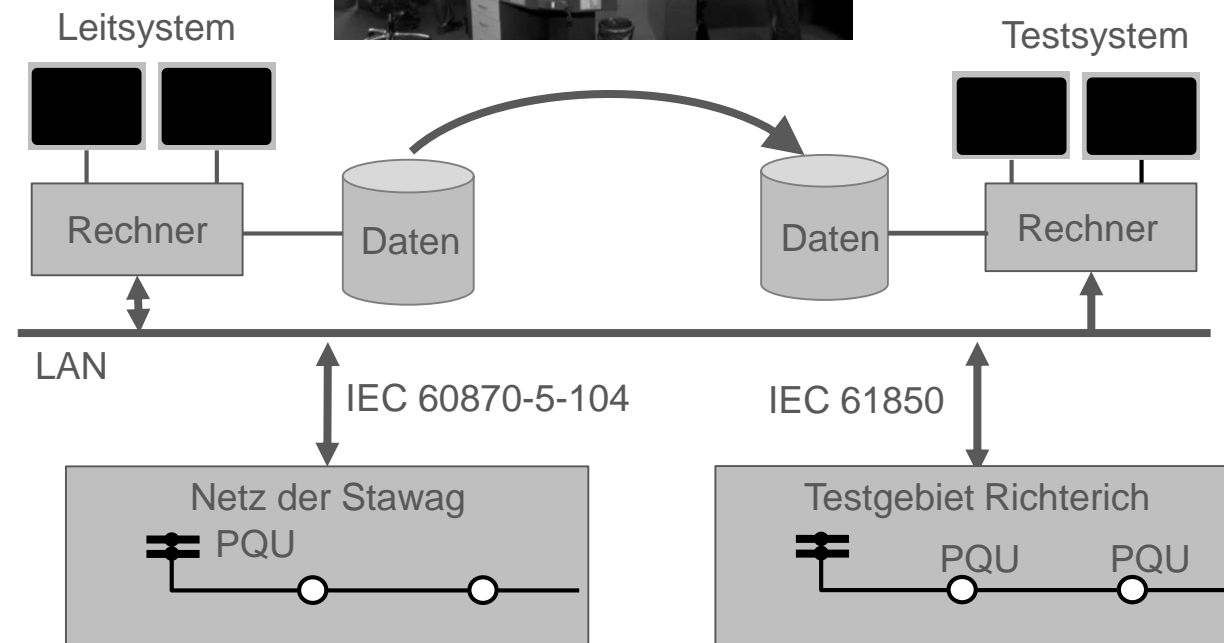
## Messtechnik

- Niederspannungsseitige Erfassung von Spannung, Wirk- und Blindleistung an 13 Ortsnetzstationen im Testgebiet
- Erprobung verschiedener kommunikationstechnischer Anbindungen
  - Drahtgebunden
  - Funk
  - Breitband Powerline



# Testregion und Verfahrensverifizierung Testsystem

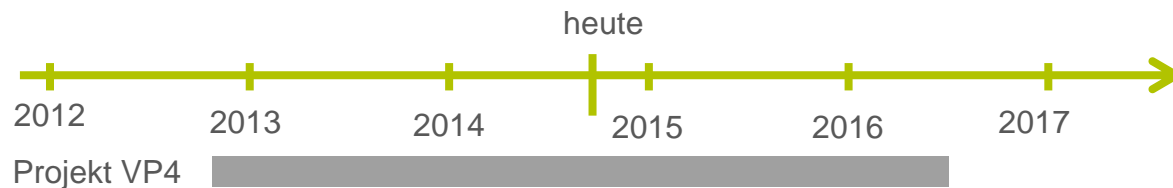
- Aufbau eines entkoppelten Leitsystembereichs (Testsystem) durch PSI
- Übernahme der Datenbank
- Testsystem im Mithörbetrieb (keine Beeinflussung des Netzbetriebes)
- Verifizierung der entwickelten Verfahren
- Überprüfung der optimalen Positionierung von Messtechnik durch Ausblenden von Messwerten
- Integration verschiedener Ansätze zur Generierung von Pseudo-Messwerten in Testsystem
- Anpassung der Visualisierung



# Ausblick

## Weiteres Vorgehen

- Abschluss der kommunikationstechnischen Anbindung der Messtechnik an Leitsystem
- Inbetriebnahme des Testsystems
- Einbindung der Berechnungs- und Testverfahren auf Testsystem
- Verifikation der entwickelten Verfahren
- Anwendung im Netzbetrieb



[www.smartarea.de](http://www.smartarea.de)