

Quantifizierung des Nutzens von Smart Metern zur Zustandsschätzung in der Verteilnetzebene

- Einleitung
- Analyse und Modellbildung
- Verfahren
- Ergebnisse

David Echternacht, **Jonas Eickmann**, Alber Moser

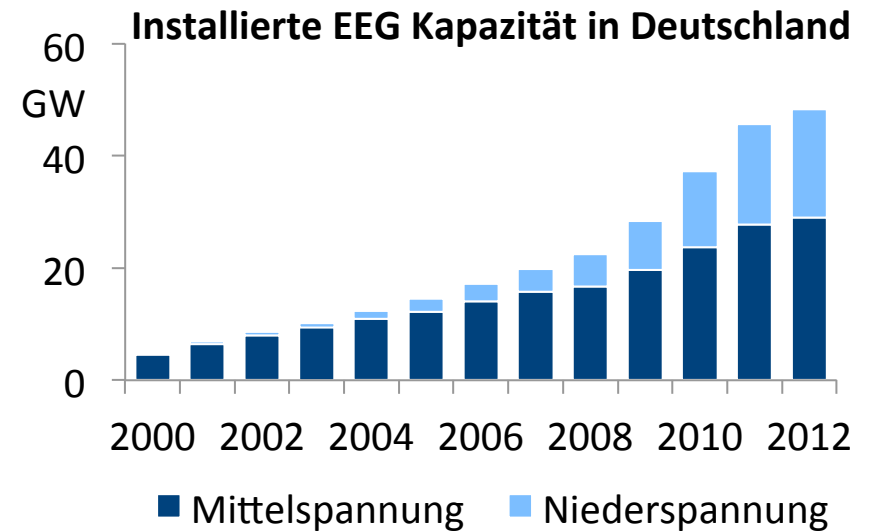
Graz, 14. Februar 2014

Hintergrund und Motivation

Entwicklungen in deutschen Verteilnetzen

- Zunahme dezentraler Erzeugungskapazität
 - ◆ fast 50 GW Erzeugung in Verteilnetzen
 - ◆ hohe regionale Konzentration kann zu negativer Residuallast führen
- ➔ Steigender Netzausbaubedarf und neue Herausforderungen für Verteilnetzbetreiber

-
-
-
-
-
-
-



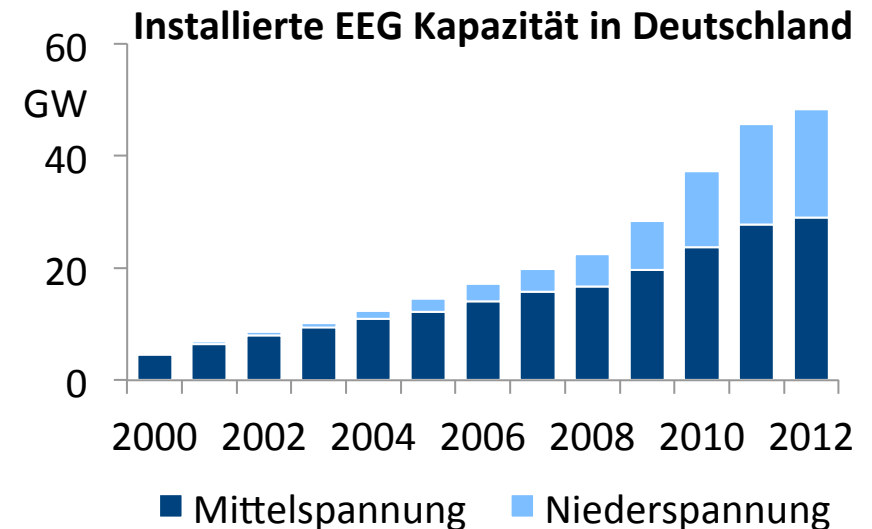
Hintergrund und Motivation

Entwicklungen in deutschen Verteilnetzen

- Zunahme dezentraler Erzeugungskapazität
 - ◆ fast 50 GW Erzeugung in Verteilnetzen
 - ◆ hohe regionale Konzentration kann zu negativer Residuallast führen
- ➔ Steigender Netzausbaubedarf und neue Herausforderungen für Verteilnetzbetreiber

Warum Zustandsschätzung?

- Exakte Kenntnis des Netzzustandes ermöglicht
 - ◆ höhere Ausnutzung bestehender Netze
 - ◆ Reduktion der Sicherheitsmarge in der Netzplanung
 - ◆ Koordinierte Regelung und Steuerung zukünftiger betrieblicher Freiheitsgrade (z.B. Transformatorstufung, Wirk- und Blindleistungsregelung)
- ➔ Potential zur Reduktion des Netzausbaubedarfs



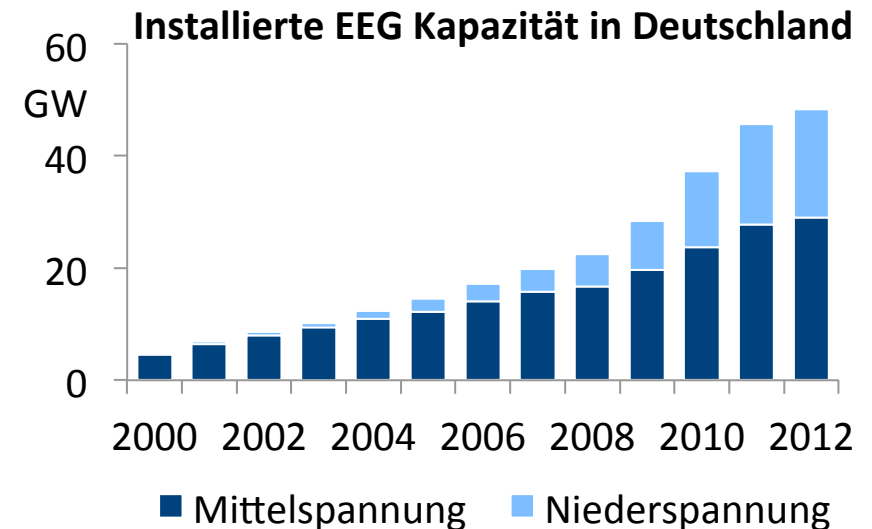
Hintergrund und Motivation

Entwicklungen in deutschen Verteilnetzen

- Zunahme dezentraler Erzeugungskapazität
 - ◆ fast 50 GW Erzeugung in Verteilnetzen
 - ◆ hohe regionale Konzentration kann zu negativer Residuallast führen
- ➔ Steigender Netzausbaubedarf und neue Herausforderungen für Verteilnetzbetreiber

Warum Zustandsschätzung?

- Exakte Kenntnis des Netzzustandes ermöglicht
 - ◆ höhere Ausnutzung bestehender Netze
 - ◆ Reduktion der Sicherheitsmarge in der Netzplanung
 - ◆ Koordinierte Regelung und Steuerung zukünftiger betrieblicher Freiheitsgrade (z.B. Transformatorstufung, Wirk- und Blindleistungsregelung)
- ➔ Potential zur Reduktion des Netzausbaubedarfs
- ➔ Exakte Kenntnis des Netzzustandes in Verteilnetzebene zukünftig sinnvoll, aber historisch bedingt zumeist nicht gegeben

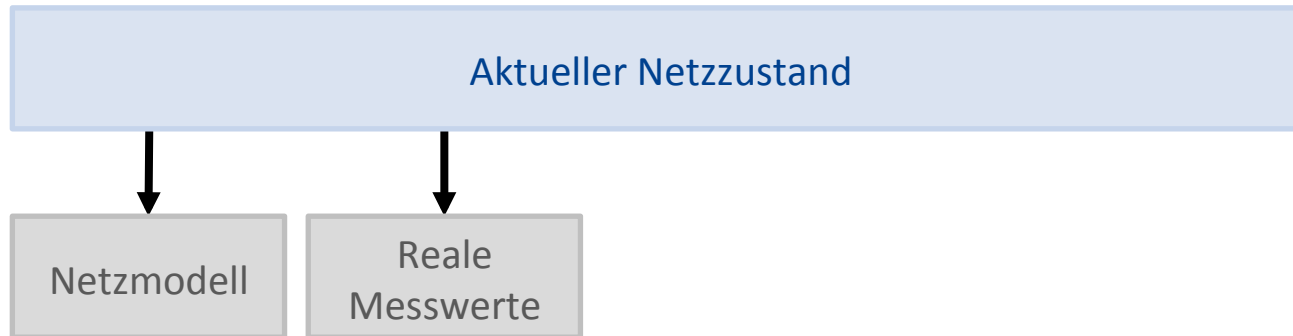


Überblick Zustandsschätzung

Aktueller Netzzustand

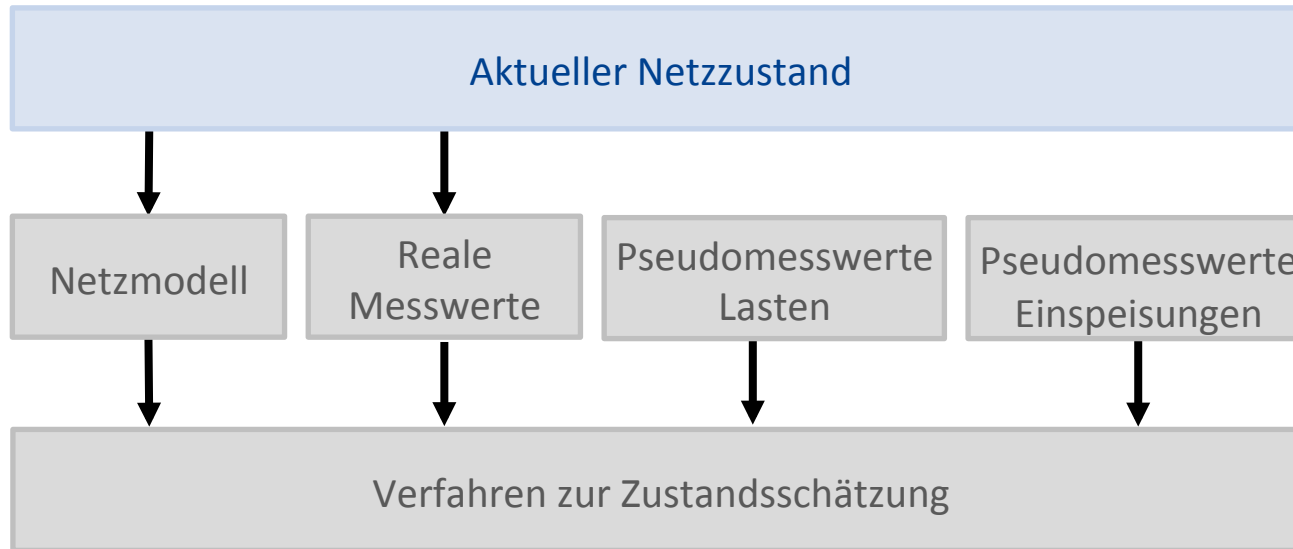
-
-
-

Überblick Zustandsschätzung



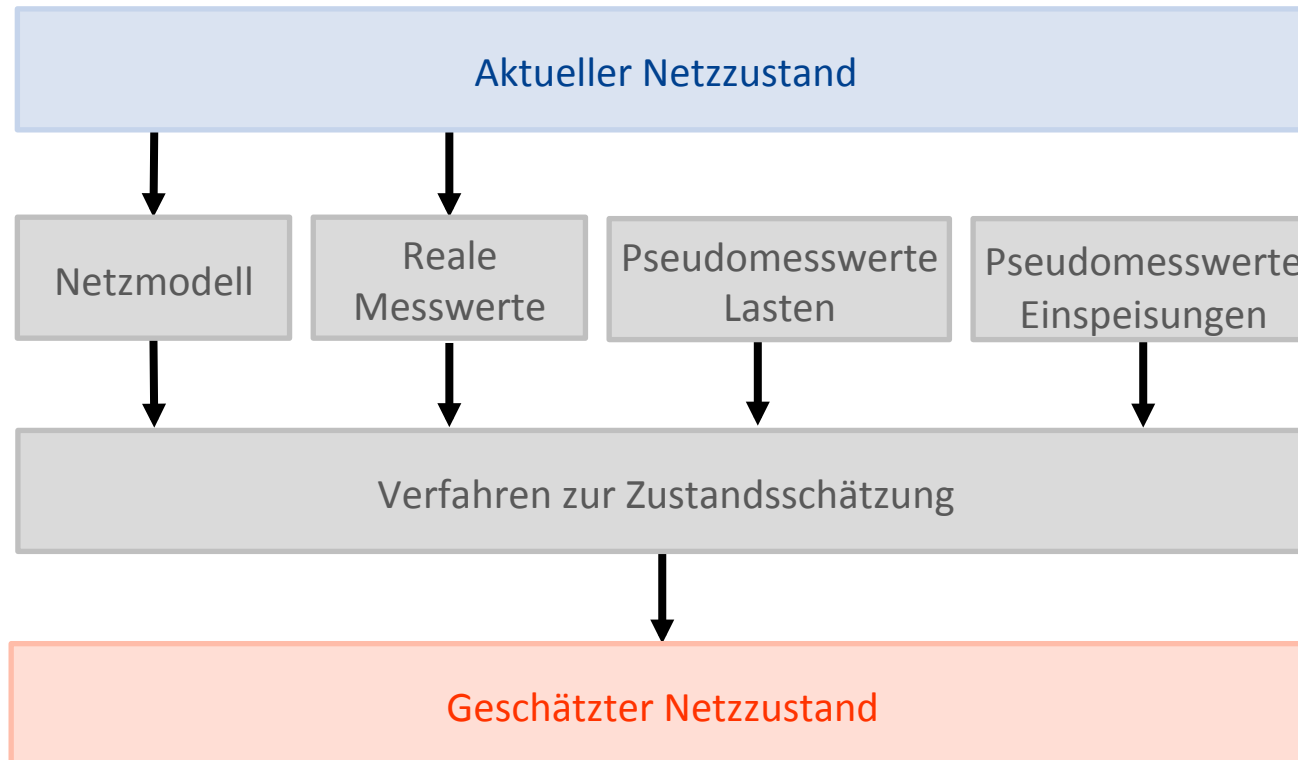
-
-
-

Überblick Zustandsschätzung



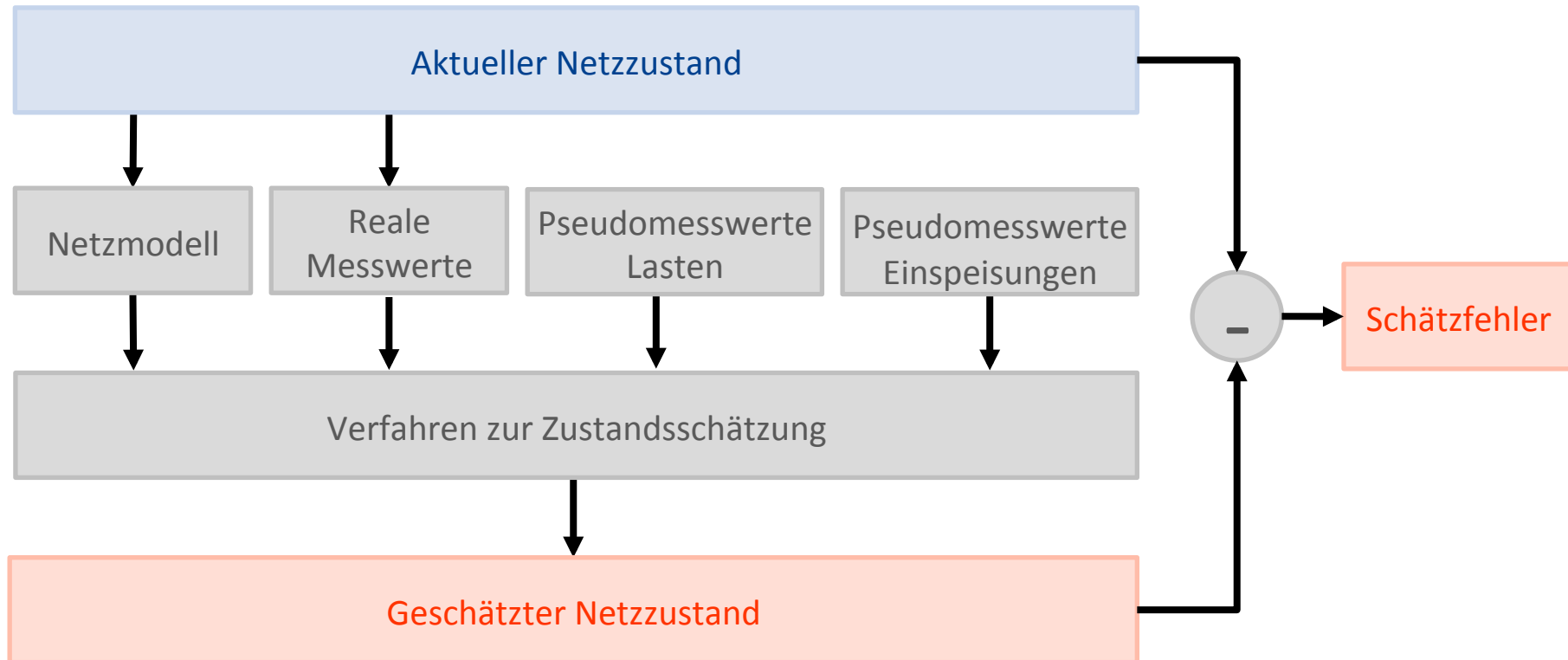
-
-
-

Überblick Zustandsschätzung



-
-
-

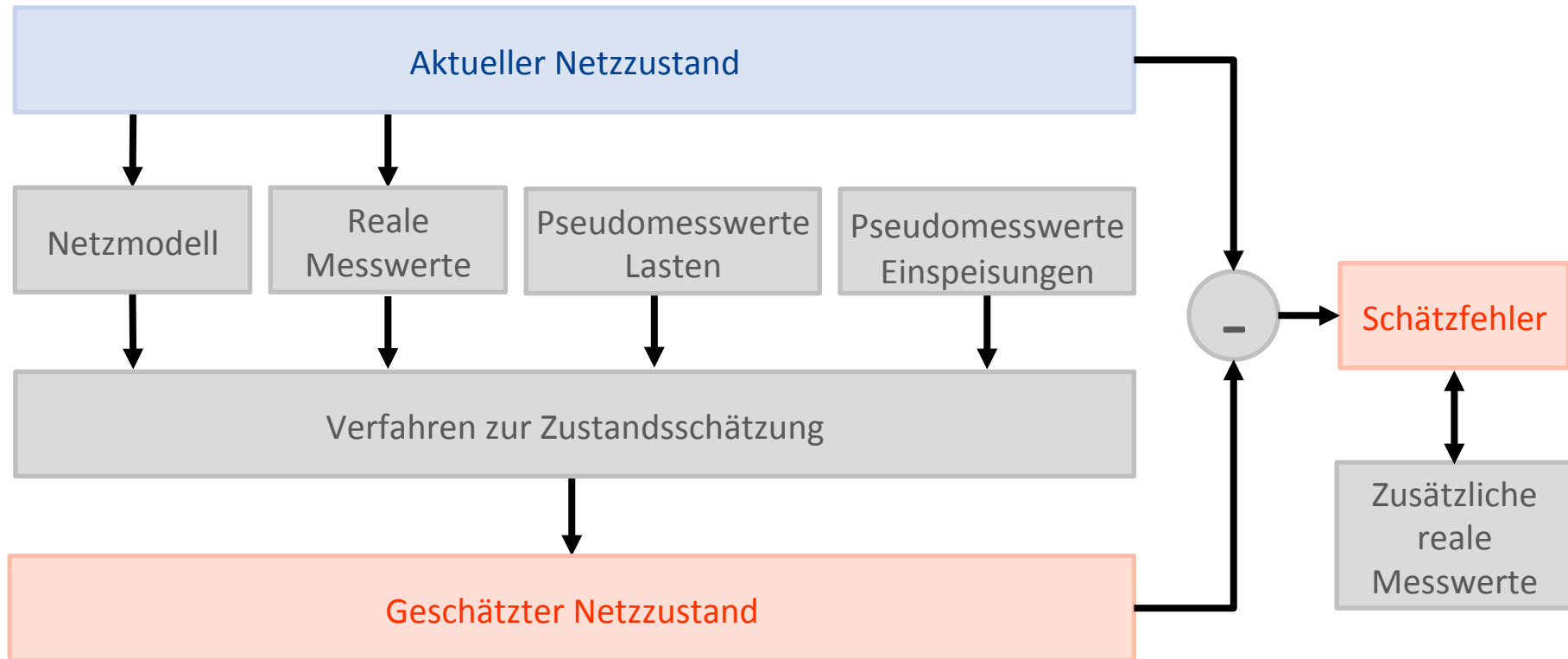
Überblick Zustandsschätzung



- Modellfehler und Messfehler verursachen Abweichung zwischen aktuellem Netzzustand und geschätztem Messzustand

-
-

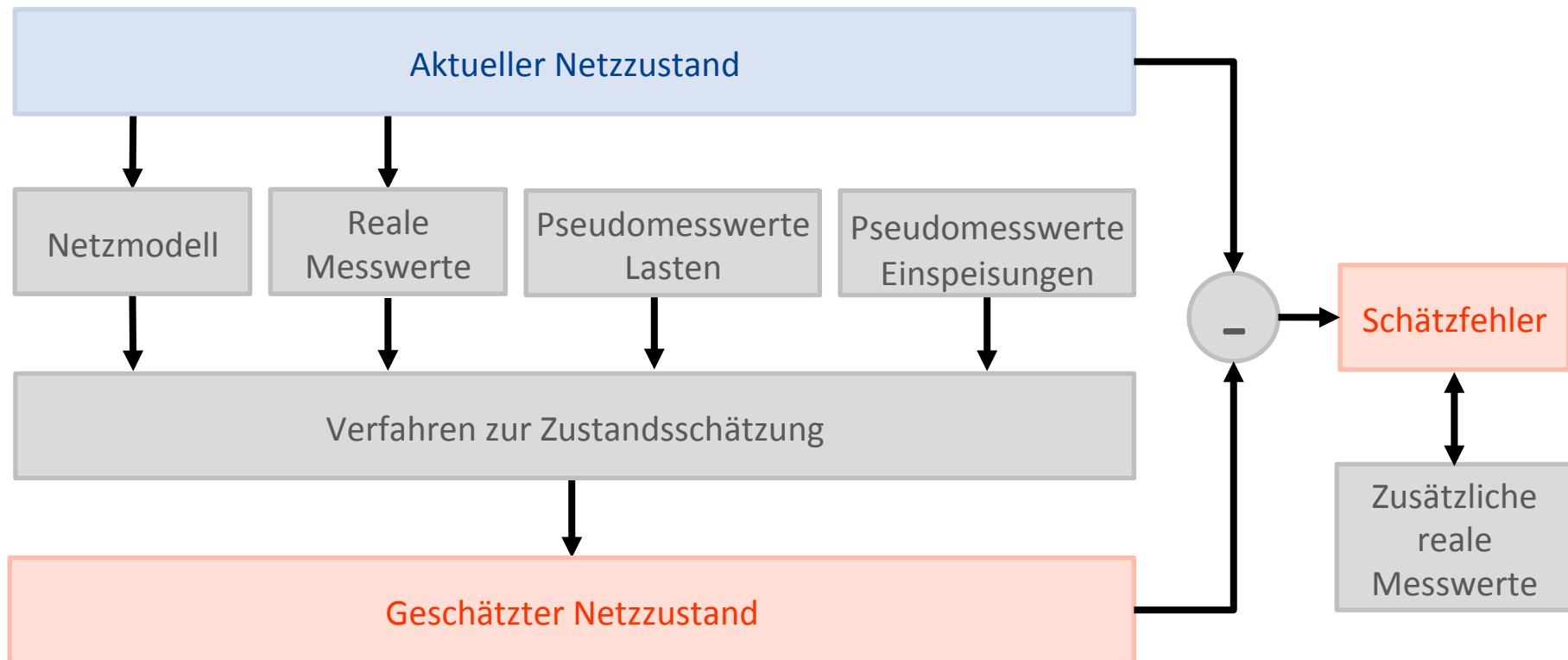
Überblick Zustandsschätzung



- Modellfehler und Messfehler verursachen Abweichung zwischen aktuellem Netzzustand und geschätztem Messzustand
- Zusätzliche reale Messwerte mit geringem Messfehler reduzieren Schätzfehler

▪

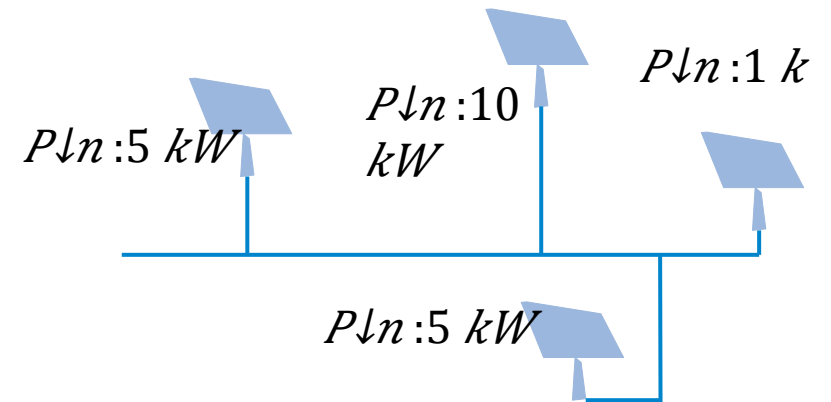
Überblick Zustandsschätzung



- Modellfehler und Messfehler verursachen Abweichung zwischen aktuellem Netzzustand und geschätztem Messzustand
- Zusätzliche reale Messwerte mit geringem Messfehler reduzieren Schätzfehler
- ➔ Verfahren zur Berechnung des Schätzfehlers und optimierten Positionierung zusätzlicher Messgeräte erforderlich

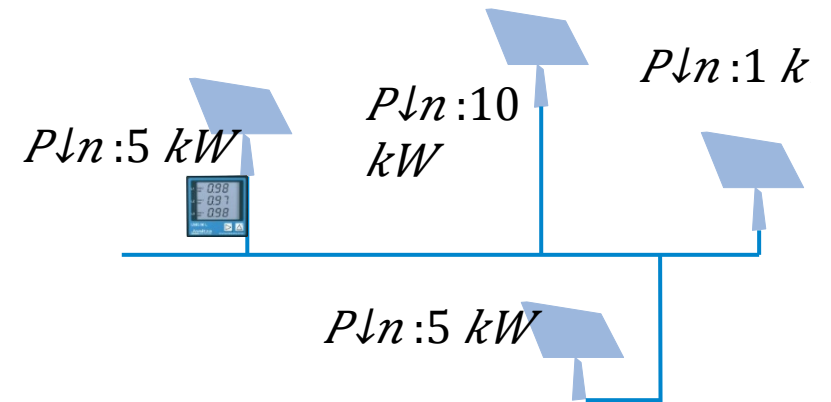
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



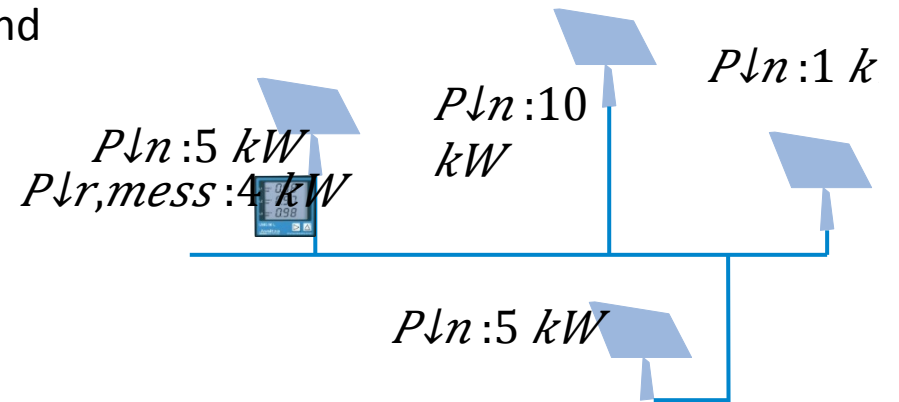
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



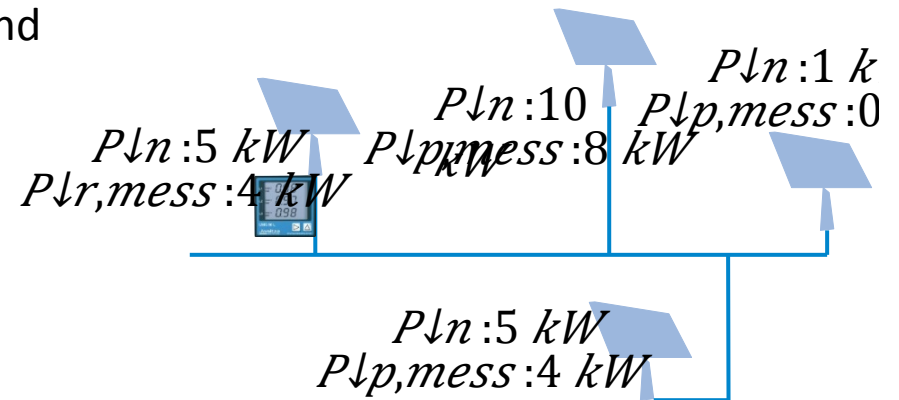
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



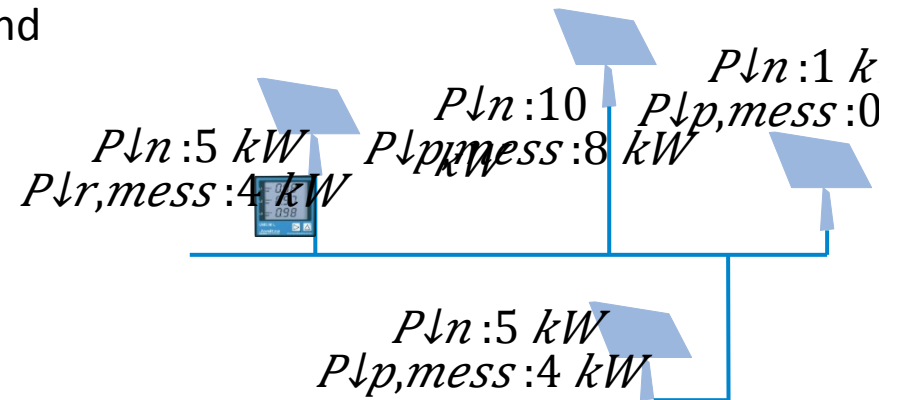
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



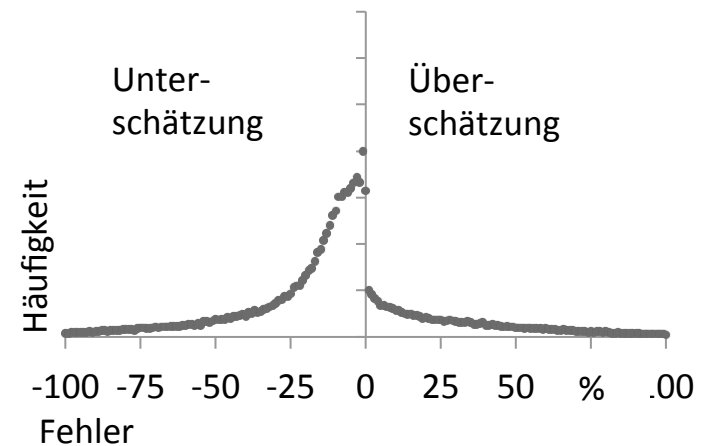
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



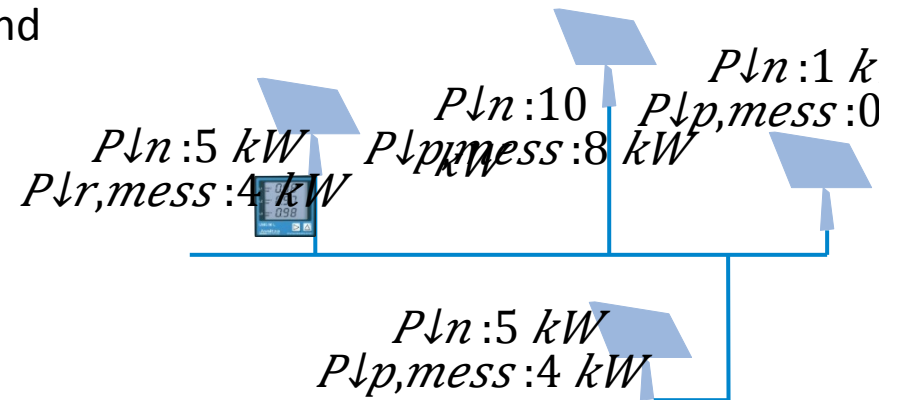
Messfehler

- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen



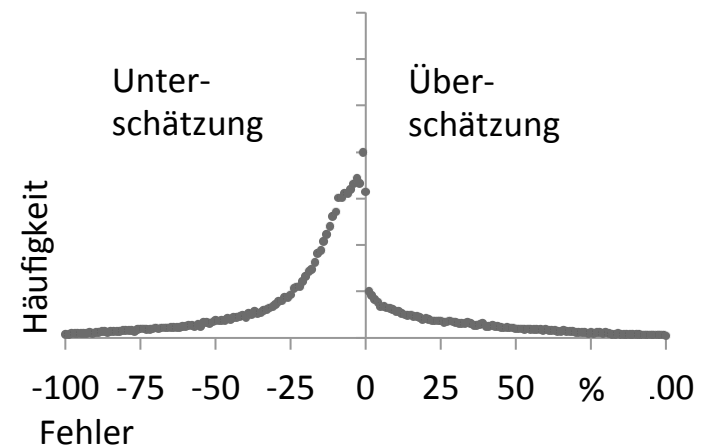
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



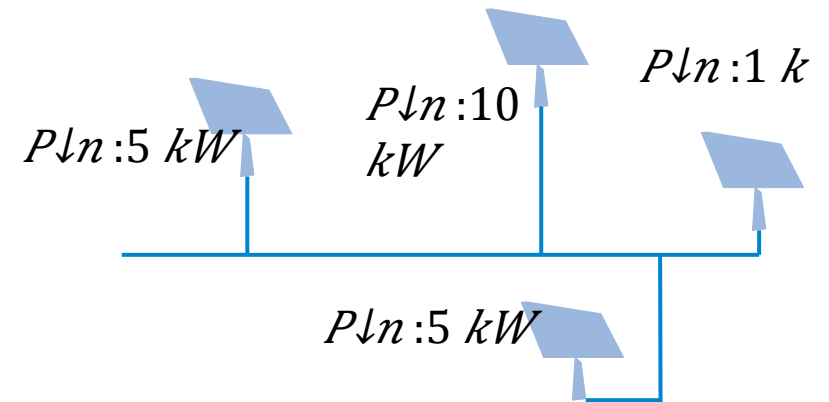
Messfehler

- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen
- Fehler durch unterschiedliche Ausrichtung, Wolkenzug und lokale Abschattung



Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

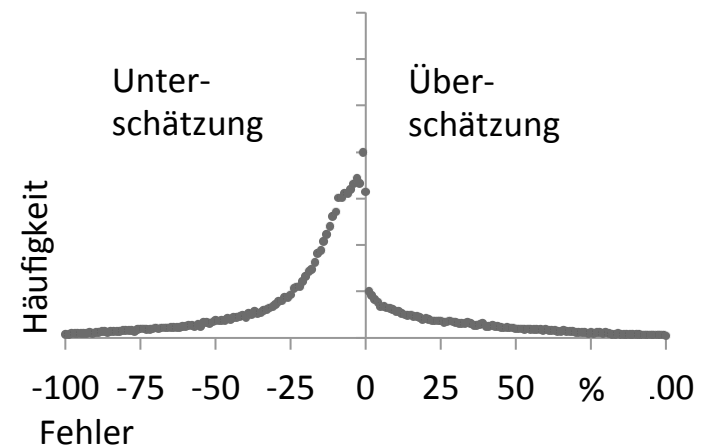
- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



Messfehler

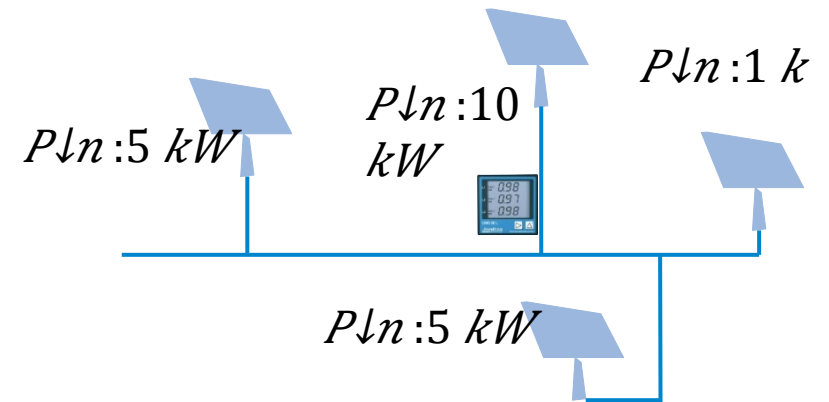
- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen
- Fehler durch unterschiedliche Ausrichtung, Wolkenzug und lokale Abschattung

-
-



Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

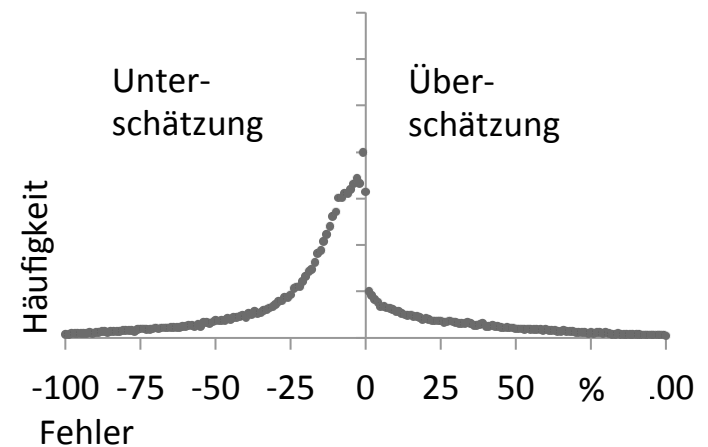
- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



Messfehler

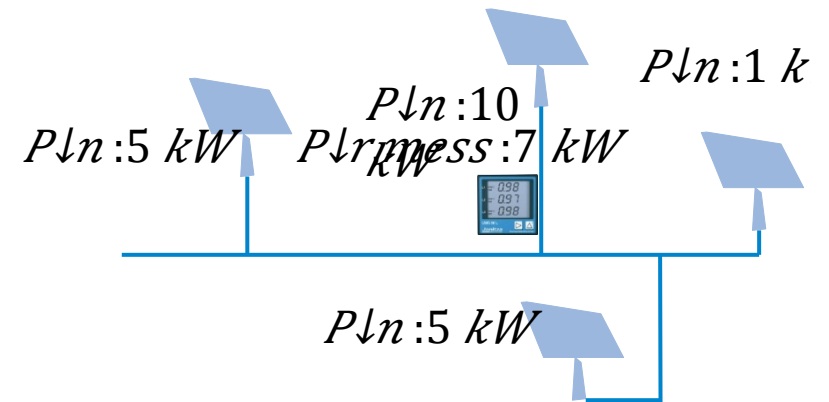
- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen
- Fehler durch unterschiedliche Ausrichtung, Wolkenzug und lokale Abschattung

-
-



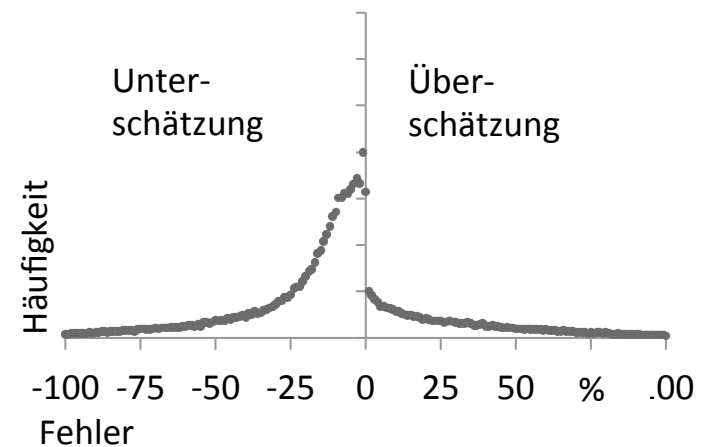
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



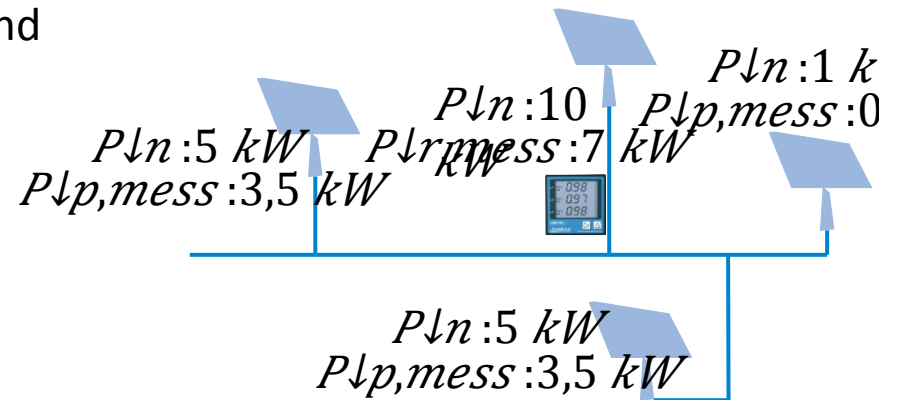
Messfehler

- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen
- Fehler durch unterschiedliche Ausrichtung, Wolkenzug und lokale Abschattung



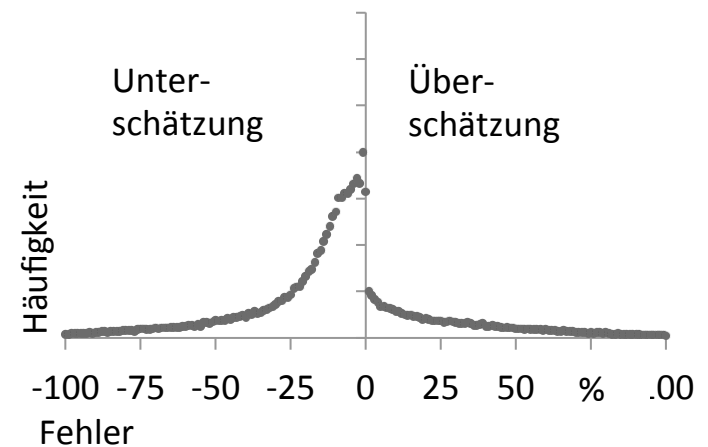
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



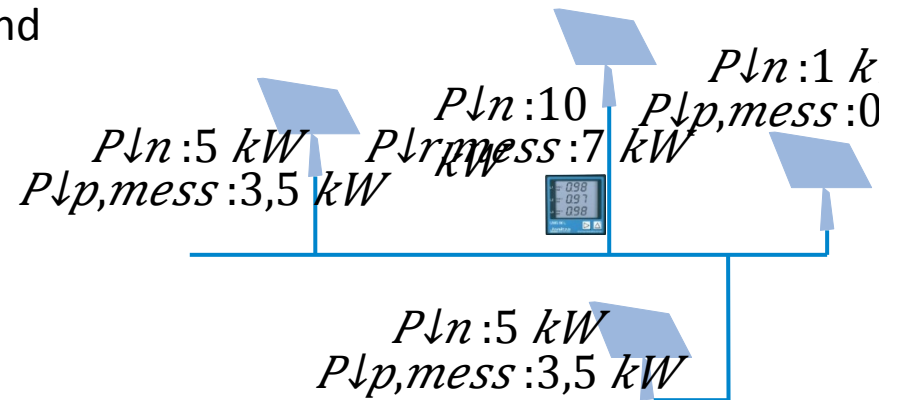
Messfehler

- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen
- Fehler durch unterschiedliche Ausrichtung, Wolkenzug und lokale Abschattung



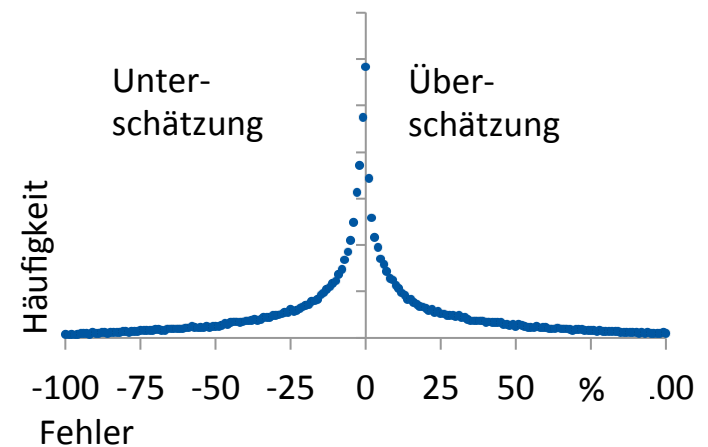
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



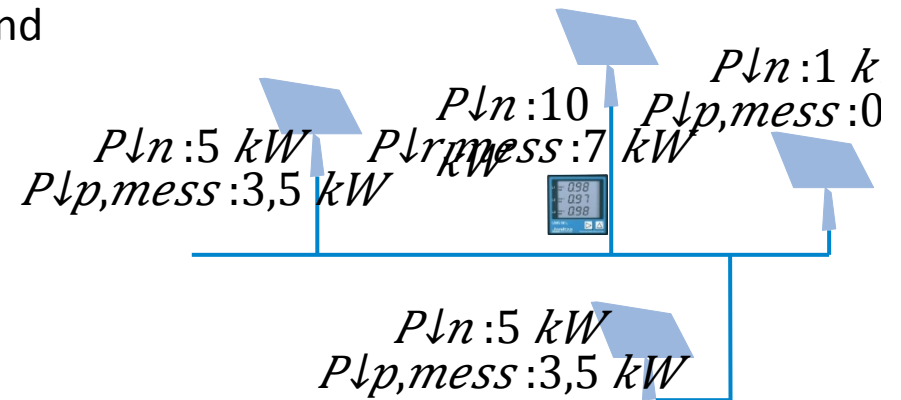
Messfehler

- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen
- Fehler durch unterschiedliche Ausrichtung, Wolkenzug und lokale Abschattung



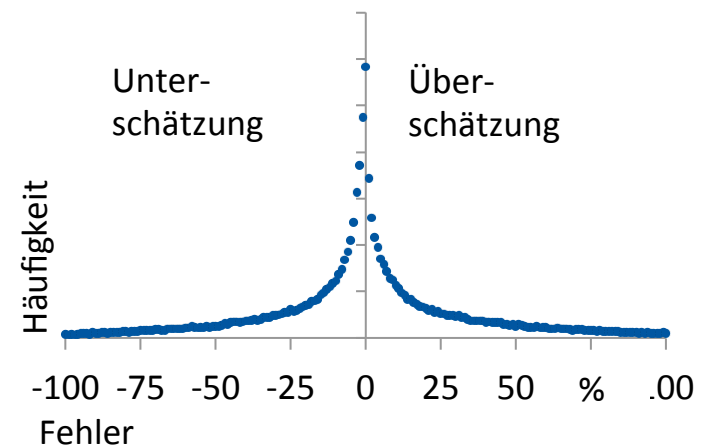
Pseudomesswerte für PV-Einspeisungen

- Netztreiber hat Kenntnis über Anschlussort und installierter Leistung aller PV-Anlagen
- Erzeugung von Pseudomesswerten auf Basis eines Echtzeitmesswertes und installierter Leistung



Messfehler

- Bestimmung des Messfehlers durch Vergleich von berechnetem Pseudomesswert und realer Messung an den Anlagen
- Fehler durch unterschiedliche Ausrichtung, Wolkenzug und lokale Abschattung
- Wahl der Referenzanlage(n) hat wesentlichen Einfluss auf die Fehler
- ➔ Stochastische Unabhängigkeit von Messfehlern zu untersuchen



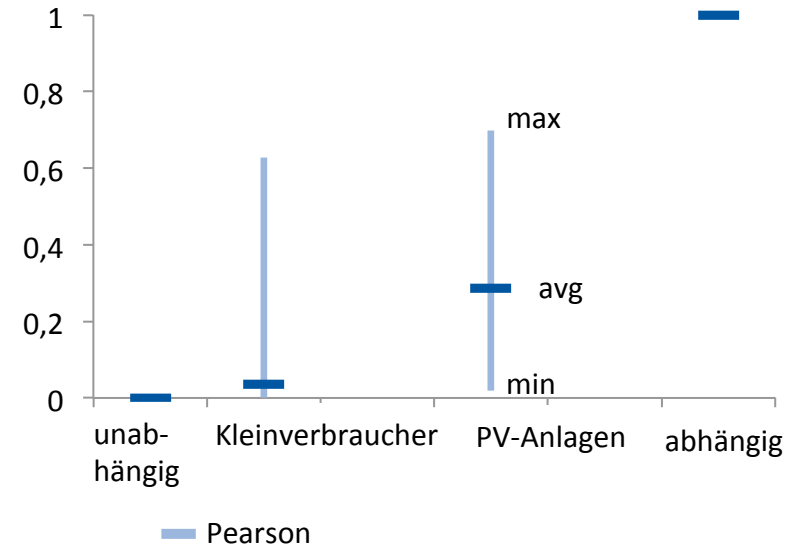
Stochastische Unabhängigkeit von Messfehlern

- χ^2 -Test (Kontingenzanalyse) widerlegt Hypothese der stochastischen Unabhängigkeit
- ➔ Maß für die Bewertung der stochastischen Abhängigkeit notwendig
- Pearson-Korrelation zur Bewertung linearer stochastischer Abhängigkeiten
-
-
-
-
-
-
-
-

Stochastische Unabhängigkeit von Messfehlern

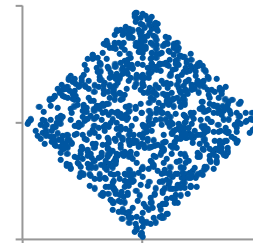
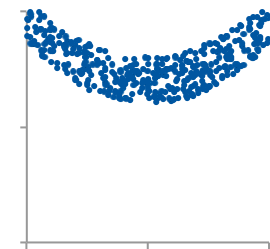
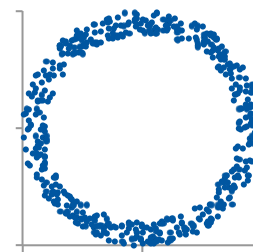
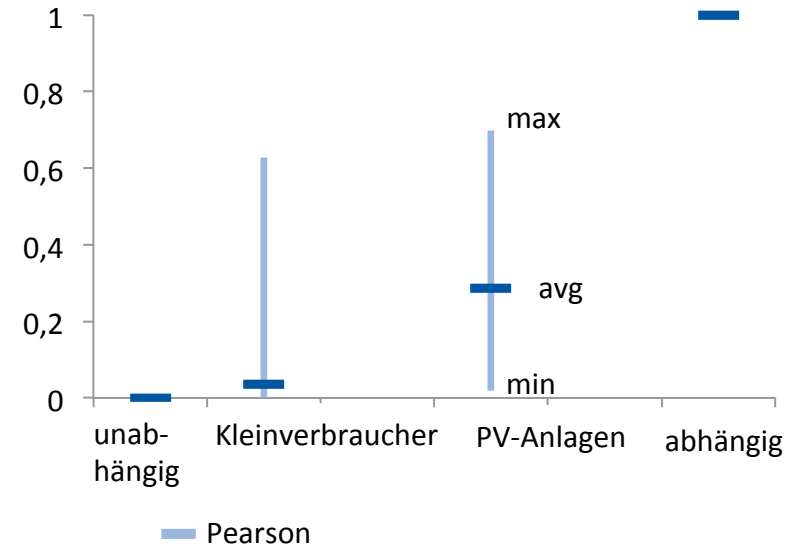
- χ^2 -Test (Kontingenzanalyse) widerlegt Hypothese der stochastischen Unabhängigkeit
- ➔ Maß für die Bewertung der stochastischen Abhängigkeit notwendig
- Pearson-Korrelation zur Bewertung linearer stochastischer Abhängigkeiten

-
-
-
-
-
-
-



Stochastische Unabhängigkeit von Messfehlern

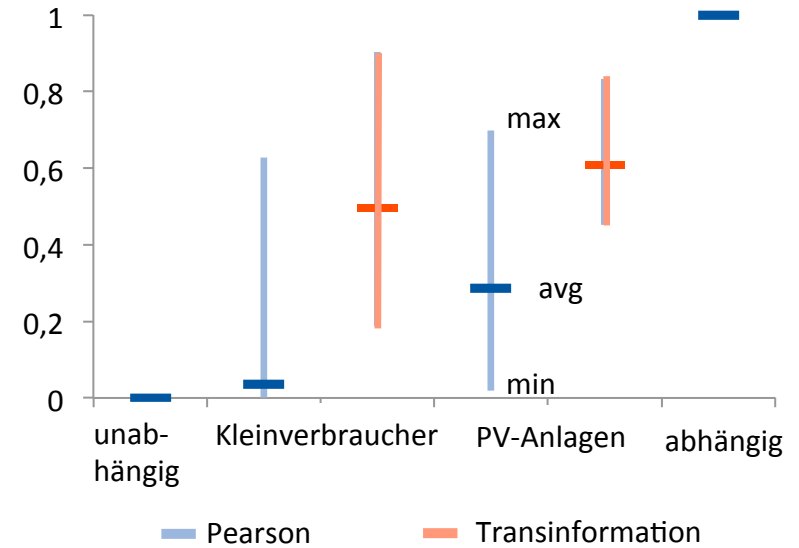
- χ^2 -Test (Kontingenzanalyse) widerlegt Hypothese der stochastischen Unabhängigkeit
- ➔ Maß für die Bewertung der stochastischen Abhängigkeit notwendig
- Pearson-Korrelation zur Bewertung linearer stochastischer Abhängigkeiten
- Stochastische Abhängigkeiten nicht nur linear
- ➔ Transformation als Bewertungsmaß für beliebige stochastische Abhängigkeiten



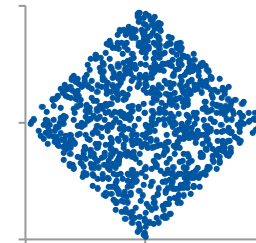
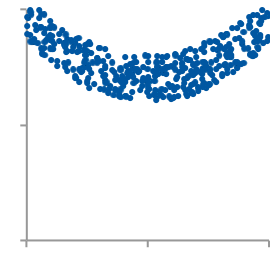
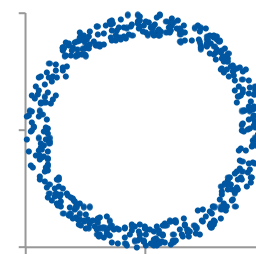
Pearson-Korrelation
 $\rho=0$

Stochastische Unabhängigkeit von Messfehlern

- χ^2 -Test (Kontingenzanalyse) widerlegt Hypothese der stochastischen Unabhängigkeit
- ➔ Maß für die Bewertung der stochastischen Abhängigkeit notwendig
- Pearson-Korrelation zur Bewertung linearer stochastischer Abhängigkeiten
- Stochastische Abhängigkeiten nicht nur linear
- ➔ Transformation als Bewertungsmaß für beliebige stochastische Abhängigkeiten



-
-
-
-
-



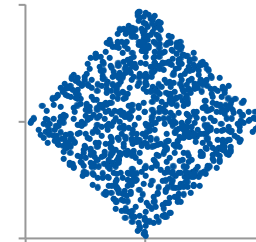
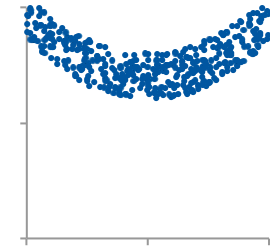
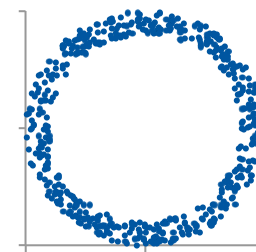
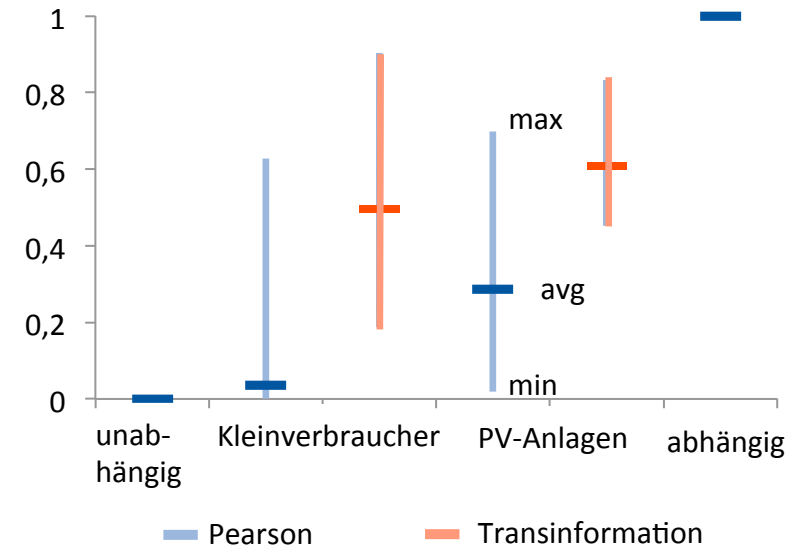
Pearson-Korrelation $\rho=0$

Stochastische Unabhängigkeit von Messfehlern

- χ^2 -Test (Kontingenzanalyse) widerlegt Hypothese der stochastischen Unabhängigkeit
- ➔ Maß für die Bewertung der stochastischen Abhängigkeit notwendig
- Pearson-Korrelation zur Bewertung linearer stochastischer Abhängigkeiten
- Stochastische Abhängigkeiten nicht nur linear
- ➔ Transinformation als Bewertungsmaß für beliebige stochastische Abhängigkeiten
- ➔ Berücksichtigung der Abhängigkeiten sinnvoll

Modellierung stochastischer Abhängigkeiten

- Verwendung von Copulas
- Copulas ermöglichen getrennte Abbildung des stochastischen Zusammenhanges und Randverteilungsfunktionen von Zufallsvariablen
- ➔ Flexible Abbildung von Abhängigkeiten möglich



Pearson-Korrelation
 $\rho=0$

Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung

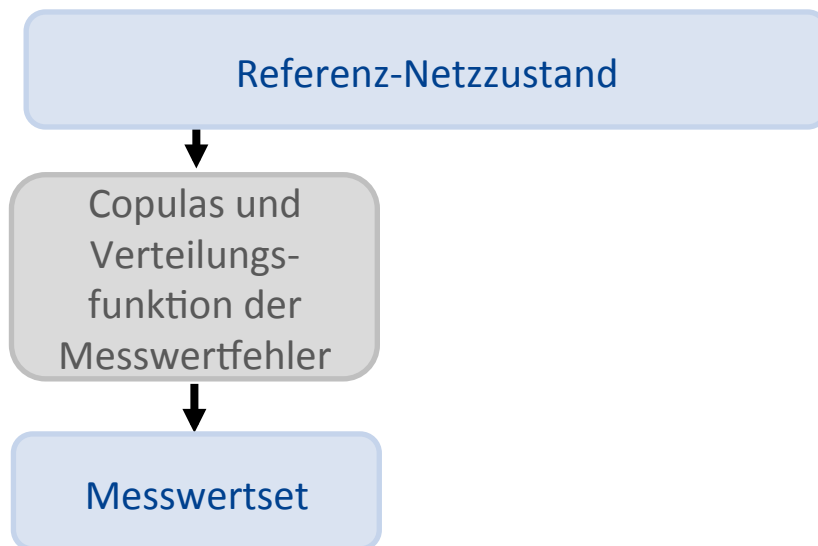
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung

Referenz-Netzzustand

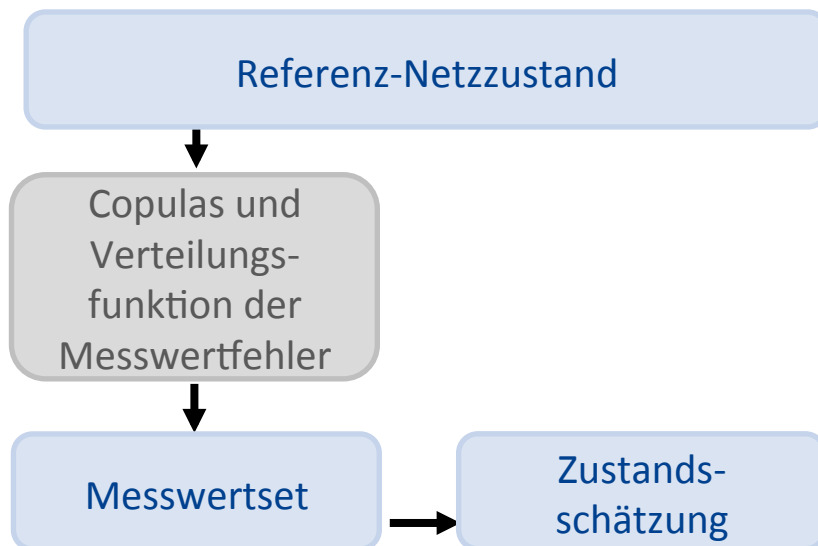
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



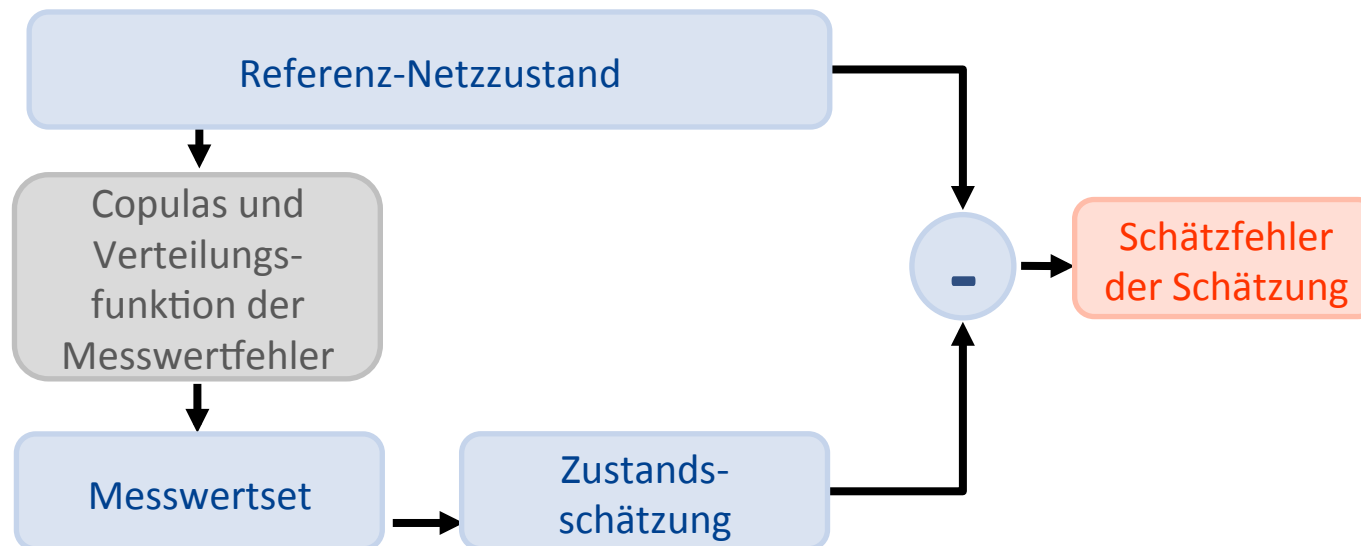
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



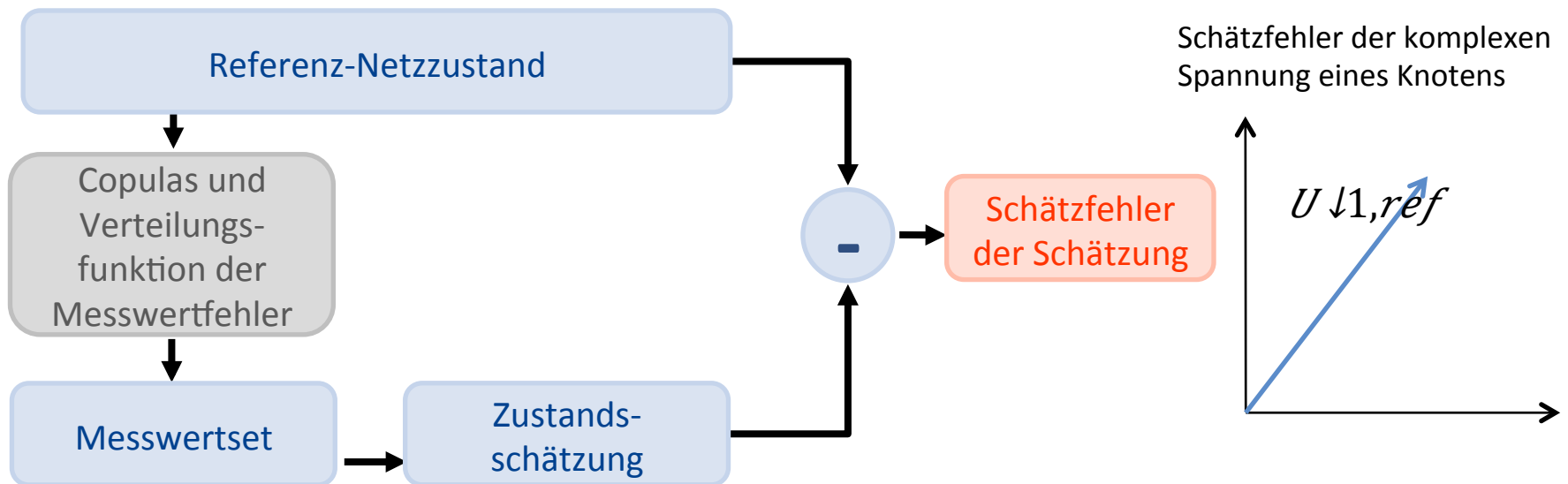
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



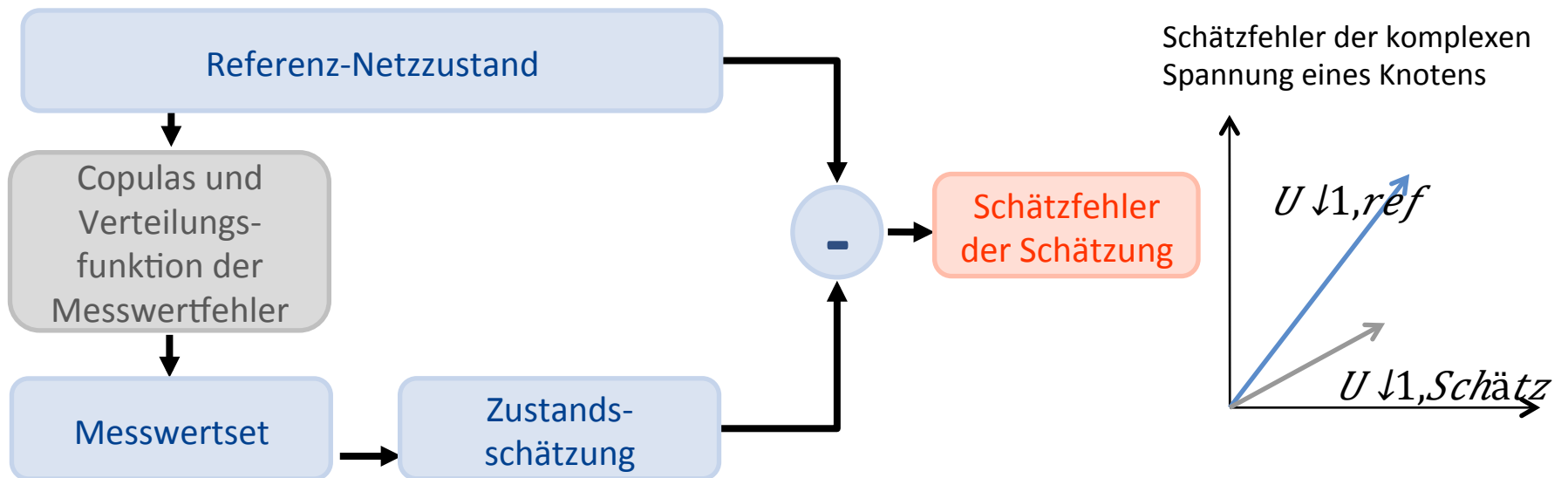
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



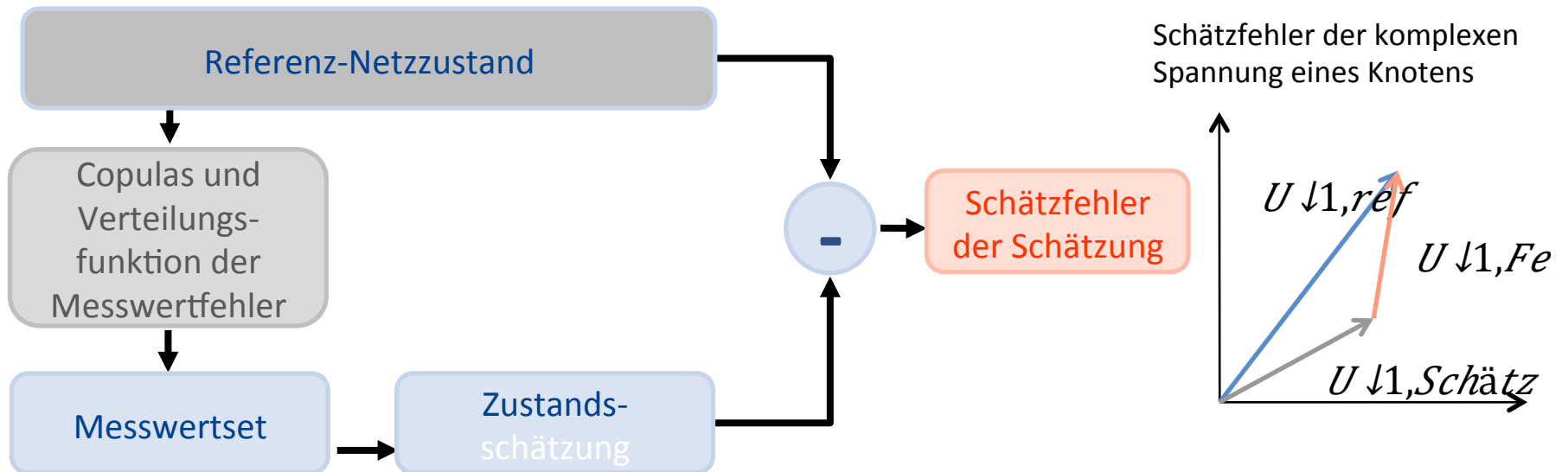
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



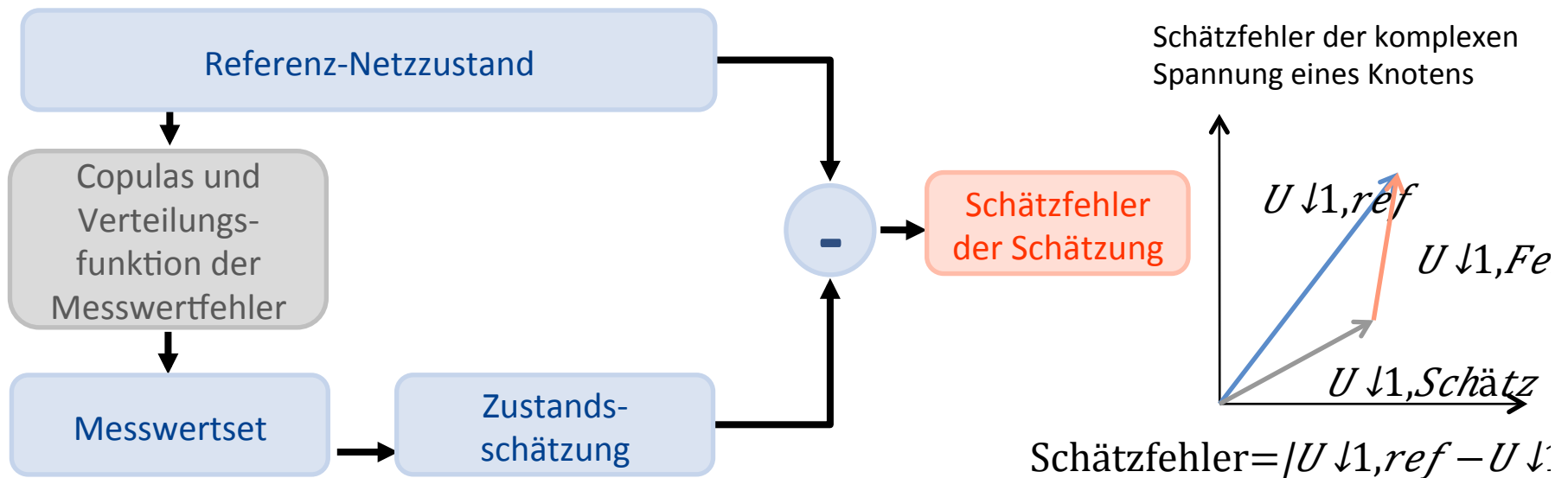
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



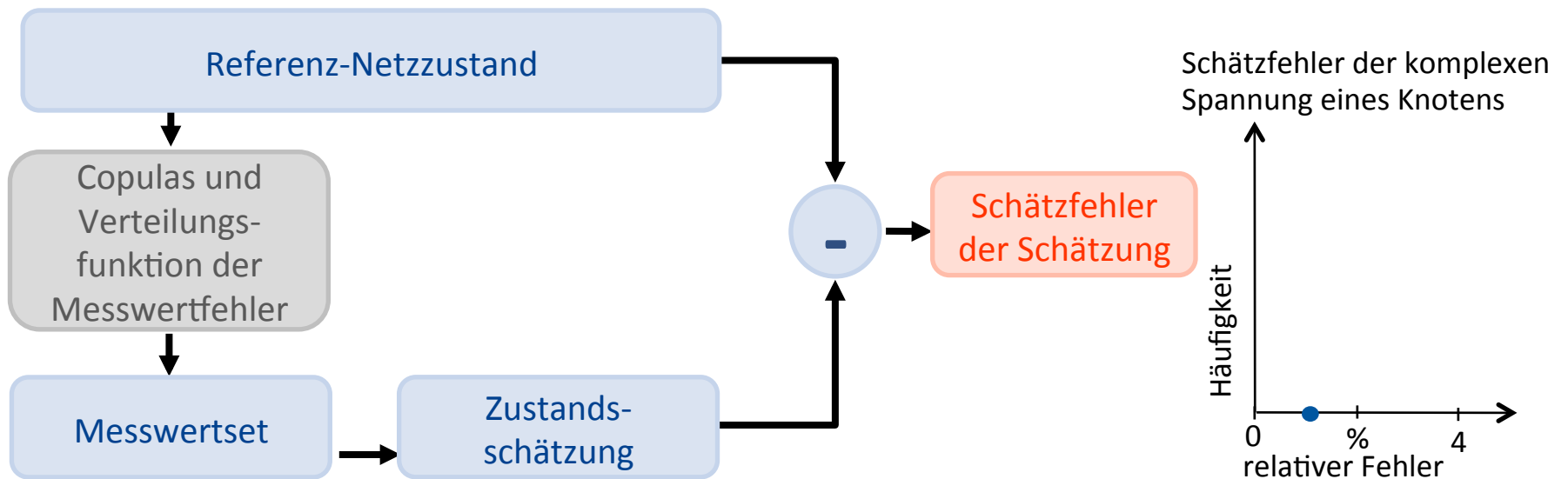
Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



Berechnung des Schätzfehlers

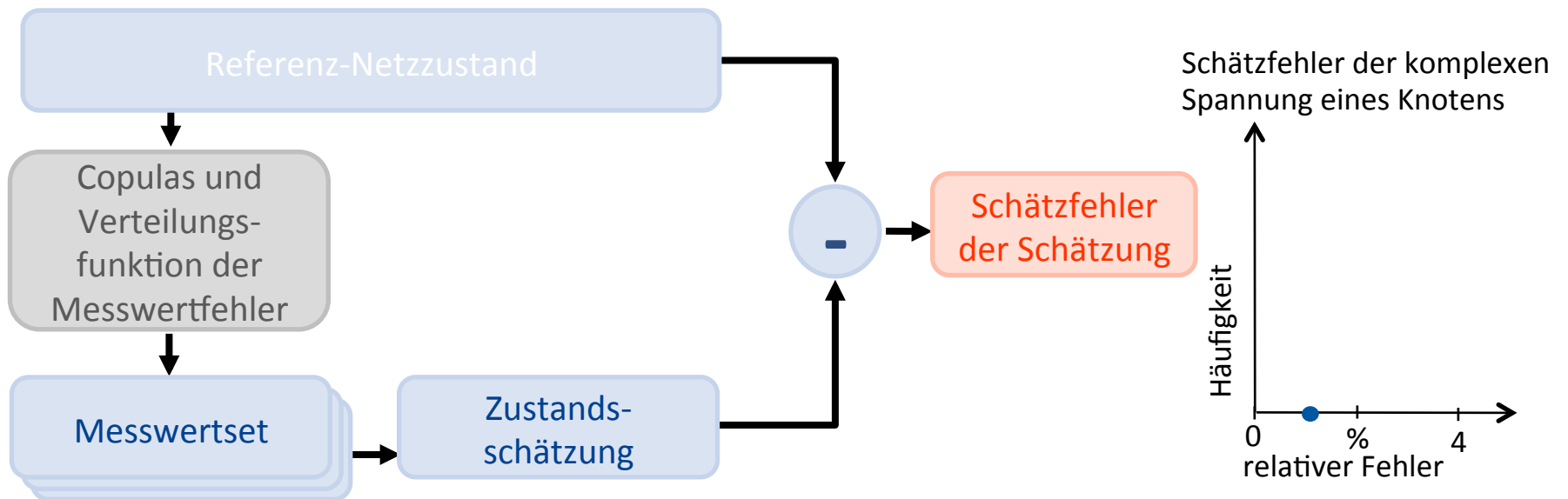
- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



-
-
-
-

Berechnung des Schätzfehlers

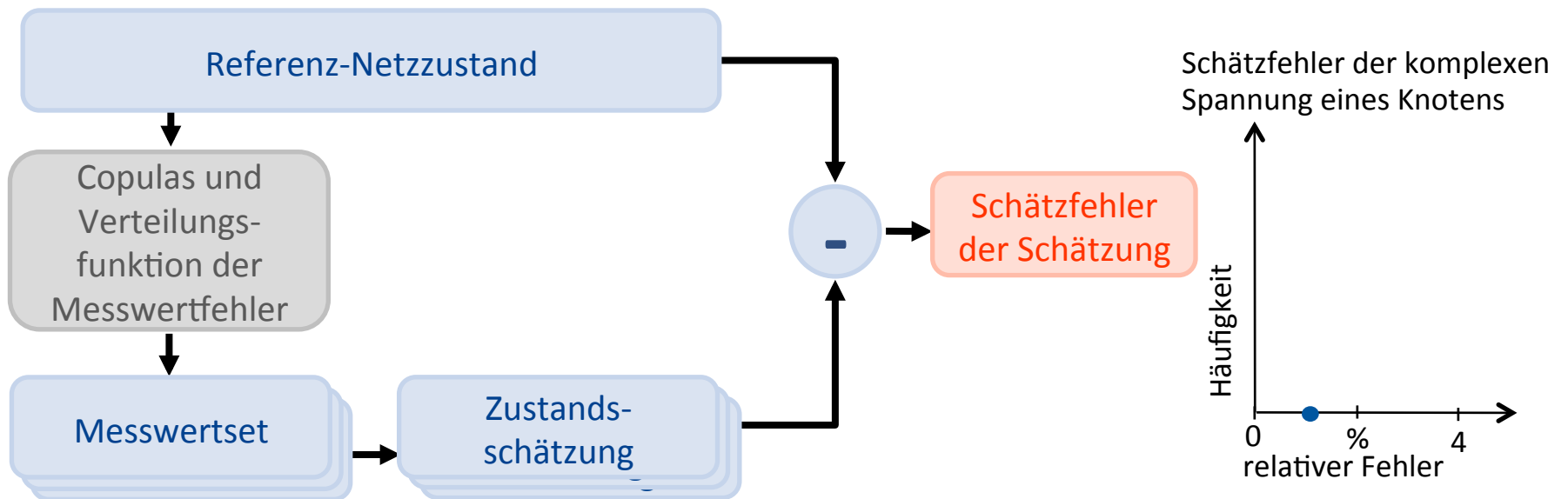
- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



-
-
-
-

Berechnung des Schätzfehlers

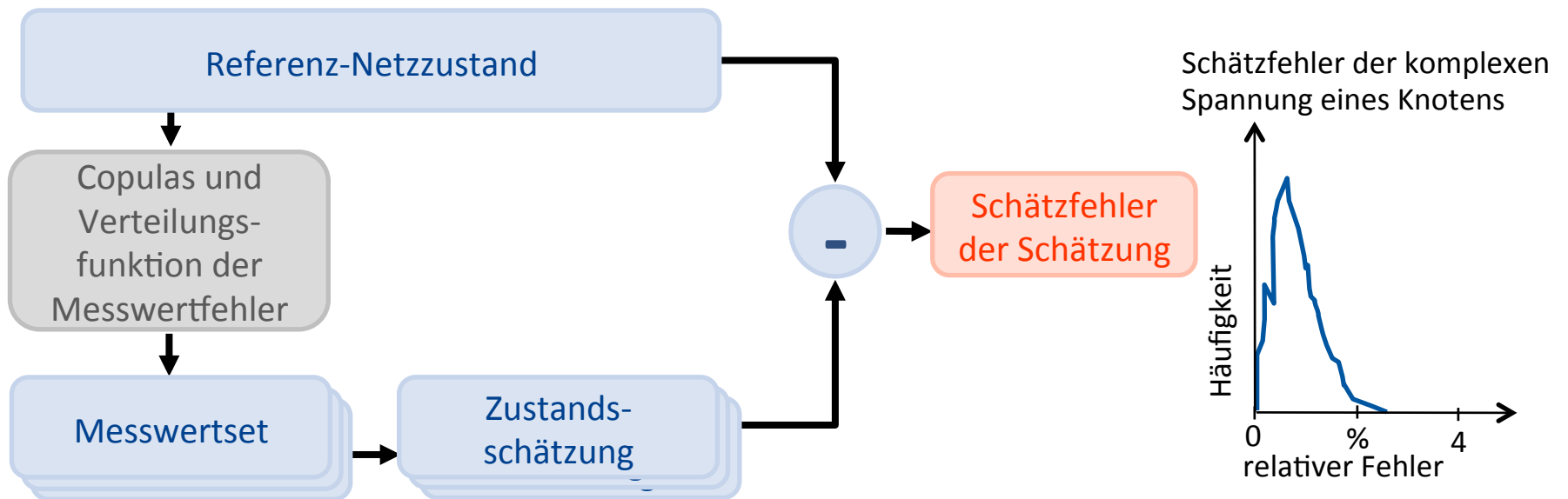
- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



-
-
-
-

Berechnung des Schätzfehlers

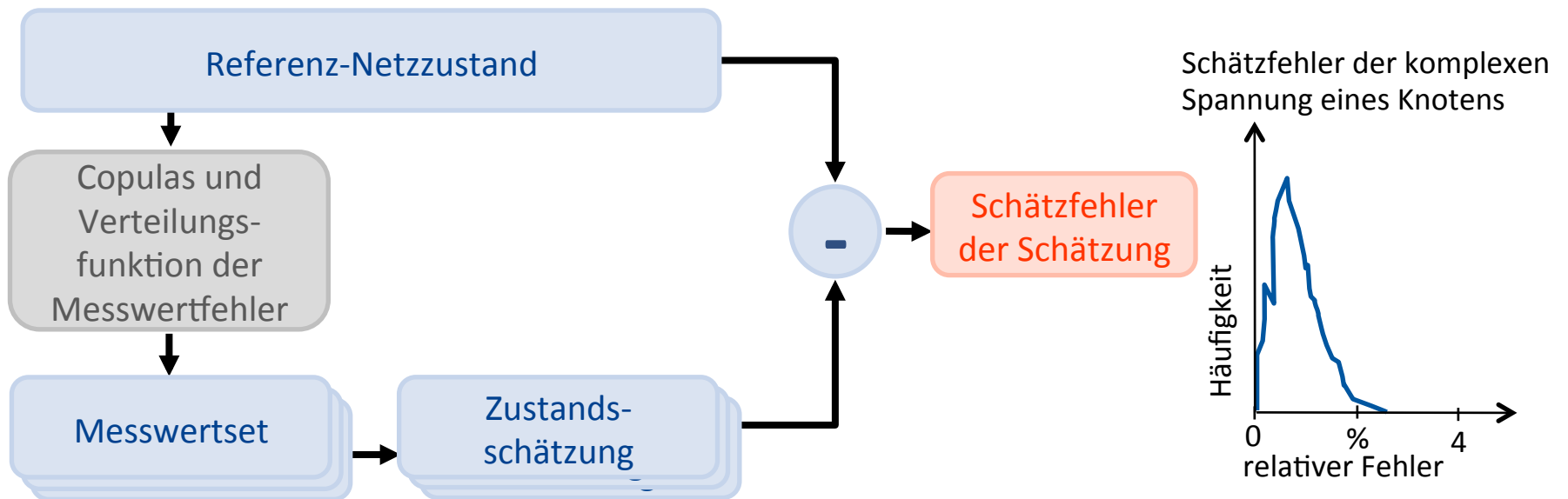
- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



-
-
-
-

Berechnung des Schätzfehlers

- Definition eines Referenz-Netzzustands bestehend aus Last- und Einspeisewerten für jeden Knoten
- Bestimmung aller elektrischen Größen durch Lastflussrechnung



- Generierung von Messwertsets basierend auf Lastflussrechnung und Messfehlerverteilungsfunktion der vorhandenen Messwerte
- Zustandsschätzung für jedes Messwertset und Vergleich mit realem Netzzustand
- ➔ Verteilungsfunktion des Schätzfehlers

Anforderungen an Schätzfehler

- Anforderungen des VNBs an den tolerierbaren Schätzfehler abhängig von Nutzung
 - ◆ Traforegelung: Schätzfehler der Spannungsamplitude $<$ Spannungsänderung pro Stufe
 - ◆ Überwachung thermischer Grenzströme: Größerer Schätzfehler tolerierbar durch thermische Zeitkonstanten und Überlastfestigkeit (z.B. 10%)
 - ◆ Überwachung des Spannungsbandes: Kleiner Schätzfehler tolerierbar

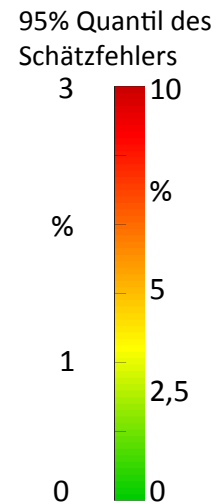
Auswertung der Schätzfehler

Schätzfehler des Spannungsbetrags



Relativer Schätzfehler des Spannungsbetrags an jedem Knoten

Schätzfehler des Strombetrages



Schätzfehler des Strombetrages bezogen auf den thermischen Grenzstrom der jeweiligen Leitung

Optimierte Positionierung von Messtechnik

Positionierbare Messtechnik

Konventionelle Messtechnik

- VNB kann Messtechnik in Ortsnetzstationen oder Trennkästen einbauen
- Messtechnik erfordert Kommunikationstechnik zur Anbindung an Leitstelle
- Verfügbare Messwerte: Spannungsbetrag (U) , Wirk- und Blindleistung (P/Q)

-
-
-
-
-

Smart Meter

- Zukünftiger Abruf von Smart Meter Daten an Hausanschlüssen vorstellbar
- Verfügbare Messwerte: Wirkleistung (je nach Gerät auch U und Q)
- Kommunikationstechnische Anbindung mit Protokollwandler und Sondervertrag zwischen VNB und Kunden erforderlich

Optimierte Positionierung von Messtechnik

Positionierbare Messtechnik

Konventionelle Messtechnik

- VNB kann Messtechnik in Ortsnetzstationen oder Trennkästen einbauen
- Messtechnik erfordert Kommunikationstechnik zur Anbindung an Leitstelle
- Verfügbare Messwerte: Spannungsbetrag (U) , Wirk- und Blindleistung (P/Q)

Smart Meter

- Zukünftiger Abruf von Smart Meter Daten an Hausanschlüssen vorstellbar
- Verfügbare Messwerte: Wirkleistung (je nach Gerät auch U und Q)
- Kommunikationstechnische Anbindung mit Protokollwandler und Sondervertrag zwischen VNB und Kunden erforderlich

Verfahren zur optimierten Positionierung

-
-
-
-

Optimierte Positionierung von Messtechnik

Positionierbare Messtechnik

Konventionelle Messtechnik

- VNB kann Messtechnik in Ortsnetzstationen oder Trennkästen einbauen
- Messtechnik erfordert Kommunikationstechnik zur Anbindung an Leitstelle
- Verfügbare Messwerte: Spannungsbetrag (U) , Wirk- und Blindleistung (P/Q)

Smart Meter

- Zukünftiger Abruf von Smart Meter Daten an Hausanschlüssen vorstellbar
- Verfügbare Messwerte: Wirkleistung (je nach Gerät auch U und Q)
- Kommunikationstechnische Anbindung mit Protokollwandler und Sondervertrag zwischen VNB und Kunden erforderlich

Verfahren zur optimierten Positionierung

-
-
-
-

ZF

Minimierung der (Investitions-) Kosten zusätzlicher Messtechnik

Optimierte Positionierung von Messtechnik

Positionierbare Messtechnik

Konventionelle Messtechnik

- VNB kann Messtechnik in Ortsnetzstationen oder Trennkästen einbauen
- Messtechnik erfordert Kommunikationstechnik zur Anbindung an Leitstelle
- Verfügbare Messwerte: Spannungsbetrag (U) , Wirk- und Blindleistung (P/Q)

Smart Meter

- Zukünftiger Abruf von Smart Meter Daten an Hausanschlüssen vorstellbar
- Verfügbare Messwerte: Wirkleistung (je nach Gerät auch U und Q)
- Kommunikationstechnische Anbindung mit Protokollwandler und Sondervertrag zwischen VNB und Kunden erforderlich

Verfahren zur optimierten Positionierung

-
-
-
-

ZF

Minimierung der (Investitions-) Kosten zusätzlicher Messtechnik

NB

Einhaltung des vorgegebenen maximalen Schätzfehlers

Optimierte Positionierung von Messtechnik

Positionierbare Messtechnik

Konventionelle Messtechnik

- VNB kann Messtechnik in Ortsnetzstationen oder Trennkästen einbauen
- Messtechnik erfordert Kommunikationstechnik zur Anbindung an Leitstelle
- Verfügbare Messwerte: Spannungsbetrag (U) , Wirk- und Blindleistung (P/Q)

Smart Meter

- Zukünftiger Abruf von Smart Meter Daten an Hausanschlüssen vorstellbar
- Verfügbare Messwerte: Wirkleistung (je nach Gerät auch U und Q)
- Kommunikationstechnische Anbindung mit Protokollwandler und Sondervertrag zwischen VNB und Kunden erforderlich

Verfahren zur optimierten Positionierung

-
-
-
-

ZF

Minimierung der (Investitions-) Kosten zusätzlicher Messtechnik

NB

Einhaltung des vorgegebenen maximalen Schätzfehlers

FG

Anzahl, Typ und Position zusätzlicher Messtechnik

Optimierte Positionierung von Messtechnik

Positionierbare Messtechnik

Konventionelle Messtechnik

- VNB kann Messtechnik in Ortsnetzstationen oder Trennkästen einbauen
- Messtechnik erfordert Kommunikationstechnik zur Anbindung an Leitstelle
- Verfügbare Messwerte: Spannungsbetrag (U) , Wirk- und Blindleistung (P/Q)

Smart Meter

- Zukünftiger Abruf von Smart Meter Daten an Hausanschlüssen vorstellbar
- Verfügbare Messwerte: Wirkleistung (je nach Gerät auch U und Q)
- Kommunikationstechnische Anbindung mit Protokollwandler und Sondervertrag zwischen VNB und Kunden erforderlich

Verfahren zur optimierten Positionierung

- Stochastisch geprägter Zusammenhang zwischen verwendeter Messtechnik und Schätzfehler

-
-
-

ZF

Minimierung der (Investitions-) Kosten zusätzlicher Messtechnik

NB

Einhaltung des vorgegebenen maximalen Schätzfehlers

FG

Anzahl, Typ und Position zusätzlicher Messtechnik

Optimierte Positionierung von Messtechnik

Positionierbare Messtechnik

Konventionelle Messtechnik

- VNB kann Messtechnik in Ortsnetzstationen oder Trennkästen einbauen
- Messtechnik erfordert Kommunikationstechnik zur Anbindung an Leitstelle
- Verfügbare Messwerte: Spannungsbetrag (U) , Wirk- und Blindleistung (P/Q)

Smart Meter

- Zukünftiger Abruf von Smart Meter Daten an Hausanschlüssen vorstellbar
- Verfügbare Messwerte: Wirkleistung (je nach Gerät auch U und Q)
- Kommunikationstechnische Anbindung mit Protokollwandler und Sondervertrag zwischen VNB und Kunden erforderlich

Verfahren zur optimierten Positionierung

- Stochastisch geprägter Zusammenhang zwischen verwendeter Messtechnik und Schätzfehler
- ➔ Kein direkter funktionaler Zusammenhang formulierbar
- Vollständige Enumeration nicht durchführbar
- ➔ Heuristik zur Optimierung notwendig

ZF

Minimierung der (Investitions-) Kosten zusätzlicher Messtechnik

NB

Einhaltung des vorgegebenen maximalen Schätzfehlers

FG

Anzahl, Typ und Position zusätzlicher Messtechnik

Ergebnisse - Optimierte Positionierung von Messtechnik

- Verfahren erlaubt flexible Positionierung an Hausanschlusskästen oder Verteilerkästen
- Berücksichtigung verschiedener Last-/Einspeisesituationen und Schaltzuständen während Optimierung möglich
- Im Folgenden Betrachtung einer stark PV Stunde
- Tolerierter Schätzfehler des Spannungsbetrages von 1%
- Positionierung von Smart Metern mit „echtzeitfähiger“ Kommunikationsanbindung an Hausanschlusskästen
 - ◆ Variante 1: P
 - ◆ Variante 2: P,Q
 - ◆ Variante 3: P,Q,U



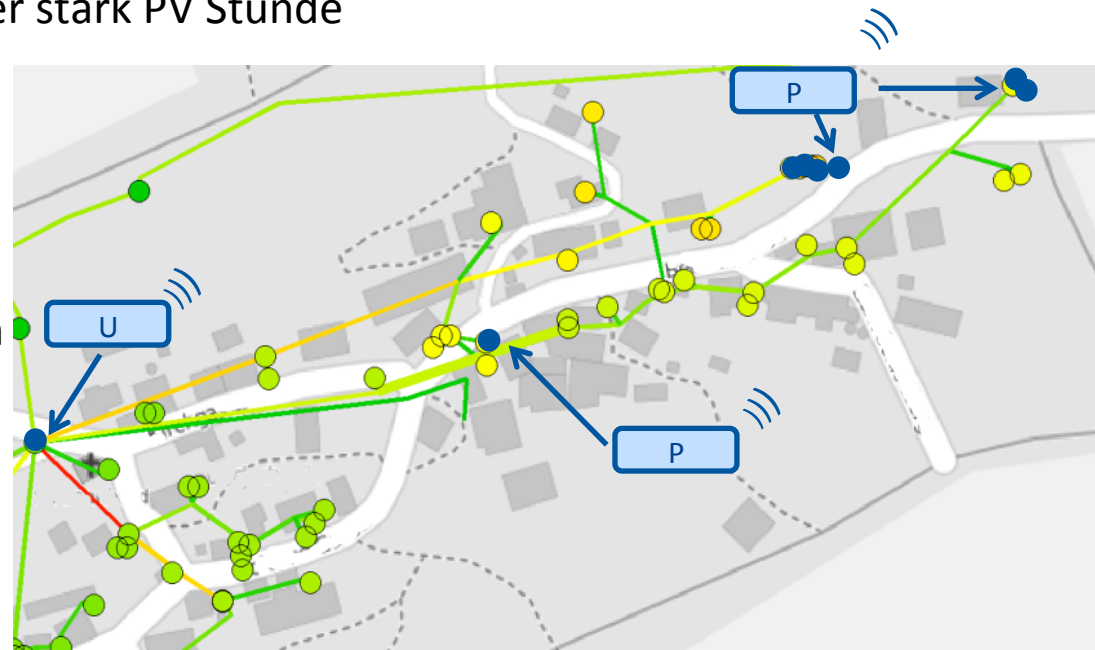
Ergebnisse - Optimierte Positionierung von Messtechnik

- Verfahren erlaubt flexible Positionierung an Hausanschlusskästen oder Verteilerkästen
- Berücksichtigung verschiedener Last-/Einspeisesituationen und Schaltzuständen während Optimierung möglich
- Im Folgenden Betrachtung einer stark PV Stunde
- Tolerierter Schätzfehler des Spannungsbetrages von 1%
- Positionierung von Smart Metern mit „echtzeitfähiger“ Kommunikationsanbindung an Hausanschlusskästen
 - ◆ Variante 1: P
 - ◆ Variante 2: P,Q
 - ◆ Variante 3: P,Q,U



Ergebnisse - Optimierte Positionierung von Messtechnik

- Verfahren erlaubt flexible Positionierung an Hausanschlusskästen oder Verteilerkästen
- Berücksichtigung verschiedener Last-/Einspeisesituationen und Schaltzuständen während Optimierung möglich
- Im Folgenden Betrachtung einer stark PV Stunde
- Tolerierter Schätzfehler des Spannungsbetrages von 1%
- Positionierung von Smart Metern mit „echtzeitfähiger“ Kommunikationsanbindung an Hausanschlusskästen
 - ◆ Variante 1: P
 - ◆ Variante 2: P,Q
 - ◆ Variante 3: P,Q,U

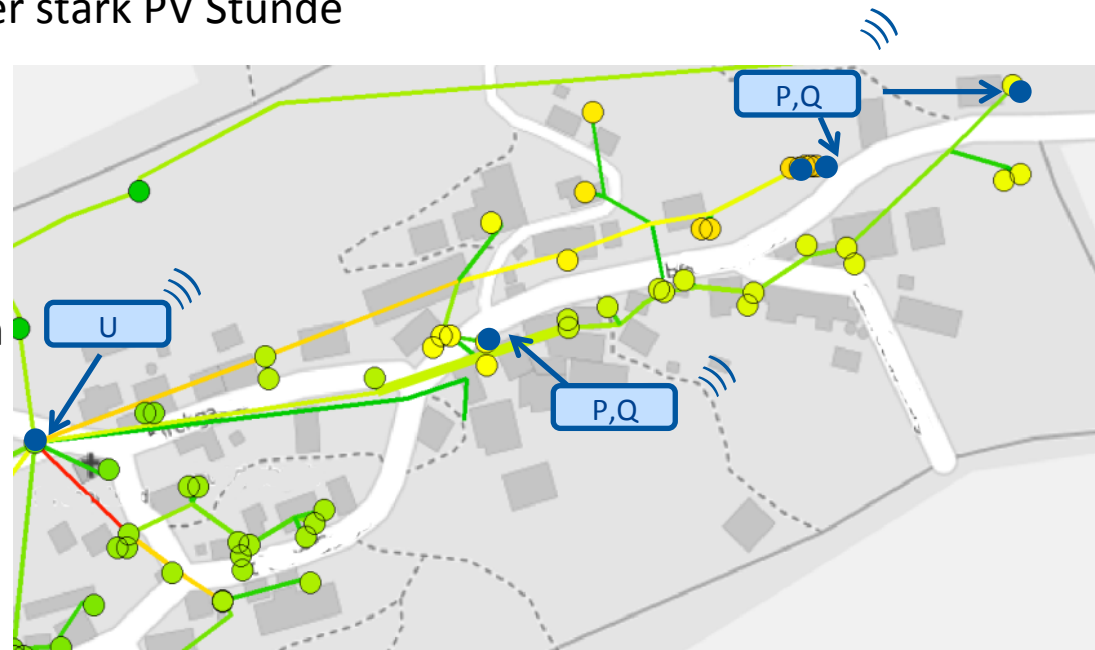


Variante 1

7 Smart Meter

Ergebnisse - Optimierte Positionierung von Messtechnik

- Verfahren erlaubt flexible Positionierung an Hausanschlusskästen oder Verteilerkästen
- Berücksichtigung verschiedener Last-/Einspeisesituationen und Schaltzuständen während Optimierung möglich
- Im Folgenden Betrachtung einer stark PV Stunde
- Tolerierter Schätzfehler des Spannungsbetrages von 1%
- Positionierung von Smart Metern mit „echtzeitfähiger“ Kommunikationsanbindung an Hausanschlusskästen
 - ◆ Variante 1: P
 - ◆ Variante 2: P,Q
 - ◆ Variante 3: P,Q,U



Variante 1

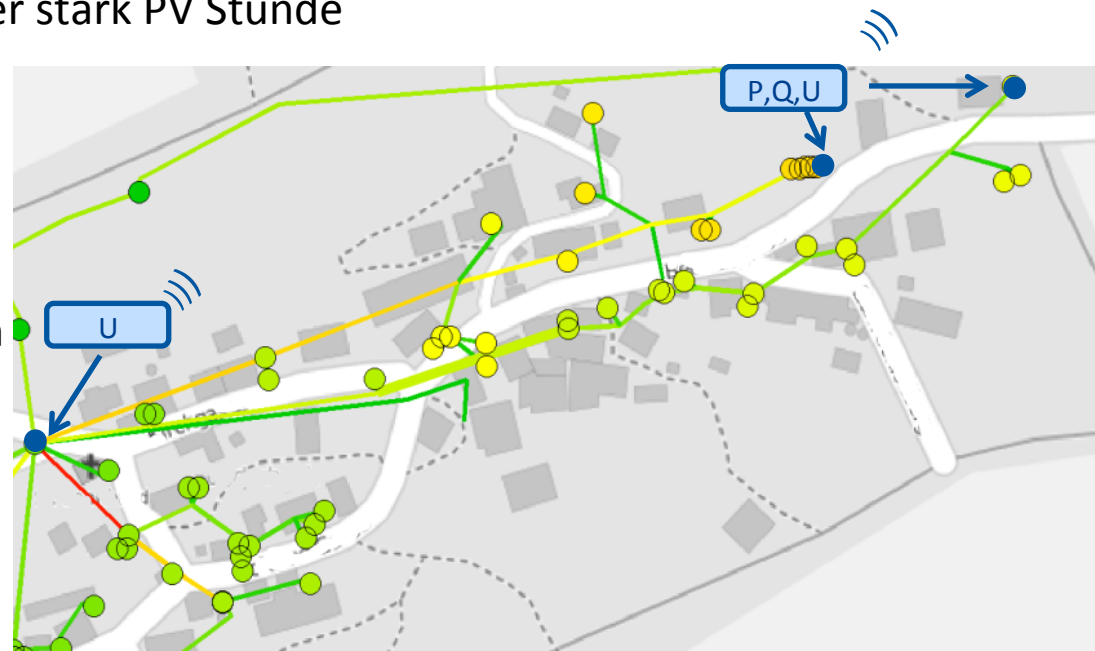
7 Smart Meter

Variante 2

4 Smart Meter

Ergebnisse - Optimierte Positionierung von Messtechnik

- Verfahren erlaubt flexible Positionierung an Hausanschlusskästen oder Verteilerkästen
- Berücksichtigung verschiedener Last-/Einspeisesituationen und Schaltzuständen während Optimierung möglich
- Im Folgenden Betrachtung einer stark PV Stunde
- Tolerierter Schätzfehler des Spannungsbetrages von 1%
- Positionierung von Smart Metern mit „echtzeitfähiger“ Kommunikationsanbindung an Hausanschlusskästen
 - ◆ Variante 1: P
 - ◆ Variante 2: P,Q
 - ◆ Variante 3: P,Q,U



| | |
|------------|---------------|
| Variante 1 | 7 Smart Meter |
| Variante 2 | 4 Smart Meter |
| Variante 3 | 2 Smart Meter |

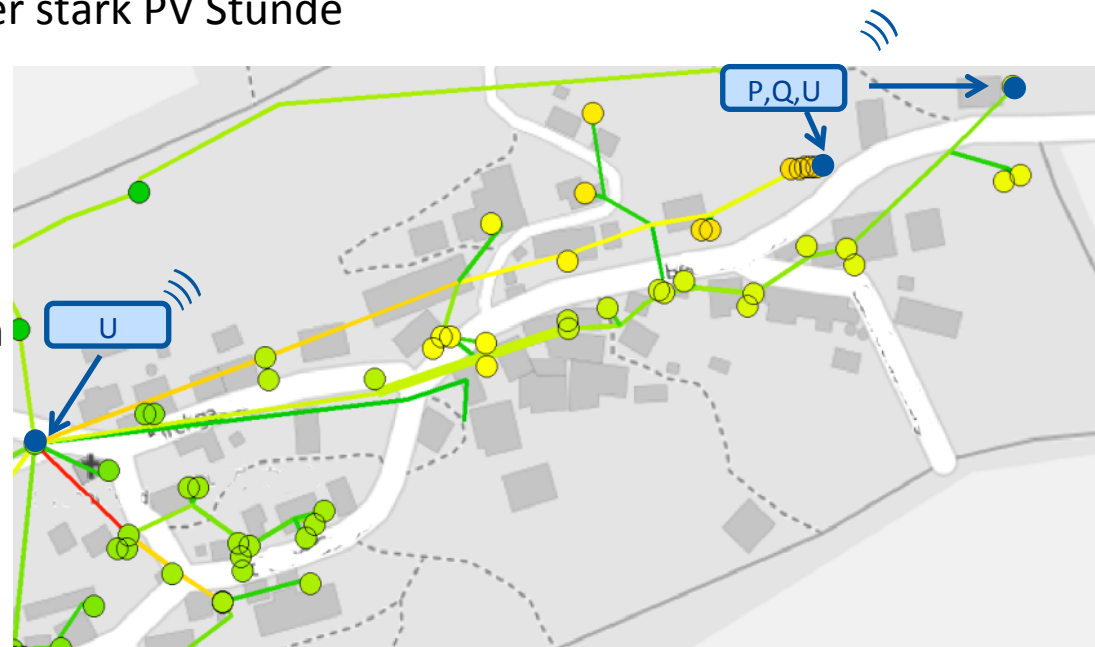
Ergebnisse - Optimierte Positionierung von Messtechnik

- Verfahren erlaubt flexible Positionierung an Hausanschlusskästen oder Verteilerkästen
- Berücksichtigung verschiedener Last-/Einspeisesituationen und Schaltzuständen während Optimierung möglich
- Im Folgenden Betrachtung einer stark PV Stunde

- Tolerierter Schätzfehler des Spannungsbetrages von 1%
- Positionierung von Smart Metern mit „echtzeitfähiger“ Kommunikationsanbindung an Hausanschlusskästen

- ◆ Variante 1: P
- ◆ Variante 2: P,Q
- ◆ Variante 3: P,Q,U

- ➔ Echtzeit Übertragung von Spannungsbetragmesswerten erscheint sinnvoll



| | |
|------------|---------------|
| Variante 1 | 7 Smart Meter |
| Variante 2 | 4 Smart Meter |
| Variante 3 | 2 Smart Meter |

Zusammenfassung

- Vorstellung eines Verfahrens zur optimierten Positionierung von Messtechnik unter Berücksichtigung stochastisch abhängiger Messfehler
- Anwendung des Verfahrens zur Quantifizierung des Nutzens von Smart Metern zur Zustandsschätzung in exemplarischem Netzgebiet

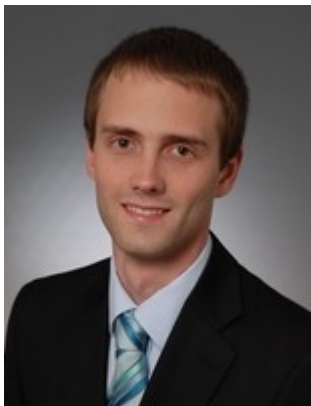
Erkenntnisse

- Bereits wenige Smart Meter mit „Echtzeit“-Anbindung ermöglichen deutliche Reduktion der Schätzfehler
- Anzahl erforderlicher Smart Meter abhängig von erfassten und übermittelten Messgrößen
- Insbesondere Erfassung von Spannungsmesswerten erscheint sinnvoll
- Zusätzliche Untersuchungen zeigen nur geringes Potential zur Nutzung historischer Smart Meter Daten im Rahmen der Zustandsschätzung bedingt durch stark stochastisch geprägten Leistungsbezug von Haushaltskunden
- Verifizierung der Ergebnisse auf weiteren Netzen erforderlich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

IAEW Institut für Elektrische Anlagen
und Energiewirtschaft
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Albert Moser

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

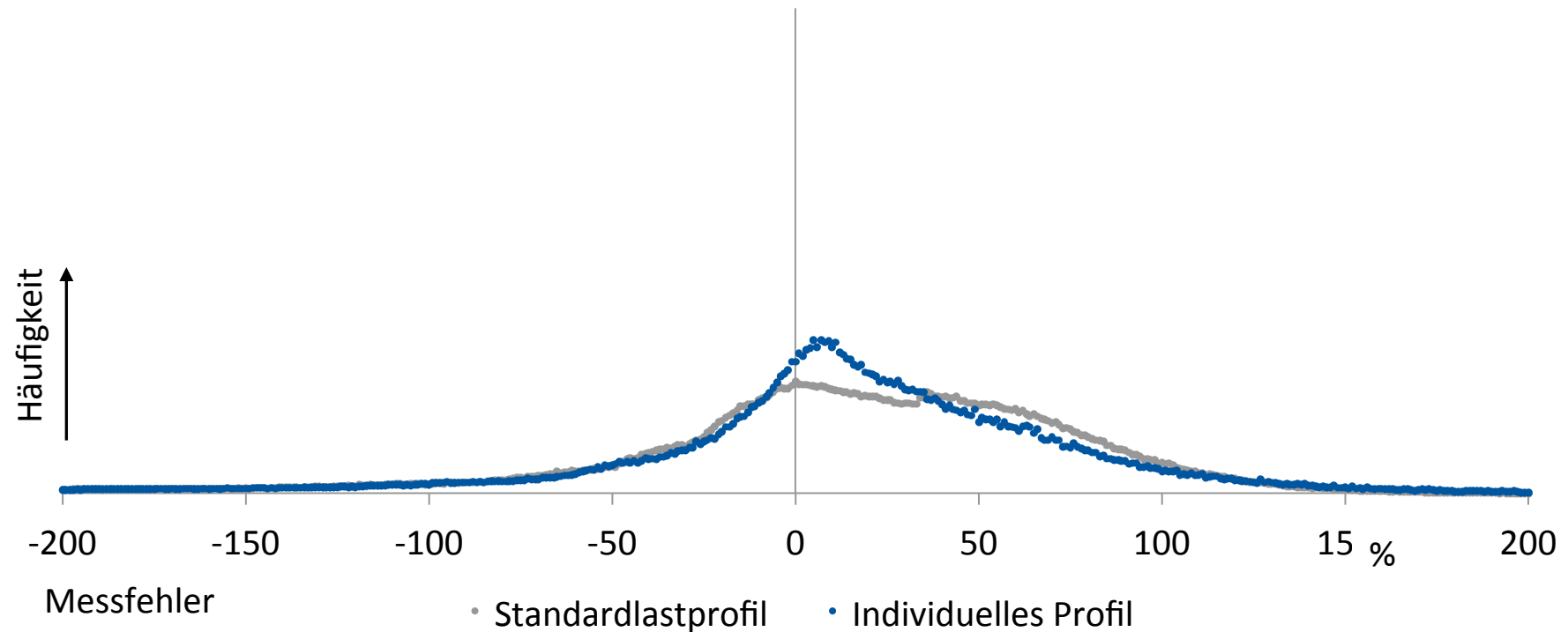


David Echternacht
Forschungsgruppe: Netzplanung & Netzbetrieb

Forschungsthema: Optimierte Positionierung von Messtechnik zur
Zustandsschätzung in Verteilnetzen

Tel: +49 241 80-96719
E-Mail: de@iaew.rwth-aachen.de

Messfehler bei Pseudo-Messwerten für Haushalte



- Historische Smart Meter Messwerte könnten zur Generierung individueller Lastprofile verwendet werden
- Nutzung individueller Lastprofile ermöglicht nur geringe Reduktion der Messfehler im Vergleich zu Pseudo-Messwerten auf Basis von Standardlastprofilen