

welcome to the
smart area



Zukünftige Herausforderungen für das Verteilnetz

Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz
Prof. Dr.-Ing. Albert Moser

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Energiesystem vor 100 Jahren (Dietz a.d. Lahn)

Regenerativ, dezentral, autonom, batteriegepuffert

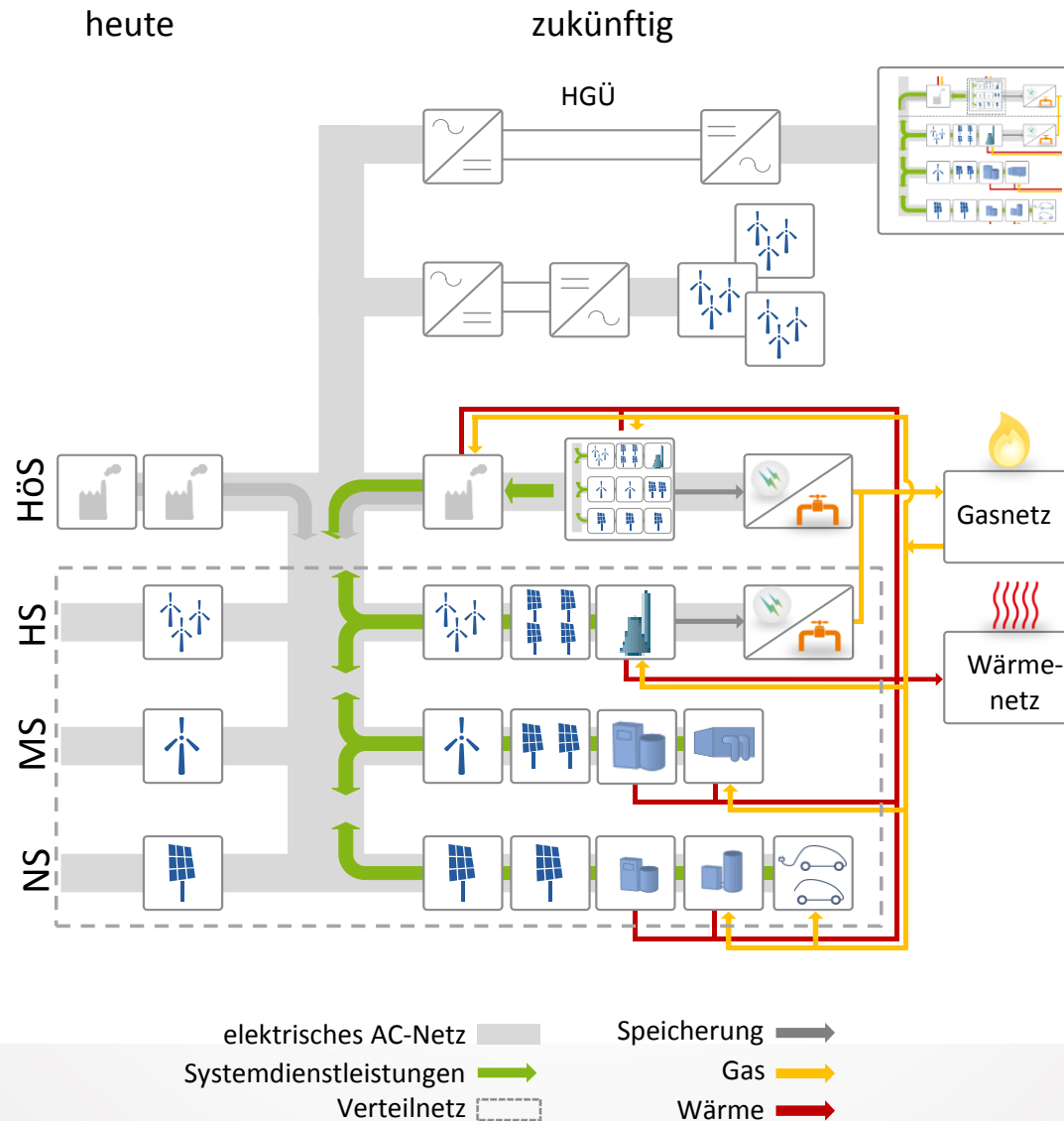


Quelle: ie3 / TU Dortmund



Energiesystem heute und zukünftig

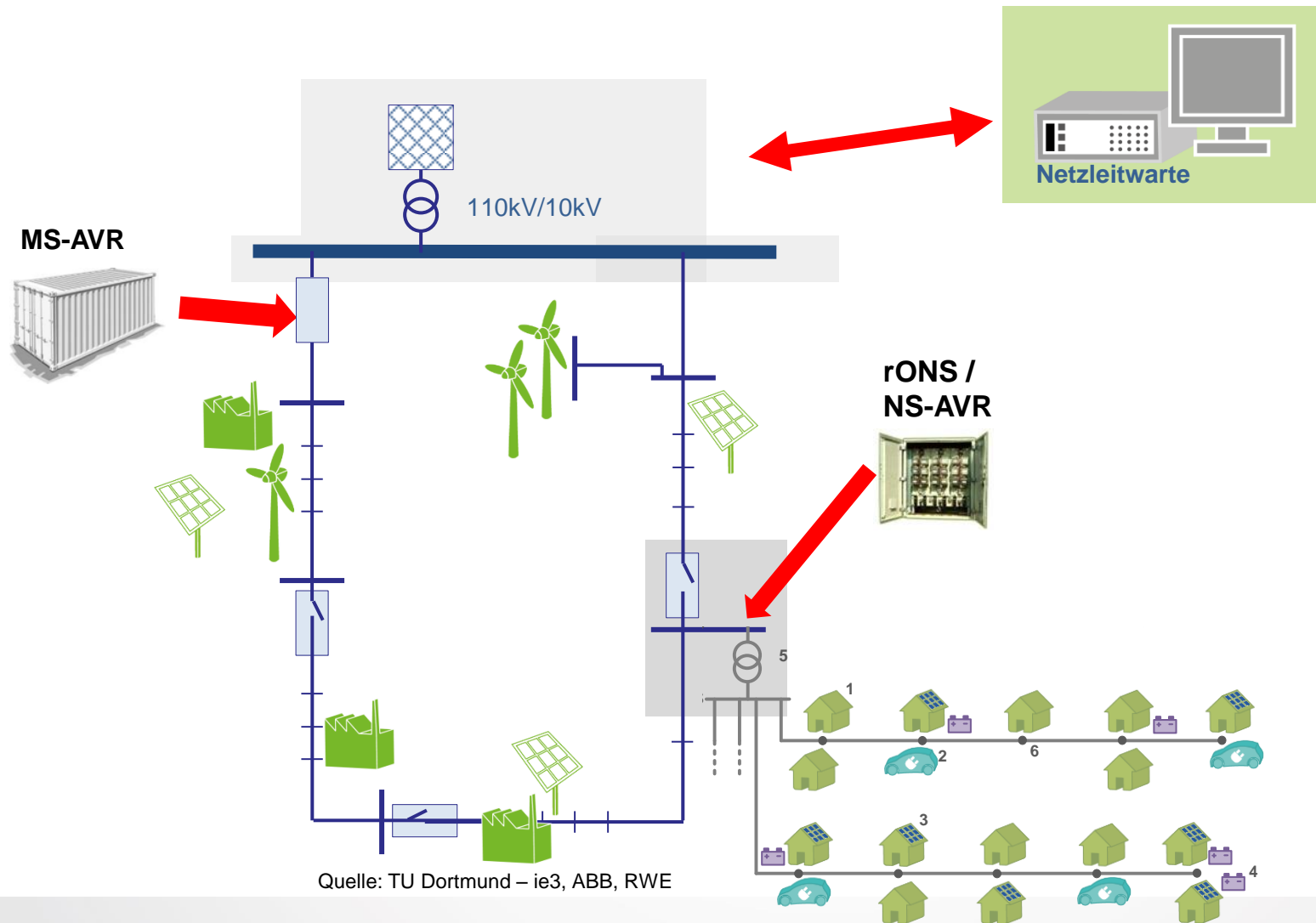
Verteilnetze als aktive Smart Grids



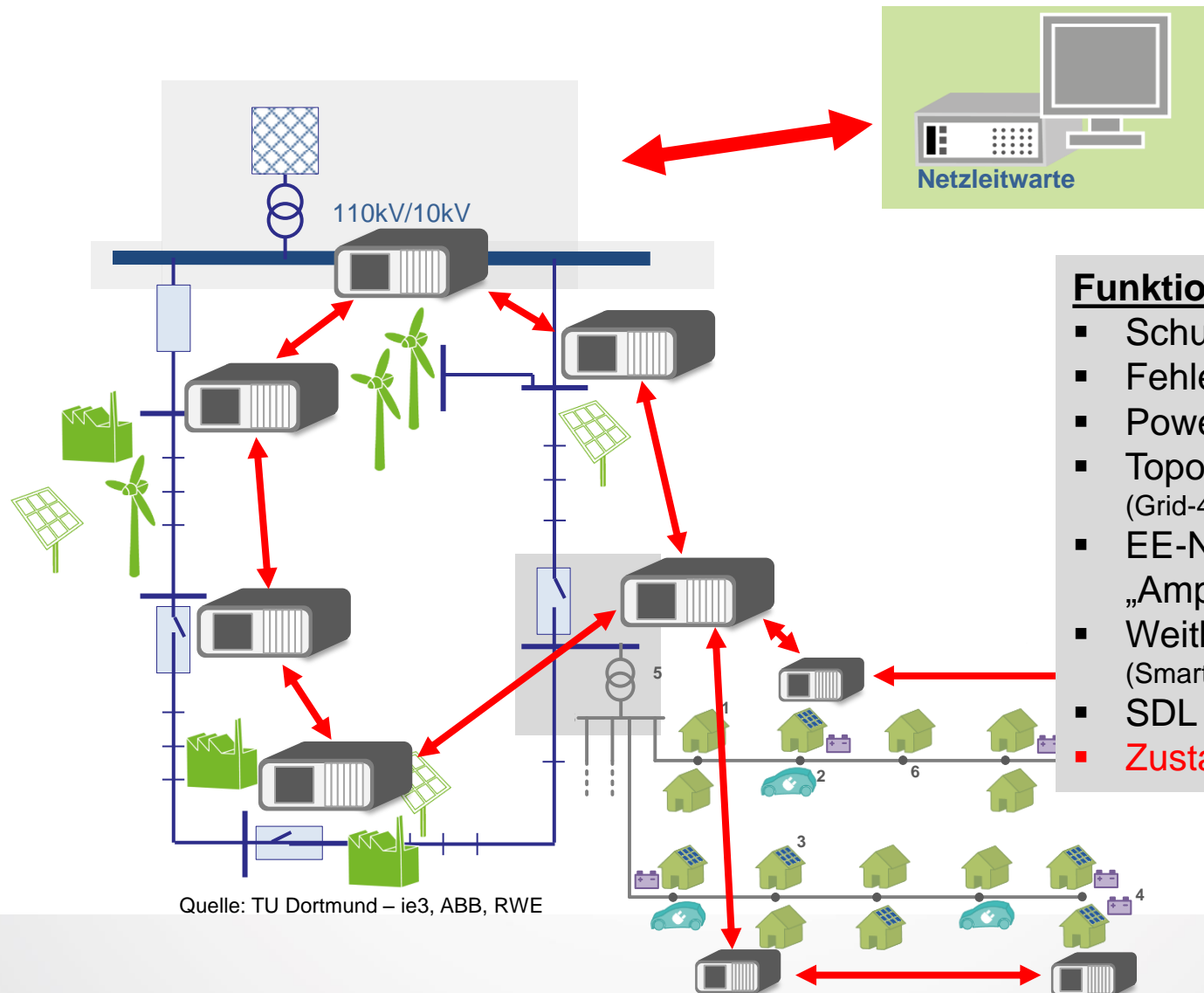




Intelligente Funktionen (Primäre Smart Grid Komponenten)



Intelligente Funktionen (Sekundäre Smart Grid Komponenten)



Funktionen

- Schutz (iProtect)
- Fehlerortung (i3S)
- Power Quality Monitoring
- Topologieoptimierung (MS) (Grid-4-EU)
- EE-Netz-Koordination / „Ampel“ (proaktives Verteilnetz)
- Weitbereichs-U-Regelung (Smart Country, KIT)
- SDL aus VN
- **Zustandsbewertung**

Intelligente Funktionen

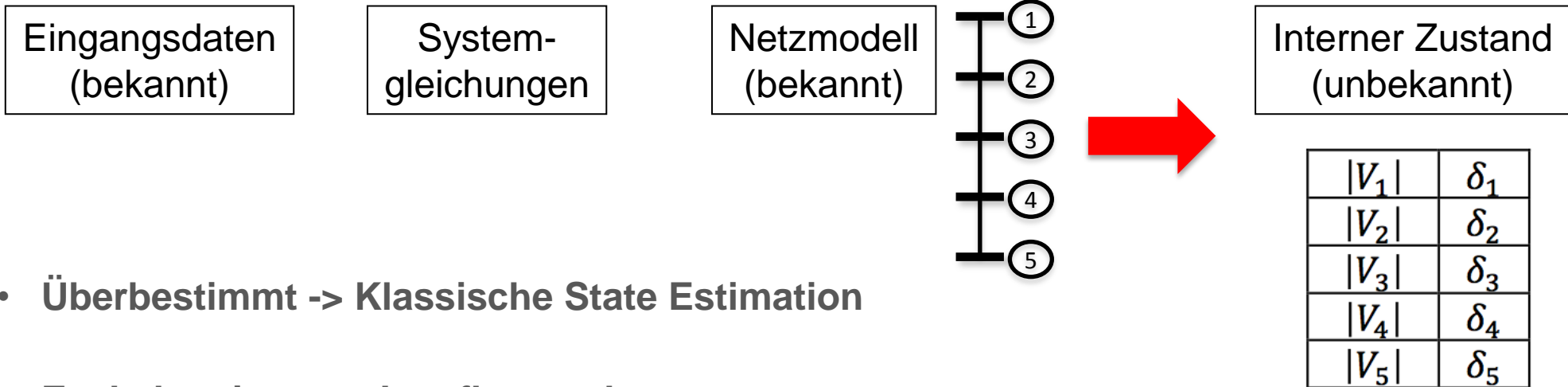
Hardware-in-the-Loop-Test mit modularer Standard-IKT





Adaptive State Estimation

Abgrenzung und Charakteristika der ASE

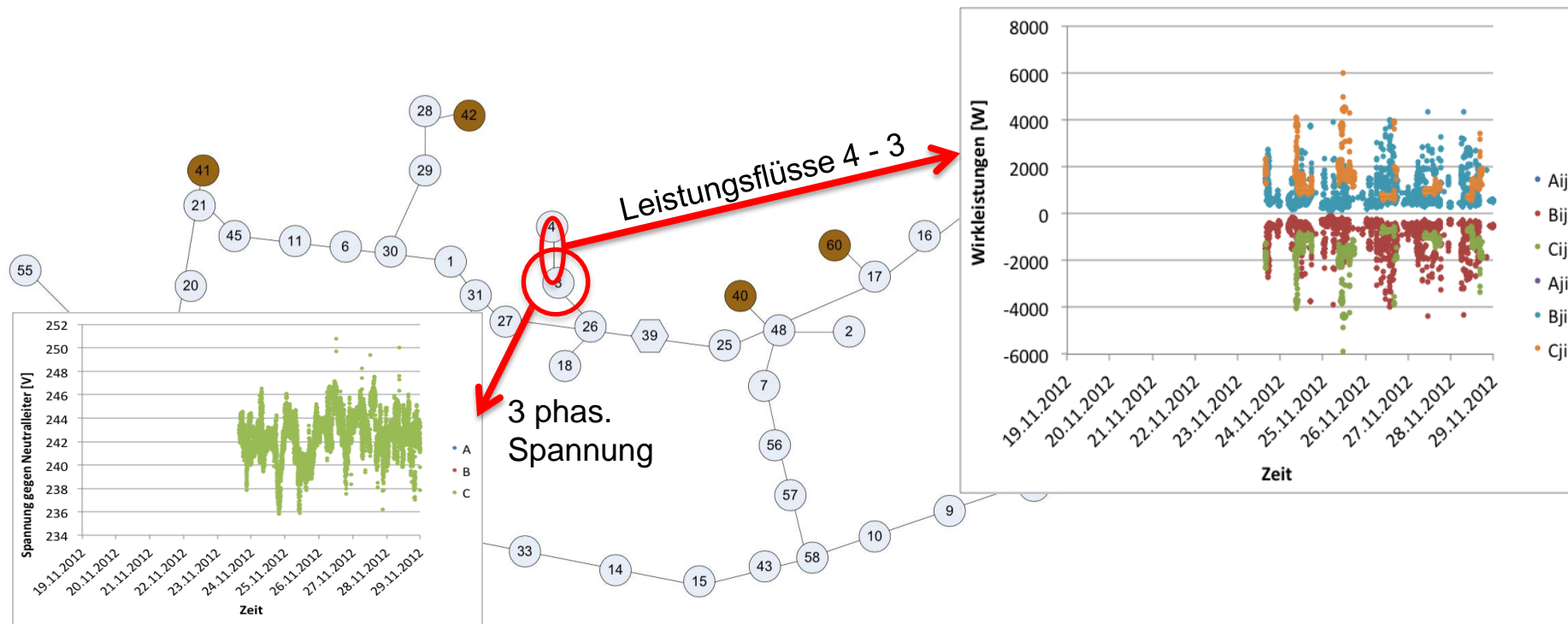


- **Überbestimmt** -> **Klassische State Estimation**
- **Exakt bestimmt** -> **Lastflussrechnung**
- **Unterbestimmt / gemischt bestimmt** -> **Adaptive State Estimation**
 - Messdaten nicht redundant und nicht alle Zustandsvariablen bestimmbar
 - Zustände (auch nur partiell) beobachtbarer Inseln werden simultan auf einem zusammenhängenden Netzmodell gelöst
 - **Adaptive SE** verwendet zur Berechnung der Pseudo-Inversen die Singulärwertzerlegung und kann auch partiell unterbestimmte Probleme lösen.

Adaptive State Estimation

Beispiel

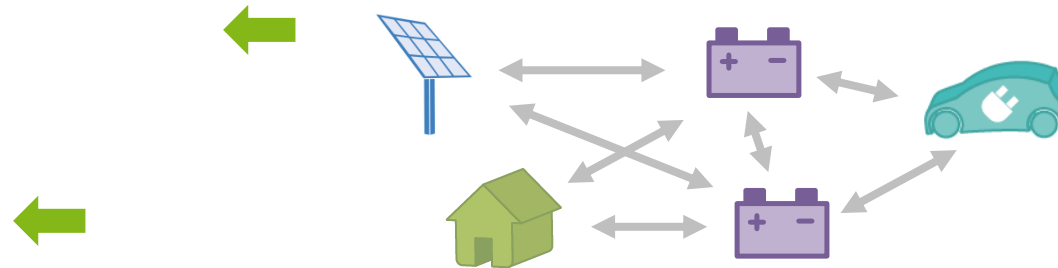
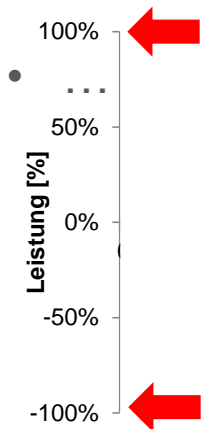
- Anwendbar gerade in MS- und NS bei geringer Messwertabdeckung
- keinerlei Anforderung an Art, Zusammenstellung und Verteilung von Messinformationen
- Beispiel: Knoten 2 teilweise nicht beobachtbar. Leistungsflüsse bestimmbar.





Verteilnetzplanung mittels Agentensystemen

Zeitreihenbasierte Planung



Heute:

Auslegung nach
geschätzten Extremwerten

Zukünftig:

- Zeitreihenbasierte Planung
- Berücksichtigung DSM, Speicher, innovative Betriebsmittel etc.

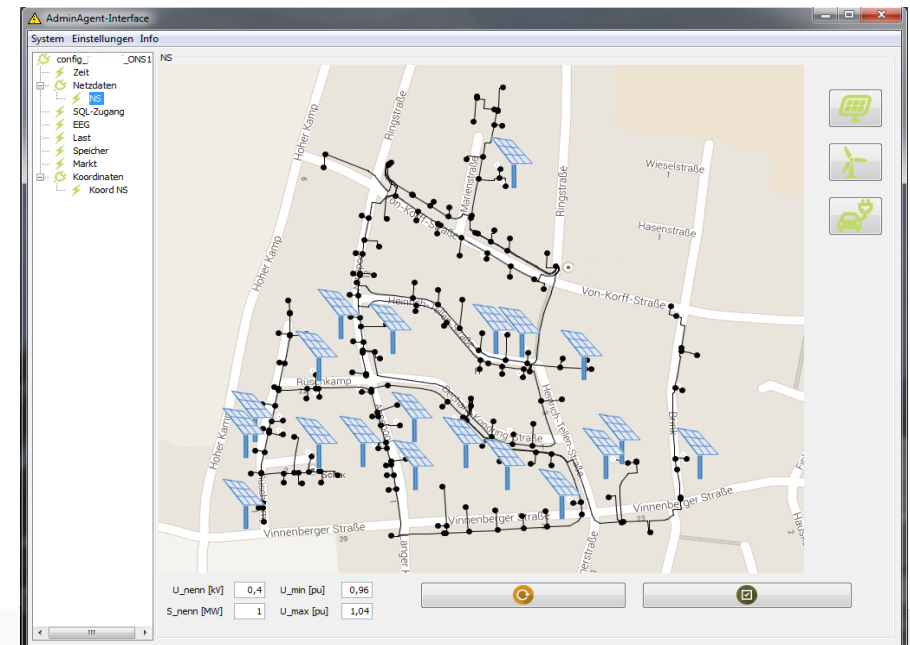
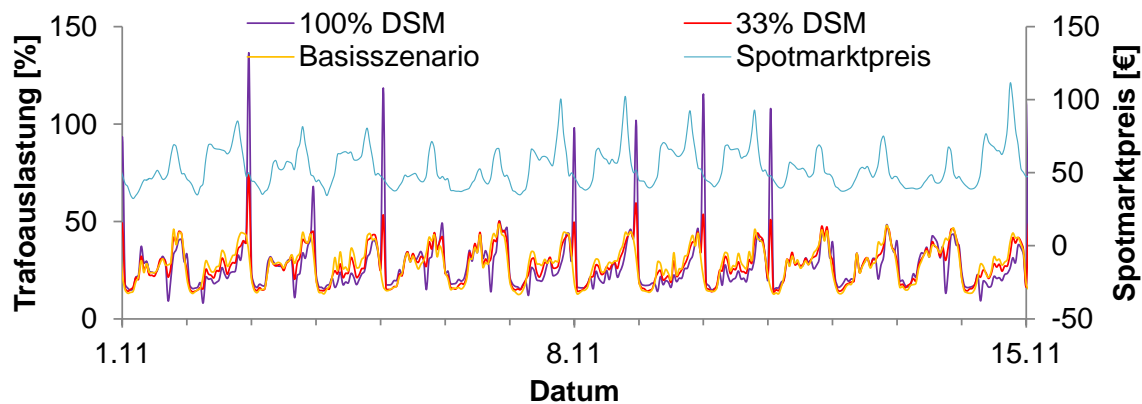
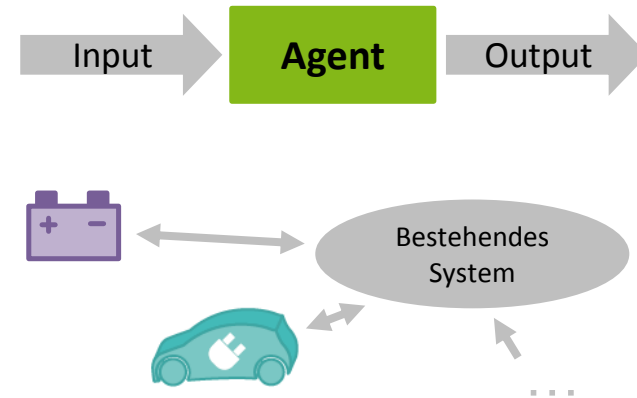
- **Ziel:**

Simulationsumgebung für einfache Generierung von Zeitreihen und Integration innovativer Betriebsmittel und Verfahren

Das entwickelte Agentensystem

Zeitreihenbasierte Planung

- Zerlegung komplexer Zusammenhänge
- Unterschiedliche Detailebenen
- Flexible Erweiterbarkeit
- Berücksichtigung individueller Verhaltensmuster und Verhandlungen



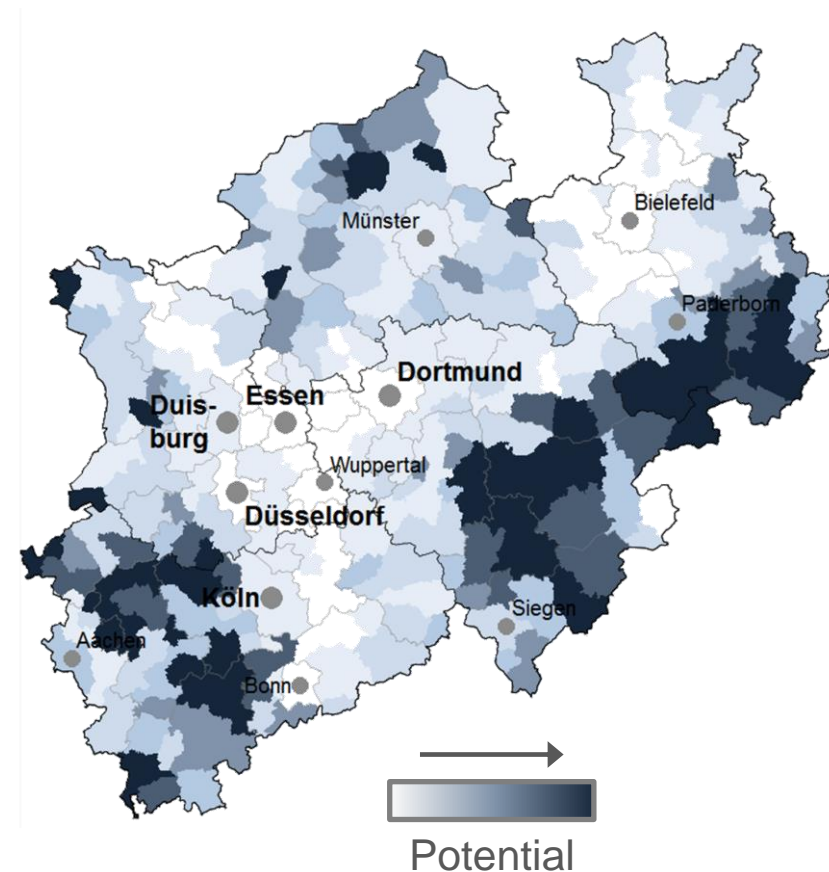
Quelle: TU Dortmund – ie3



Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen

- Ermittlung des Ausbaubedarfs für 2025 im Rahmen eines Gutachtens für die NRW Staatskanzlei
- Verdreifachung der Erzeugung aus Anlagen auf Basis Erneuerbarer Energien (EE) und Verdopplung der Erzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK)
 - 41,4 TWh aus EE-Anlagen in 2025
 - 36,7 TWh aus KWK-Anlagen in 2025
- LANUV-Potentialkarten zur Ermittlung des regionalen Zubaus

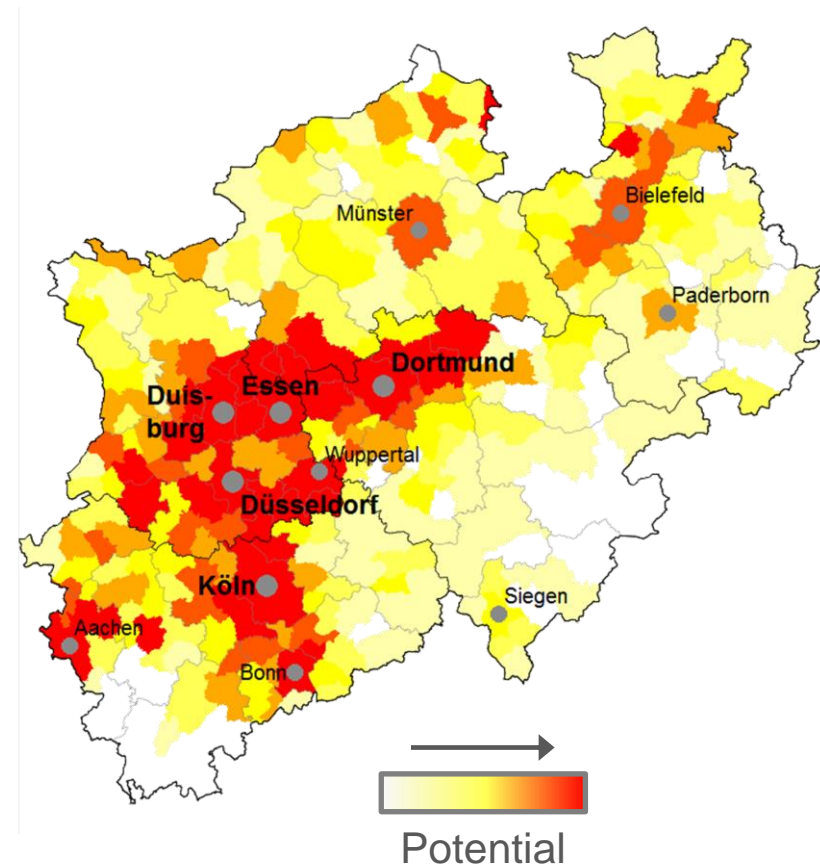
Potentialkarte für Windenergie



Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen

- Ermittlung des Ausbaubedarfs für 2025 im Rahmen eines Gutachtens für die NRW Staatskanzlei
- Verdreifachung der Erzeugung aus Anlagen auf Basis Erneuerbarer Energien (EE) und Verdopplung der Erzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK)
 - 41,4 TWh aus EE-Anlagen in 2025
 - 36,7 TWh aus KWK-Anlagen in 2025
- LANUV-Potentialkarten zur Ermittlung des regionalen Zubaus

Potentialkarte für Photovoltaik

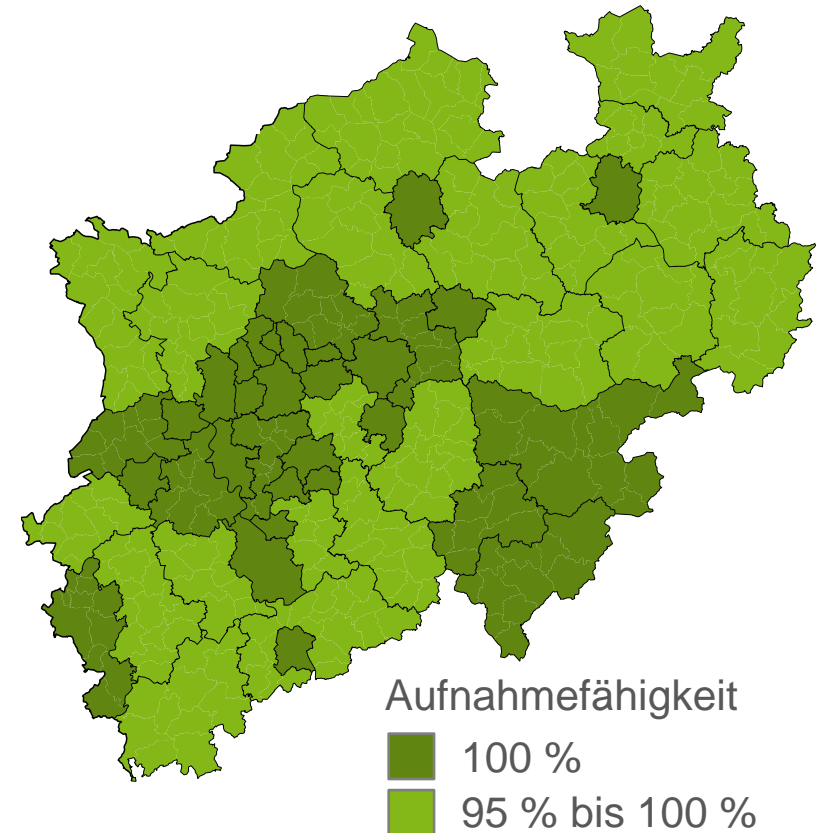


Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen

- Große Unterschiede in der regionalen Aufnahmefähigkeit von Verteilnetzen
 - Höhere Aufnahmefähigkeit in städtischen, laststarken Regionen
 - Geringere Aufnahmefähigkeit in ländlichen Gebieten, in denen bereits heute viele EE-Anlagen installiert sind

- ➔ Insbesondere der Zubau von Windenergieanlagen in ländlichen Regionen kann nicht vollständig aufgenommen werden
- ➔ Zubau von Photovoltaikanlagen in städtischen Regionen weniger kritisch

Aufnahmefähigkeit EE/KWK-Zubau in den Niederspannungsnetzen

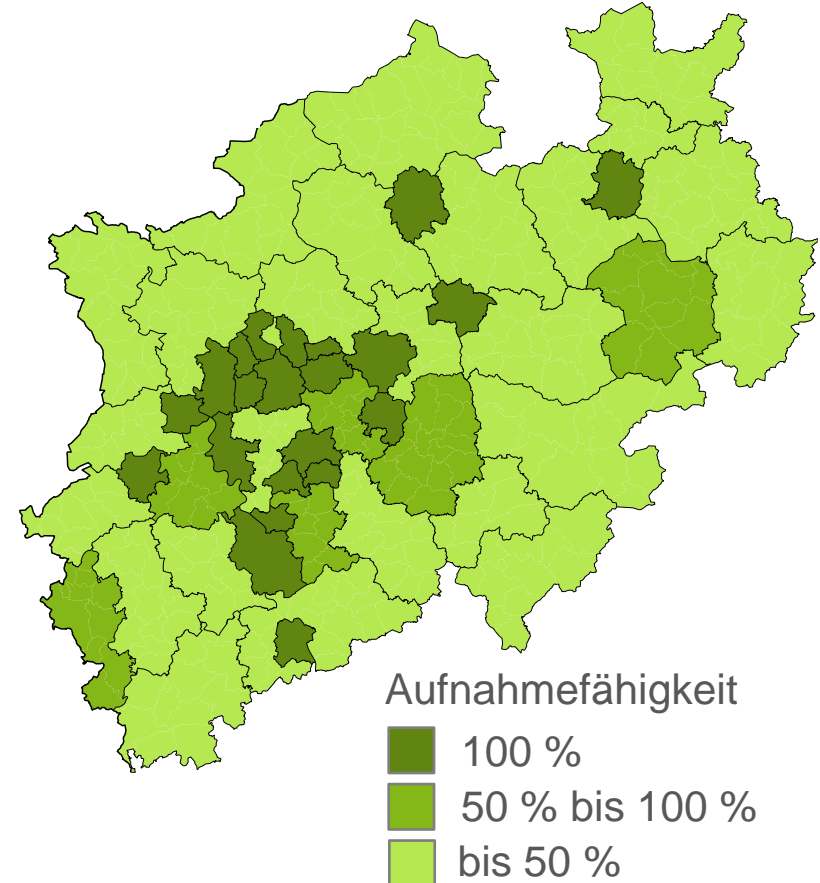


Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen

- Große Unterschiede in der regionalen Aufnahmefähigkeit von Verteilnetzen
 - Höhere Aufnahmefähigkeit in städtischen, laststarken Regionen
 - Geringere Aufnahmefähigkeit in ländlichen Gebieten, in denen bereits heute viele EE-Anlagen installiert sind

- ➔ Insbesondere der Zubau von Windenergieanlagen in ländlichen Regionen kann nicht vollständig aufgenommen werden
- ➔ Zubau von Photovoltaikanlagen in städtischen Regionen weniger kritisch

Aufnahmefähigkeit EE/KWK-Zubau in den Mittelspannungsnetzen



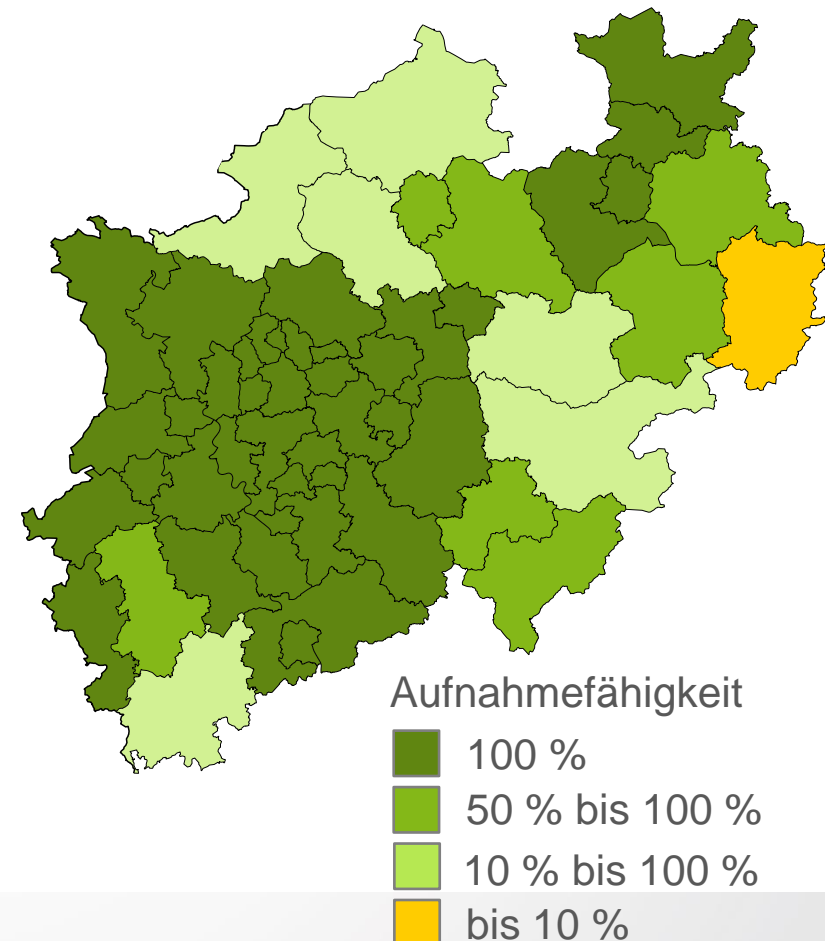
Copyright Kartengrundlage: Lutum+Tappert

Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen

- Große Unterschiede in der regionalen Aufnahmefähigkeit von Verteilnetzen
 - Höhere Aufnahmefähigkeit in städtischen, laststarken Regionen
 - Geringere Aufnahmefähigkeit in ländlichen Gebieten, in denen bereits heute viele EE-Anlagen installiert sind

- ➔ Insbesondere der Zubau von Windenergieanlagen in ländlichen Regionen kann nicht vollständig aufgenommen werden
- ➔ Zubau von Photovoltaikanlagen in städtischen Regionen weniger kritisch

Aufnahmefähigkeit EE/KWK-Zubau in den Hochspannungsnetzen

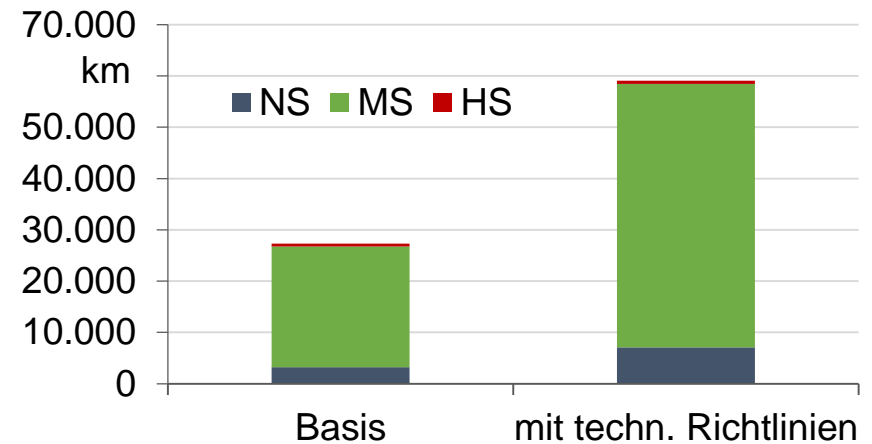


Copyright Kartengrundlage: Lutum+Tappert

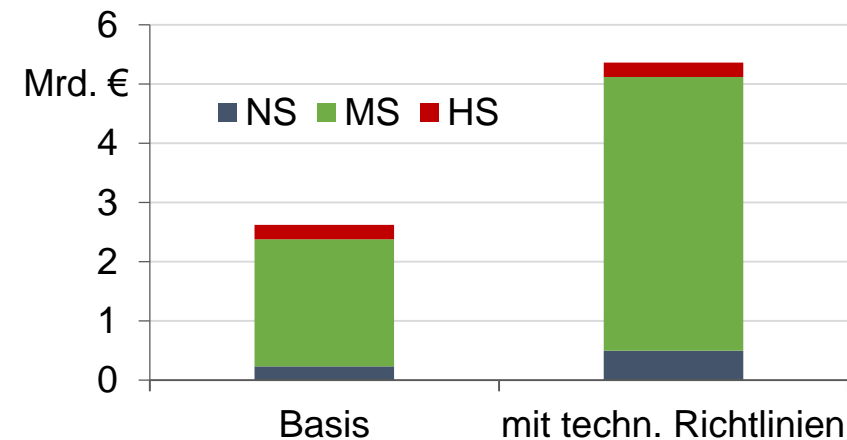
Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen

- Signifikanter Ausbaubedarf der Verteilnetze in NRW von bis zu
 - 60.000 km
 - 5,4 Mrd. €
- Hoher Kostenanteil der MS-Ebene durch hohe Zubauleistungen von Windenergieanlagen in dieser Spannungsebene
- Technische Richtlinien in MS- und NS-Netzen haben hohen Einfluss auf Ausbaubedarf (Vorgabe eines maximalen Spannungshubs bei Anschluss einer EE-Anlage)

Zusätzliche Leitungskilometer



Netzausbaukosten





Entwurf zum Strommarktgesetz

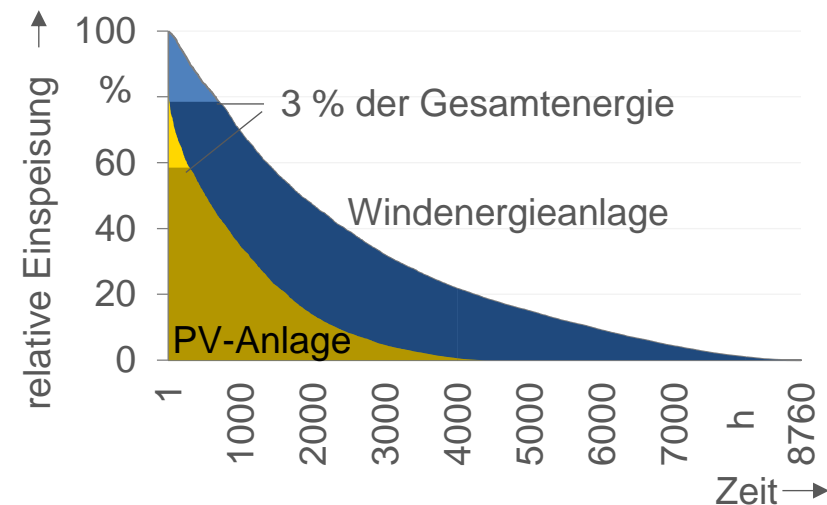
- Netzbetreiber haben die Möglichkeit, Einspeisemanagement in der Netzplanung zu berücksichtigen
 - Reduktion der jährlichen Stromerzeugung je Anlage um bis zu drei Prozent
 - nur für unmittelbar an das Netz angeschlossene Onshore-Windenergieanlagen und PV-Anlagen



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Offene Fragen

- Optimales Verhältnis zwischen Netzausbau und Spitzenkappung?
- Welche Anlagen sind abzuregeln?
- Erforderlicher IKT-Aufwand?
- Ausgestaltungvarianten?



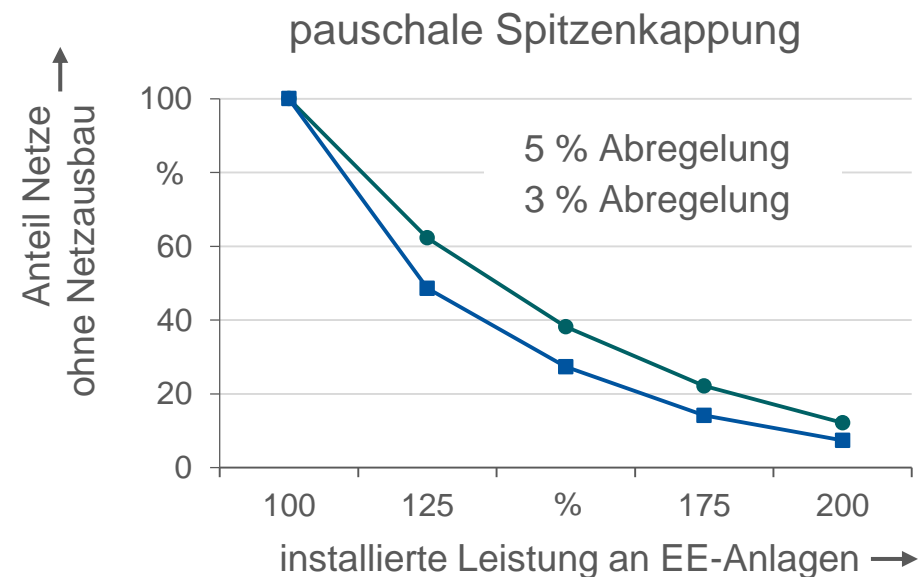
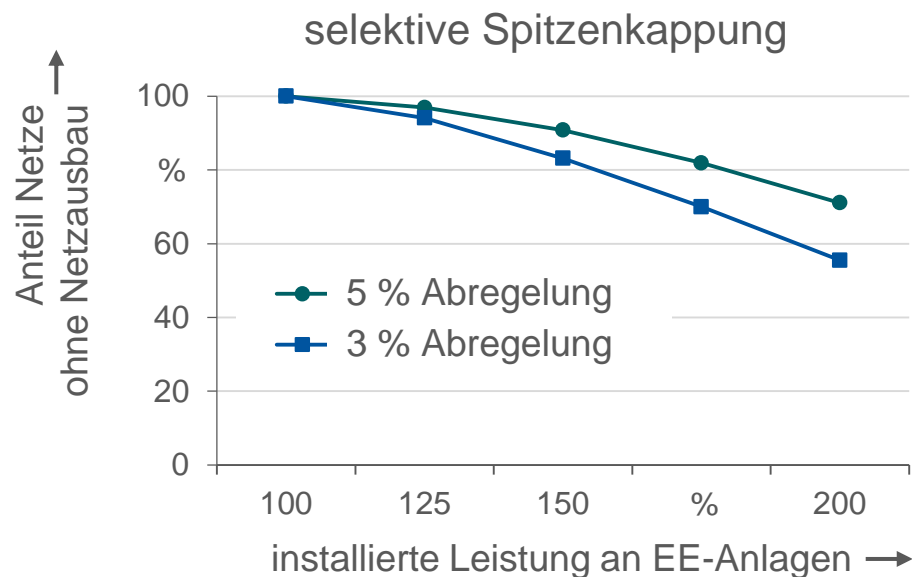
Einspeisemanagement - Ausgestaltungsvarianten

Ausgestaltungsmerkmal	Möglichkeit 1	Möglichkeit 2
Welche Anlagen nehmen am Erzeugungsmanagement teil?	nur große Anlagen	alle Anlagen <input checked="" type="checkbox"/>
Wie erfolgt die Aufteilung der abzuregelnden Leistung auf die Anlagen?	gleichmäßig auf alle teilnehmenden Anlagen <input checked="" type="checkbox"/>	individuell auf alle teilnehmenden Anlagen <input checked="" type="checkbox"/>
Wie erfolgt die Abregelung hinsichtlich der Leistungsstufen?	diskrete Stufen <input checked="" type="checkbox"/>	kontinuierlich <input checked="" type="checkbox"/>
Wie erfolgt die Abregelung der Leistung in der zeitlichen Abfolge?	gleichartig für jeden Netznutzungsfall <input checked="" type="checkbox"/>	individuell für jeden Netznutzungsfall <input checked="" type="checkbox"/>

selektive Spitzenkappung pauschale Spitzenkappung

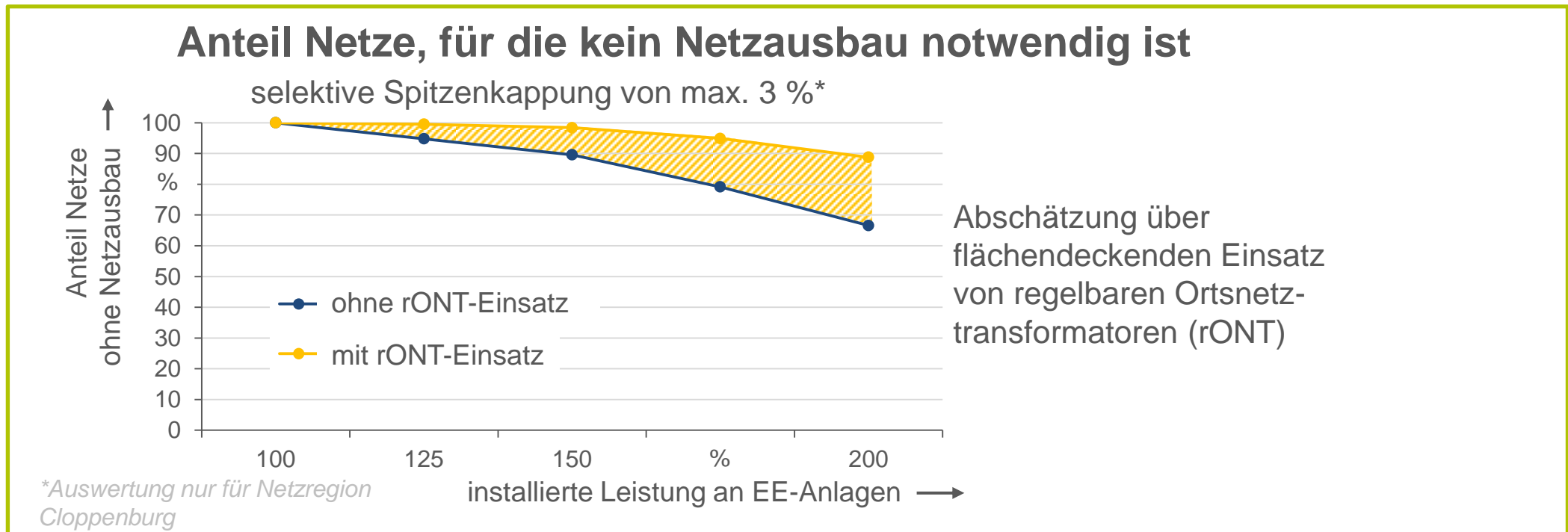
Einspeisemanagement - Selektive und pauschale Spitzenkappung in MS/NS-Ebene

Anteil Netze, für die kein Netzausbau notwendig ist



- ➔ In 71 % der deutschen Verteilernetze kann durch selektive Spitzenkappung von max. 5 % je EE-Anlage die Aufnahmefähigkeit an zusätzlichen EE-Anlagen verdoppelt werden.
- ➔ Hohe technische Effizienz der selektiven Spitzenkappung im Vergleich zu pauschaler Spitzenkappung

Einspeisemanagement - Einfluss von regelbaren Ortsnetztransformatoren



- ➔ In 88 % der deutschen Verteilernetze kann durch selektive Spitzenkappung von max. 3 % je EE-Anlage und flächendeckenden Einsatz von rONT die Aufnahmefähigkeit an zusätzlichen EE-Anlagen verdoppelt werden.
- ➔ Durch selektive Spitzenkappung in Kombination mit Einsatz von rONT kann zusätzlicher konventioneller Netzausbau vermieden werden.



Spannungshaltung

- Blindleistungslieferung des Verteilnetzes an das Transportnetz
- Blindleistungsverhalten der dezentralen Erzeugungsanlagen in Störfällen

Frequenzhaltung

- Beitrag dezentraler Erzeugungsanlagen zur Leistungs-Frequenzregelung
- Verhalten der dezentralen Erzeugungsanlagen bei Frequenzabweichungen
- Vorbilanzierung der Verteilnetze durch Verteilnetzbetreiber

Betriebsführung

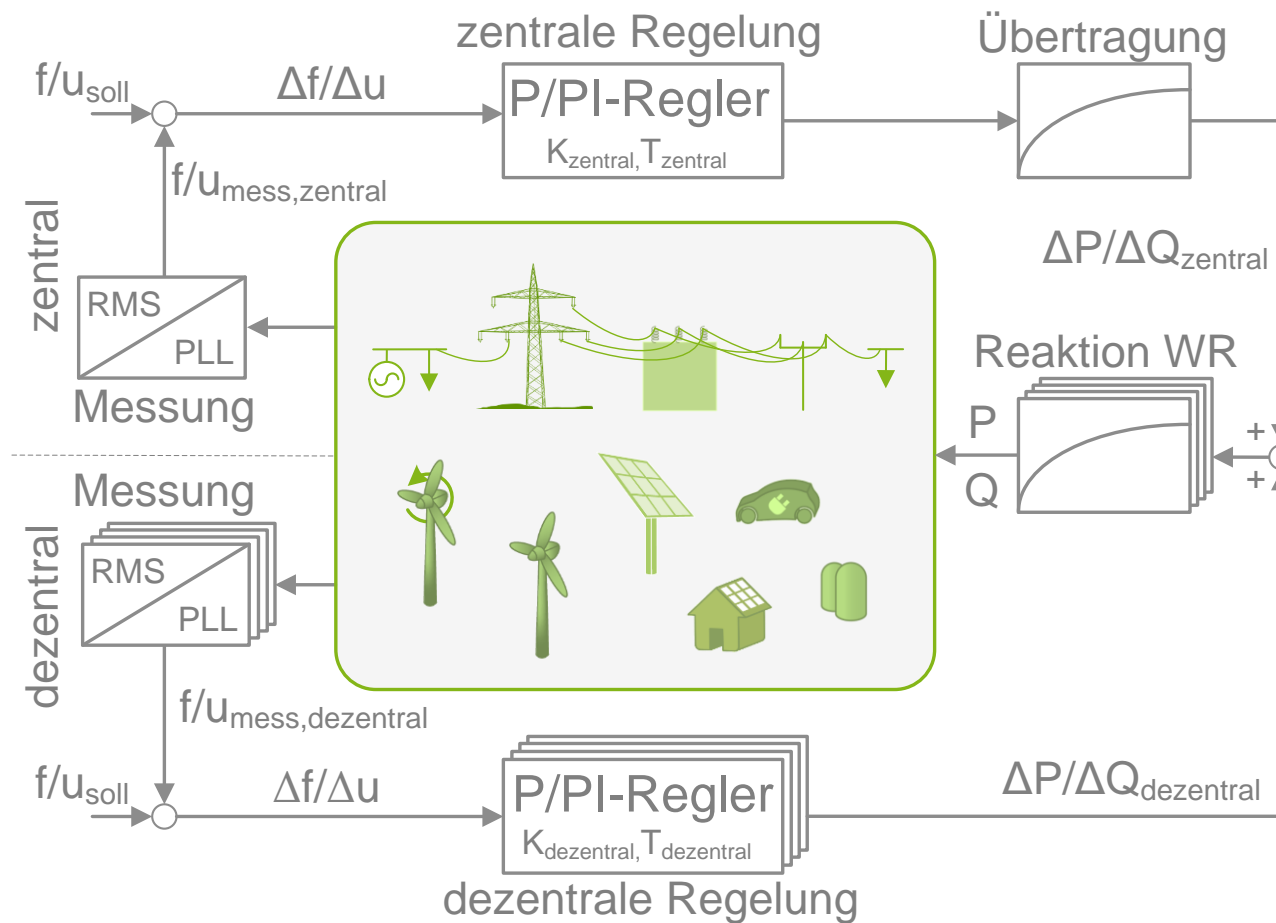
- Beteiligung dezentraler Erzeugungsanlagen beim Redispatch

Netzwiederaufbau

- Schwarzstartfähigkeit von dezentralen Erzeugungsanlagen
- Inselnetzfähigkeit von Verteilnetzen

Netzregelungskonzepte für U- und f-Regelung

Koordinierte zentrale und dezentrale Regelungen





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Smart Area Aachen

