

Beitrag zum 13. Symposium Energieinnovation

Einfluss von konventionellen Kraftwerken auf die Spannungsstabilität im Übertragungsnetz unter Berücksichtigung dezentraler Erzeugung

- Einleitung
- Modellbildung und Methode
- Exemplarische Ergebnisse

Dipl.-Ing. Sebastian Dierkes

Graz, 13. Februar 2014

Hintergrund und Motivation

- Grundsätzliche Veränderungen des elektrischen Systems im Gange
 - ◆ Entwicklung von dargebotsabhängigen Erzeugungszentren EE
 - ◆ Neue Netzbetriebsmittel für Netzausbau in Diskussion: HGÜ, Kondensatorbänke, HTLS, intelligente Netztechnologien im Verteilnetz

- Entwicklungen nehmen Einfluss auf Spannungsstabilität

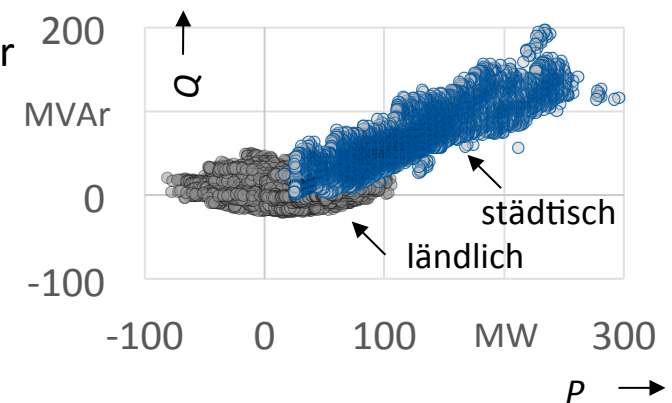
- ◆ Bei hohem EE-Dargebot Verdrängung konventioneller Kraftwerke und damit geringere Wirk- als auch Blindleistungsreserven im Übertragungsnetz
- ◆ Veränderung des Wirk- und Blindleistungsverhaltens von Verteilnetzen

→ Erhöhte Transportleistungen und –entfernungen im Übertragungsnetz zu beobachten

→ Zunehmender Einfluss von zentralen Erzeugungsanlagen auf die Spannungsstabilität zu erwarten

→ Entwicklung einer Bewertungsmethode zur Quantifizierung dieses Einflusses

Gemessene Snapshots P und Q

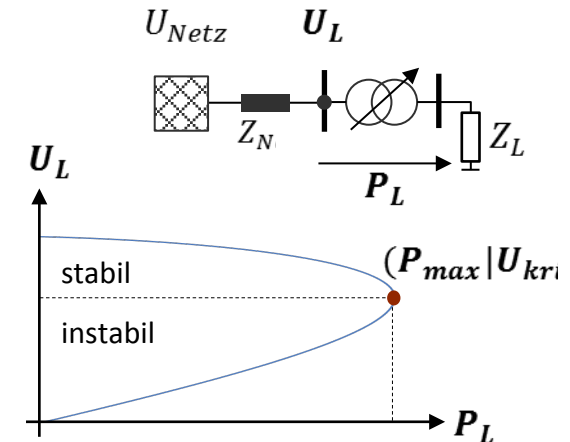


Quelle: Amprion GmbH und eigene Darstellung

Abgrenzung des Betrachtungsbereichs

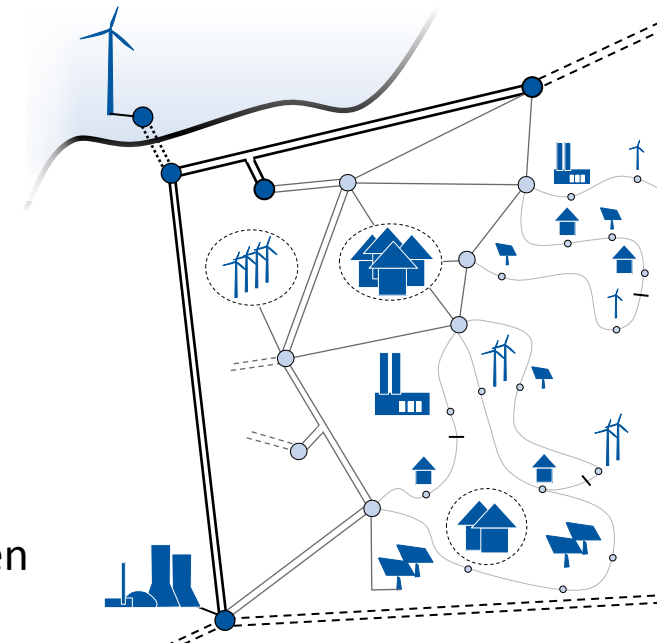
Spannungsstabilität

- Definition: *Fähigkeit eines Systems, Spannungen stationär in Toleranzbändern zu halten*
- Spannungsstabilitätsgrenze bei Verlust des stationären Gleichgewichtes bei Überschreitung der systembedingten Maximalleistung (P_{max}/U_{krit})
- ➔ Bewertung der Spannungsstabilität über Identifikation von (P_{max}/U_{krit})



Technischer Betrachtungsbereich

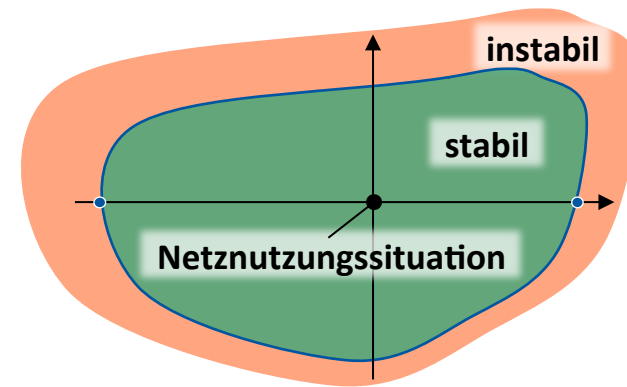
- Explizite Berücksichtigung der Netztopologie
- ◆ Implizite Abbildung aller Spannungsebenen in Deutschland
- ◆ Explizite Abbildung des Übertragungsnetzes in Europa (Synchronverbundsystem)
- ➔ Vielfach praxiserprobtes und knotenscharfes Netzmodell verwendet
- Betriebsmittelscharfe Modellierung zentraler Einspeisungen



Überblick Bewertungsmethode

- Bewertung der Spannungsstabilität mittels Parametervariation
- Basis bildet Stand der Technik: Continuation Power Flow
 - ◆ Erweiterungen notwendig hinsichtlich des stationären Blindleistungsverhaltens
 - Synchrongeneratoren
 - HGÜ-Konverterstationen
 - Dezentrale Einspeisung und Last im VN
 - ◆ Erweiterung notwendig zur Berücksichtigung von dargebotsabhängigen dezentralen Einspeisungen
 - ◆ Verfahrensendogene Ermittlung der kritischen (n-x)-Ausfallsituationen
 - ◆ **Endogene Bewertung des thermischen und hydraulischen Kraftwerkseinsatzes**
- ➔ Mehrdimensionale Parametervariation unter Berücksichtigung relevanter Einflussgrößen möglich

Parametervariation bis Spannungsstabilitätsgrenze



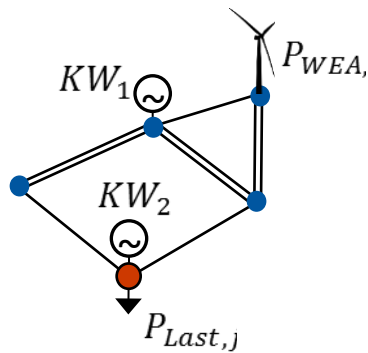
Betrachtete Dimensionen der Parametervariation



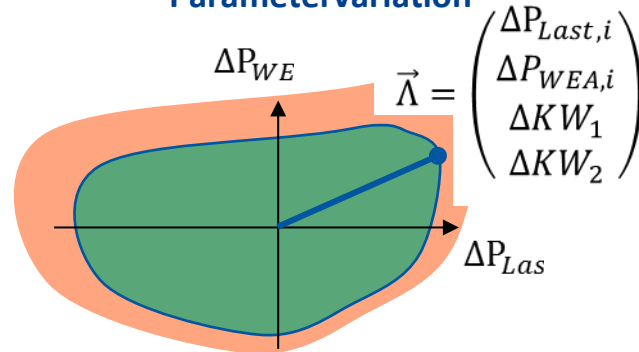
Einfluss zentraler Erzeugungsanlagen auf Spannungsstabilität

- Elektrische Entfernung zwischen Einspeisung und Last durch thermischen und hydraulischen Kraftwerkseinsatz beeinflussbar

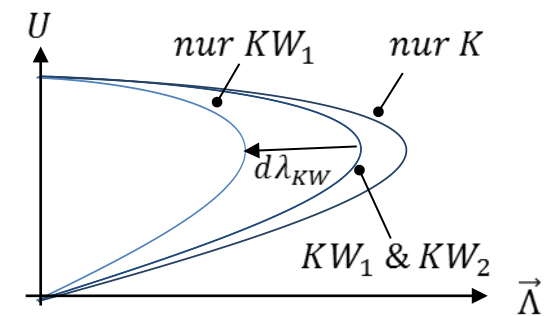
Betrachtetes System



Parametervariation



Spannungsstabilitätsgrenzen

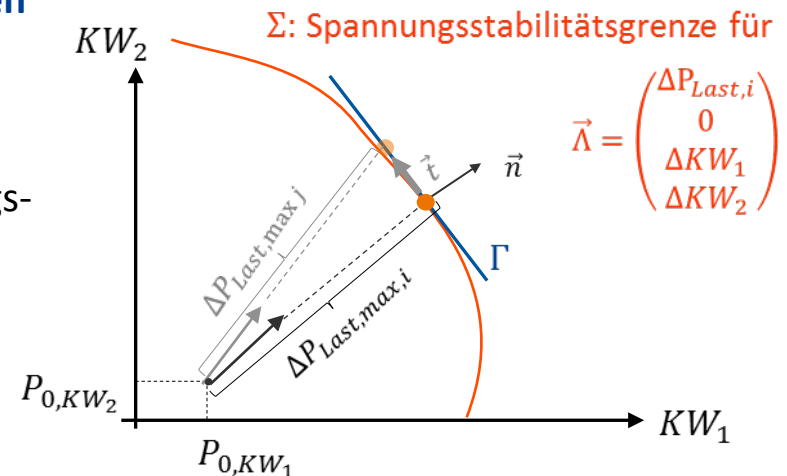


➔ Spannungsstabilität durch „Sicherheitsreserve“ und „optimaler Redispatch“ begrenzt

Heuristik zur Bestimmung von einflussreichen Kraftwerken

- Durchführung Parametervariation und Ermittlung Tangentialebene Γ auf Σ mittels Modalanalyse
- Linearisierte Abschätzung der Änderung der Spannungsstabilitätsgrenze $d\lambda_{KW}$ für beliebige KW-Variation \vec{t}

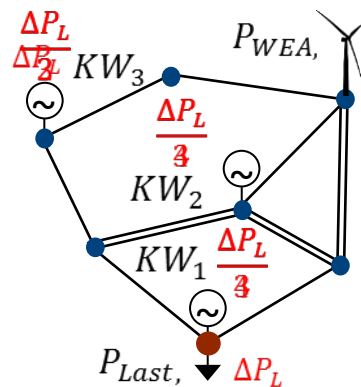
$$d\lambda_{KW} = \underbrace{|\vec{\Lambda} \cdot \Delta P_{Last,max,i} + \vec{t}|}_{\Delta P_{Last,max,j}} - \Delta P_{Last,max,i}$$



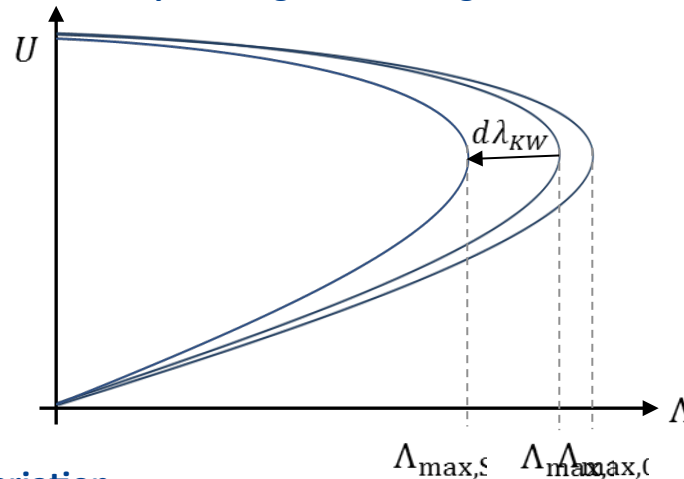
Bewertung des thermischen und hydraulischen Kraftwerkseinsatzes

- Ermittlung der Sicherheitsreserve und des optimalen Redispatches über heuristisches Verfahren
- Sukzessive Anpassung des KW-Einsatzes bis Kraftwerke mit maximalem Einfluss auf Spannungsstabilität für Parametervariation identifiziert sind

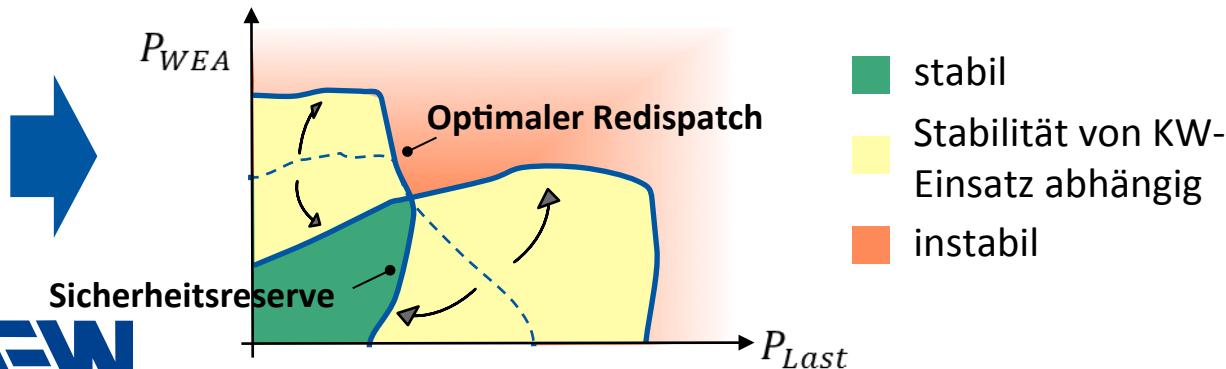
Betrachtetes System



Spannungsstabilitätsgrenzen



Parametervariation



Methode

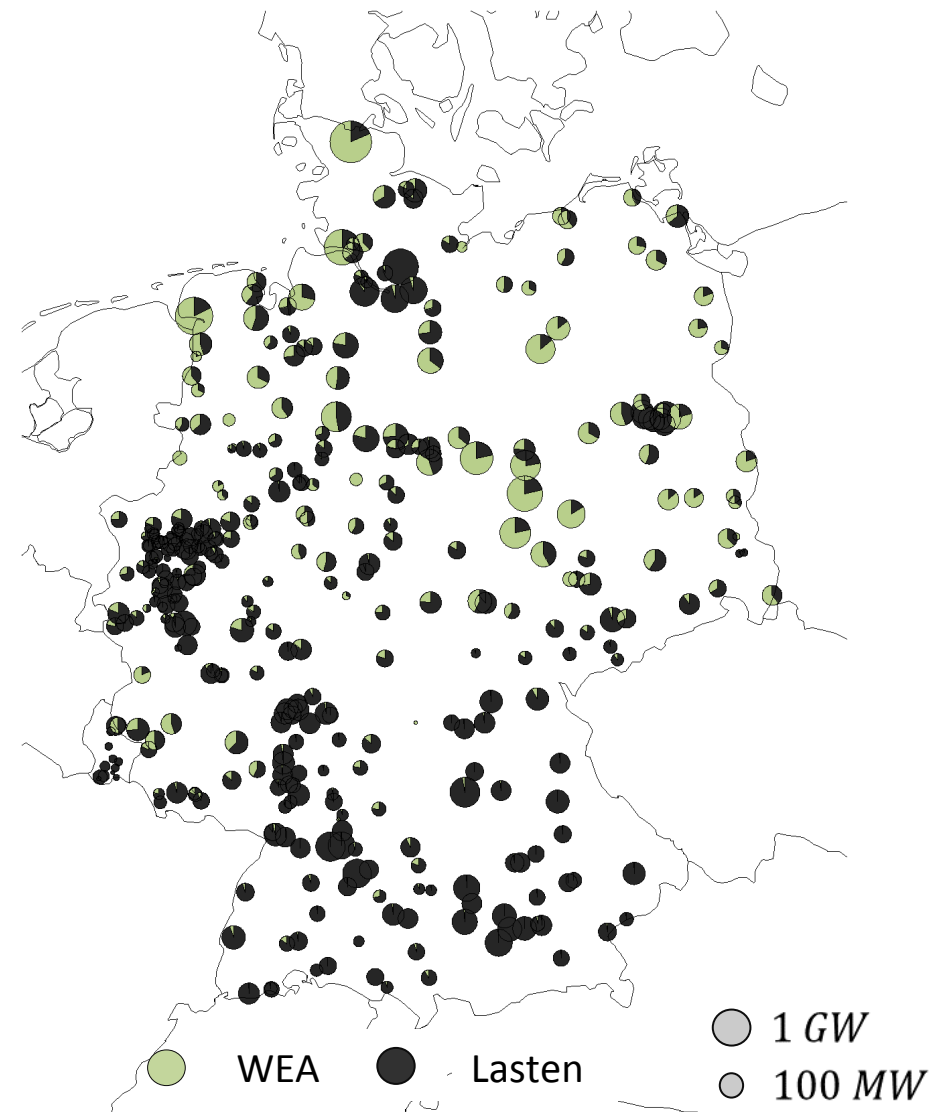


Untersuchtes Szenario

- Näherungsmodell des europäischen Übertragungsnetzes
 - ◆ ca. 2500 Knoten
 - ◆ ca. 4800 Leitungen
- Parametervariation
 - ◆ Windeinspeisung
 - ◆ Last
- Ausgangspunkt Netznutzungsfall Starklast/Starkwind
- Kraftwerkseinsatz nach vorher durchgeführter Marktsimulation

Untersuchungen

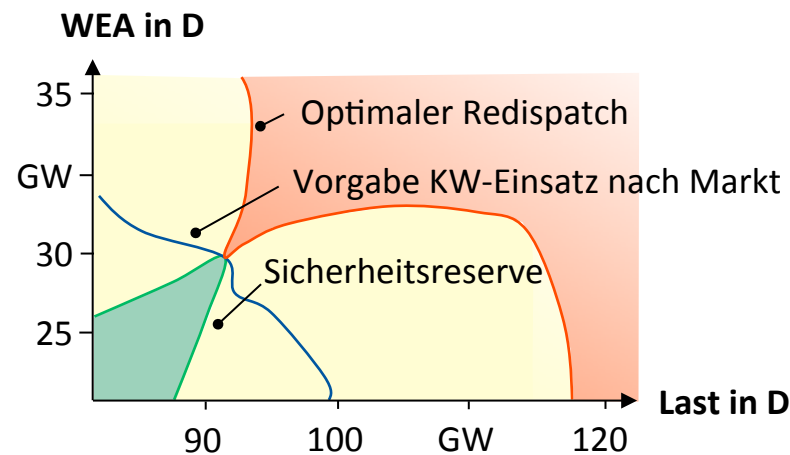
- Quantifizierung des Einflusses zentraler Erzeugungsanlagen in exemplarischer Netzsituation



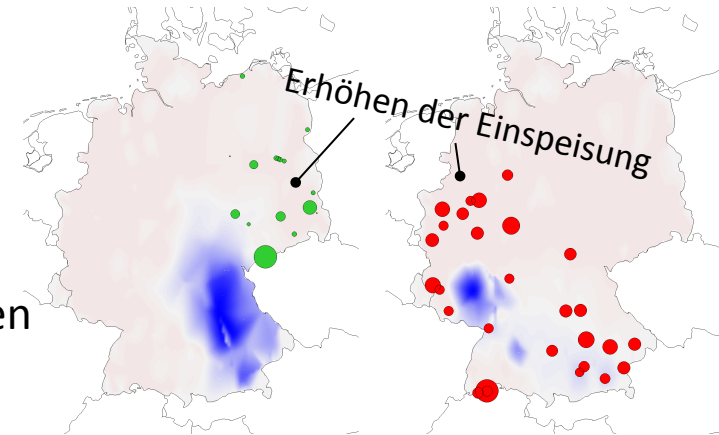
Untersuchungen Einfluss zentraler Kraftwerke

- Kraftwerkseinsatz hat großen Einfluss auf Spannungsstabilität
- Kritischer Netzbereich im Süden Deutschlands
- Sicherheitsreserve nur gering über Maximallast
- ➔ Aber: Durch gezielte Redispatchmaßnahmen kann Spannungsstabilität gezielt verbessert werden

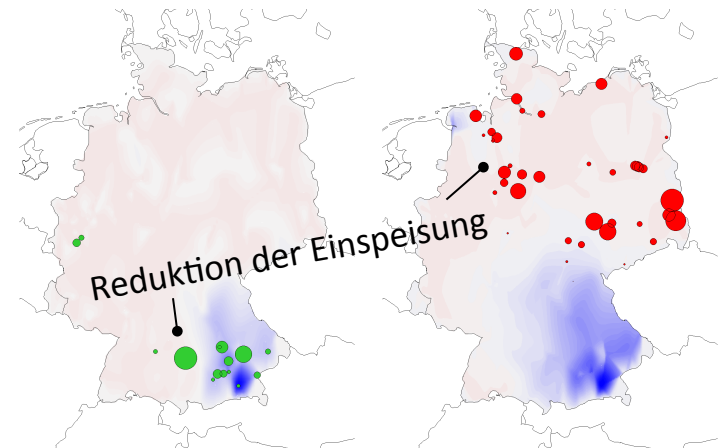
2-Dim. Spannungsstabilitätsbewertung



Auswertung Parametervariation Last – 0°



Auswertung Parametervariation WEA – 90°



Fazit

Ziel des Beitrags

Bewertung des Einflusses von konventionellen Kraftwerken auf die Spannungsstabilität im Übertragungsnetz unter Berücksichtigung dezentraler Erzeugung

Modellbildung und Methode

- Energiewende hat Auswirkungen auf die Spannungsstabilität
 - ◆ Veränderung des Wirk- und Blindleistungsverhaltens von Verteilnetzen
 - ◆ Erhöhte Transportleistungen und –entfernungen im Übertragungsnetz zu beobachten
 - ◆ Verringerte Wirk- und Blindleistungsreserven im Übertragungsnetz
- Bewertungsmethode basierend auf linearisierter Abschätzung des Einflusses einzelner Kraftwerke auf Spannungsstabilität
- Sukzessive Optimierung zur Ermittlung der Sicherheitsreserve und optimaler Redispatchmaßnahmen

Exemplarische Ergebnisse

- Großer Einfluss des Kraftwerkseinsatzes auf Spannungsstabilität
- Durch gezielte Redispatchmaßnahmen kann Spannungsstabilität gewahrt werden

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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

RWTHAACHEN
UNIVERSITY



Sebastian Dierkes
Forschungsgruppe: Netzplanung und Netzbetrieb

Forschungsthema: Bewertung der Spannungsstabilität im deutschen
Elektrizitätsversorgungssystem

Tel: +49 241 80-96713
E-Mail: sd@iaew.rwth-aachen.de