



Regionalisierung des Momentanreservebedarfs für zukünftige Netzauftrennungen

Name: Martin Knechtges, Gregory Cautaearts, Albert Moser

Einleitung

Grundlagen

Methodik

Exemplarische Untersuchungen

Zusammenfassung und Ausblick

Hintergrund und Motivation

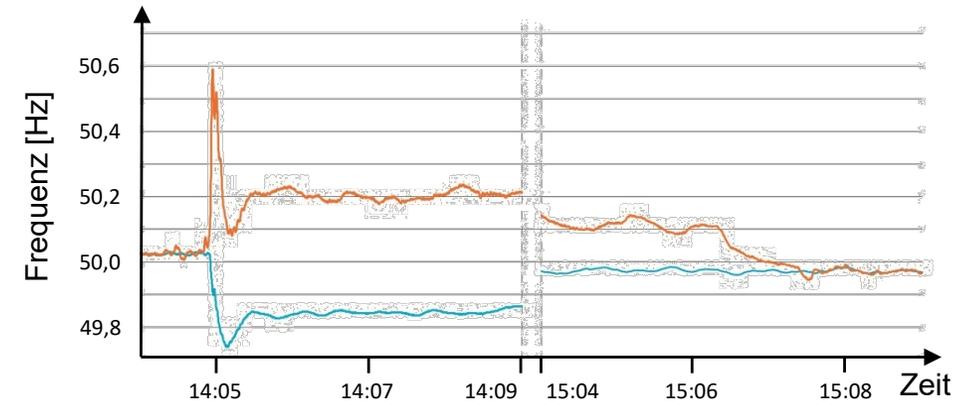
Strukturwandel im Elektrizitätsversorgungssystem (EVS)

- Zubau von lastferner Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Abschaltung von lastnahen konventionellen Kraftwerken
- Stetiger Anstieg der Höherauslastung des Übertragungsnetzes
- Zunehmendes Risiko von kaskadierenden Abschaltungen bedingt durch Anstieg der Transportkapazitäten und Höherauslastung des Netzes
- Ausreichend Momentanreserve innerhalb der sich ergebenden Teilnetze zur Limitierung der auftretenden Frequenzgradienten

Netzplanung der Übertragungsnetzbetreiber

- Bedarfsermittlung an Momentanreserve anhand der historischen Netzauftrennung 2006 oder anhand von Länder- und Bundesländergrenzen*
- Adäquate Bestimmung der Momentanreservebedarfe auf Basis von historischen Netzauftrennungen aufgrund zukünftig veränderter Last-/Einspeisesituationen nicht möglich

Netzauftrennung vom 8. Januar 2021



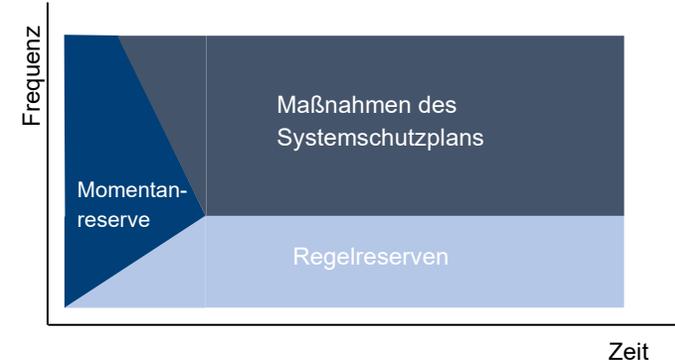
Grundlagen

Momentanreserve, RoCoF und Gegenmaßnahmen

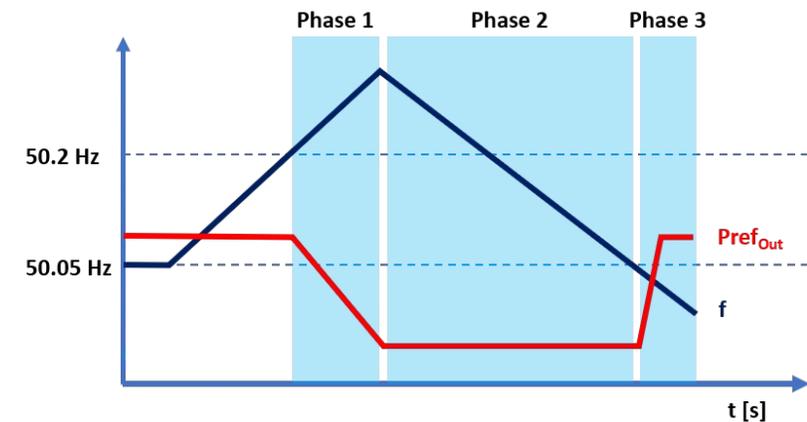
Notwendigkeit der Schwungmasse

- Momentanreserve wichtiger Aspekt der Frequenzhaltung zur rechtzeitigen Aktivierung geeigneter Gegenmaßnahmen
 - Frequenzgradient (RoCoF) als wichtiges Maß für die Beherrschbarkeit von Netzauftrennung
 - T_A : Netzanlaufzeitkonstante
 - Hoher Leistungsaustausch zwischen Netzbereichen erhöht Netzauftrennungsfahrer und höhe des Frequenzgradienten
 - Höhere Werte für den RoCoF problematisch in Bezug auf zeitlich verzögerte Gegenmaßnahmen
 - LFSM-O: Zeitverzögerung bis zu
 - UFLS: Zeitverzögerung für einen Lastabwurf bis zu
- Bedarfe werden benötigt, um die Gegenmaßnahmen vollständig zu aktivieren und die Systemgrenzen von 47.5 Hz bzw. 51.5 Hz einzuhalten

Systemschutzplan



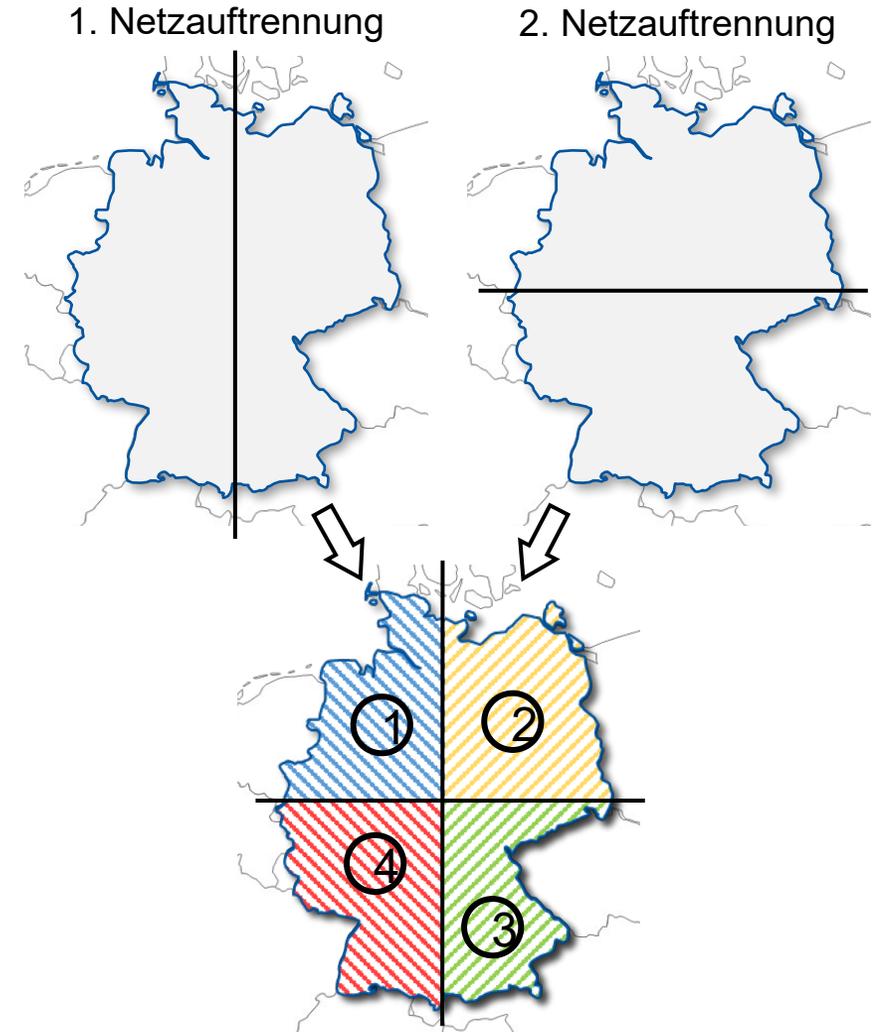
Funktionsweise der LFSM-O



- Historische Netzauftrennungen durch veränderte Last- und Einspeisesituationen nicht repräsentativ für zukünftige Störfälle
- Betrachtung von synthetischen Netzauftrennungen erforderlich

Ermittlung synthetischer Netzauftrennungen

- Hohe Leistungstransporte zwischen Netzregionen durch große Winkeldifferenzen charakterisiert:
- Ermittlung synthetischer Netzauftrennungen durch Clustering der Spannungswinkel für jede Stunde
- Regionale Komponente der benötigten Momentanreserve in Abhängigkeit der sich ergebenden Teilnetze je NNF
- Netzauftrennungen unabhängig von Länder- und Bundesländergrenzen
- Berücksichtigung mehrerer Netzauftrennungen und Bestimmung der benötigten Momentanreserve für die sich ergebenden Regionen
- Überlagerung der ermittelten Netzauftrennungen zur Ermittlung der Bedarfe je Gebiet



Methodik

Exemplarische Darstellung des Optimierungsproblems

Zielfunktion

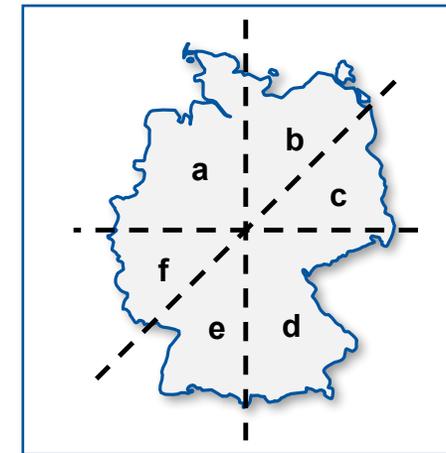
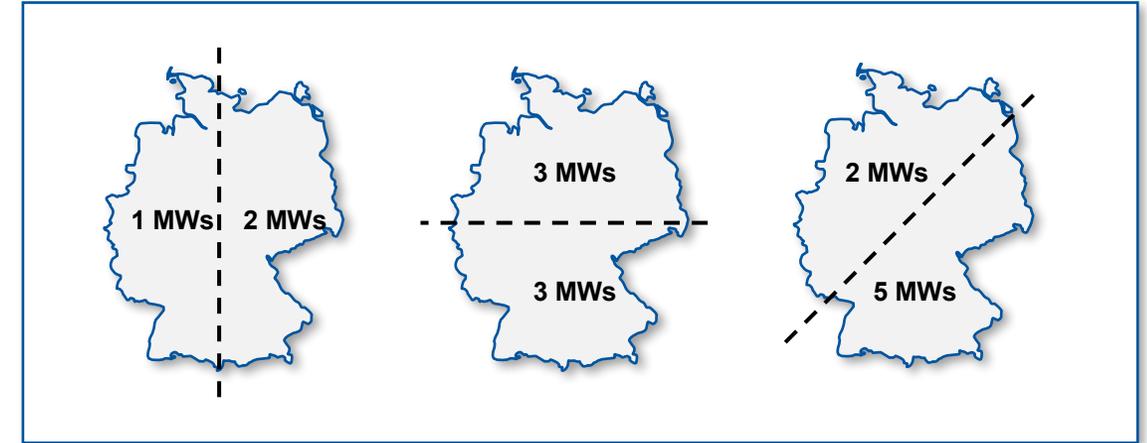
- Minimierung des Momentanreservebedarfs:

Nebenbedingungen

- Jedes Teilnetz muss mit genügend Momentanreserve versorgt sein:

Komplexität

- Lineares Optimierungsproblem
- Überlagerung vieler Netzauftrennungsfälle möglich



Bedarfsgebiete t	Bedarf [MWs]
a	0
b	0
c	3
d	2
e	0
f	2

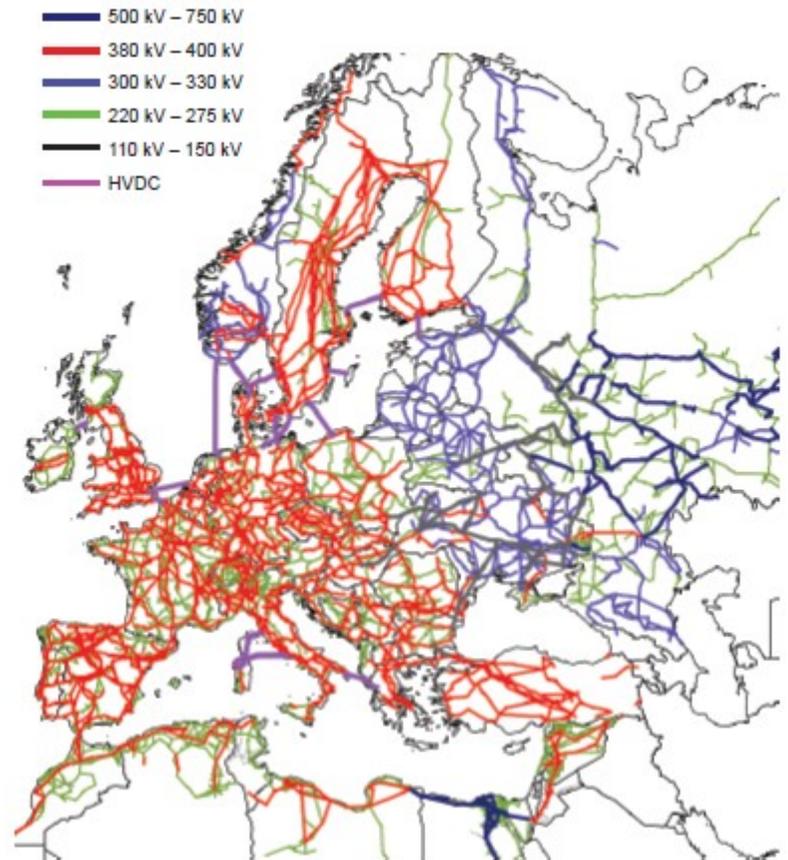
Netzmodell

- Anwendung der Methodik exemplarisch anhand eines kontinentaleuropäischen Verbundsystems für das Jahr 2030
- Szenariodaten auf Basis des TYNDP 2020 und MAF 2020 „National Trends“
- 8760 Stunden Marktdaten für Simulation vorhanden

Exemplarische Untersuchungen

- Analyse der sich ergebenden synthetischen Netzauftrennungen auf Basis der Spannungswinkelcluster für max. 2 Teilnetze für vier
 - Ermittlung der sich ergebenden Frequenzgradienten und Bedarfe an Momentanreserve
- Überlagerung der Netzauftrennungen und Anwendung der Optimierung anhand der entstehenden Bedarfsgebiete

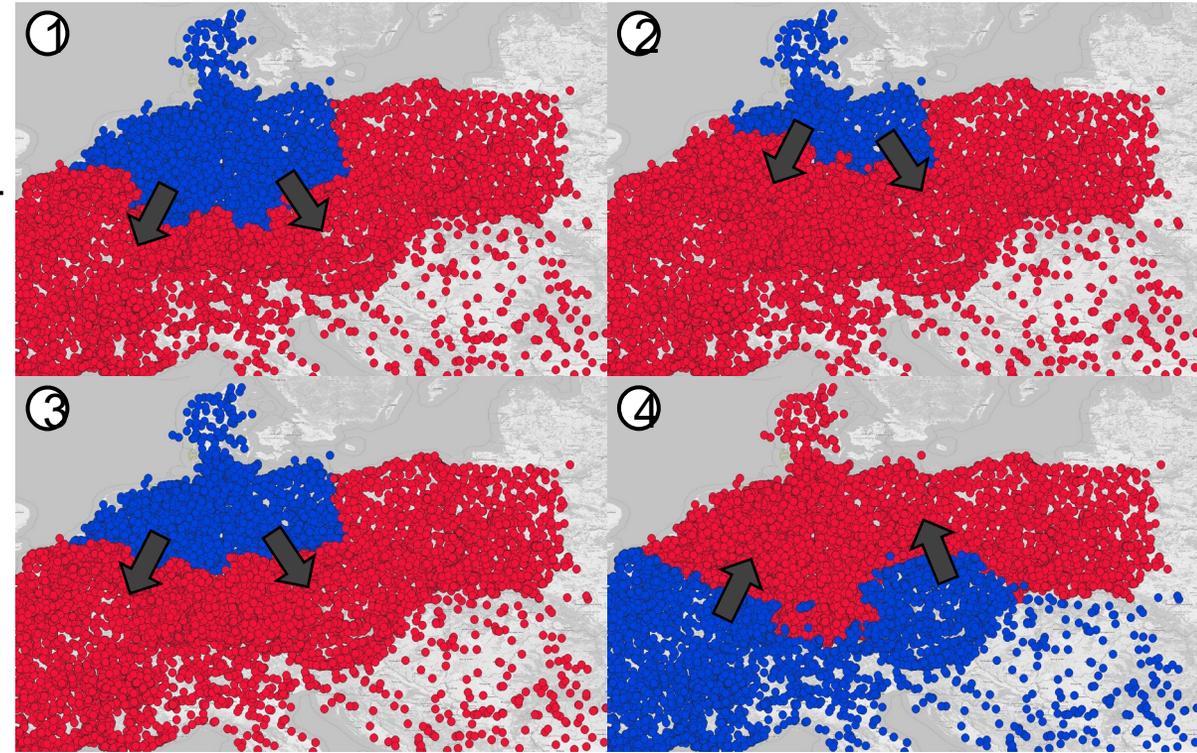
Modell des kontinentaleuropäischen Verbundsystems



Exemplarische Untersuchungen

Verbundsystem - Netzauftrennungen

- Betrachtung von vier Stunden des Jahres und Generierung der Netzauftrennungen mittels Cluster-Algorithmen
- Verwendung des analytischen Zusammenhangs aus Frequenzgradient und vorhandener Momentanreserve
 - mit

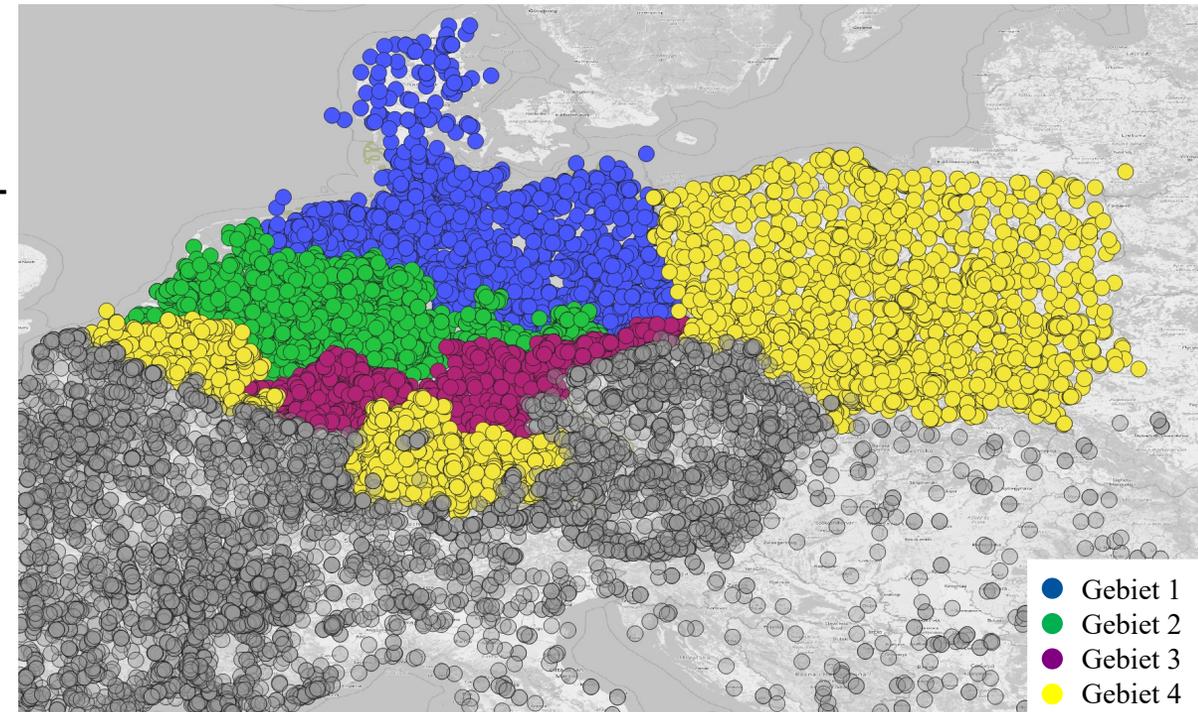


Stunde	Gebiet mit Bedarf				
471	Überfrequenz				
646	Überfrequenz				
1135	Überfrequenz				
1487	Unterfrequenz				

Exemplarische Untersuchungen

Verbundsystem - Netzauftrennungen

- Betrachtung von vier Stunden des Jahres und Generierung der Netzauftrennungen mittels Cluster-Algorithmen
- Verwendung des analytischen Zusammenhangs aus Frequenzgradient und vorhandener Momentanreserve
 - mit
- Überlagerung der Netzauftrennungen resultiert in vier Bedarfsgebieten für Momentanreserve
 - Bedarfsgebiete nicht zwingend elektrisch zusammenhängend
- Ergebnis der Optimierung resultiert in einem Bedarf i.H.v. für Gebiet 1 und für Gebiet 2
- Netzauftrennung aus Stunde 471 resultiert maßgeblich für die Verteilung verantwortlich



Stunde	Gebiet mit Bedarf				
471	Überfrequenz				
646	Überfrequenz				
1135	Überfrequenz				
1487	Unterfrequenz				

Zusammenfassung und Ausblick

Hintergrund und Motivation

- Stetiger Anstieg der Höherauslastung des Übertragungsnetzes durch Zubau lastferner EE-Erzeugung bei gleichzeitiger Abschaltung lastnaher konventioneller Kraftwerke
- Zunehmendes Risiko von kaskadierenden Abschaltungen bedingt durch Höherauslastung des Netzes
- Regionale Vorhaltung von Momentanreserve zur Beherrschung der Netzauftrennungen notwendig

Grundlagen und Methodik

- Ermittlung synthetischer Netzauftrennungen durch Clustering der Spannungswinkel für jede Stunde
- Optimierte regionale Verteilung der Momentanreservebedarfe durch Verwendung einer linearen Optimierung

Exemplarische Untersuchungen

- Unterschiedliche Netzsituationen resultieren in verschiedenen Netzauftrennungen mit unterschiedlichen Bedarfen
- Durch Überlagerung und Optimierung regional minimal notwendige Momentanreserve zugeordnet

Ausblick

- Berücksichtigung von weiteren Netzauftrennungen
- Überprüfung der Bedarfe anhand von RMS-Zeitbereichssimulationen

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**



M.Sc. Martin Knechtges

RWTH Aachen University

Institut für Elektrische Anlagen & Netze,
Digitalisierung und Energiewirtschaft

Übertragungsnetze und Energiewirtschaft

Tel. +49 (0) 241 / 80 97884

m.knechtges@iaew.rwth-aachen.de