



Untersuchung des Einflusses einer Redundanzanforderung für kurative Maßnahmen auf das Potenzial der kurativen Netzbetriebsführung

Beitrag zum 17. Symposium Energieinnovation, 16-18.02.2022, Graz

Tobias Sous, Katharina Kollenda, Albert Moser

Agenda

Motivation und Hintergrund

Redundanzkonzept für kurative Engpassmanagementmaßnahmen

Modellierung

Ergebnisse

Fazit und Ausblick

Agenda

▶ Motivation und Hintergrund

Redundanzkonzept für kurative Engpassmanagementmaßnahmen

Modellierung

Ergebnisse

Fazit und Ausblick

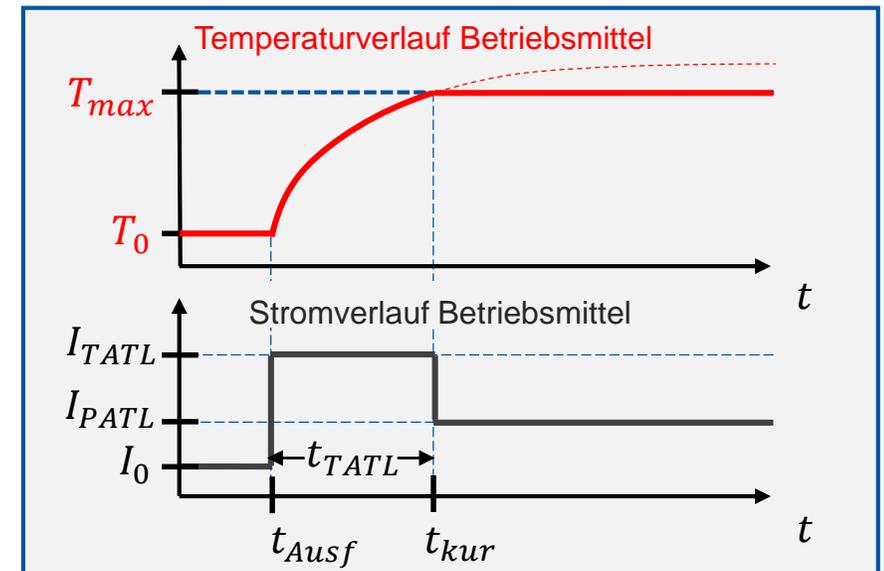
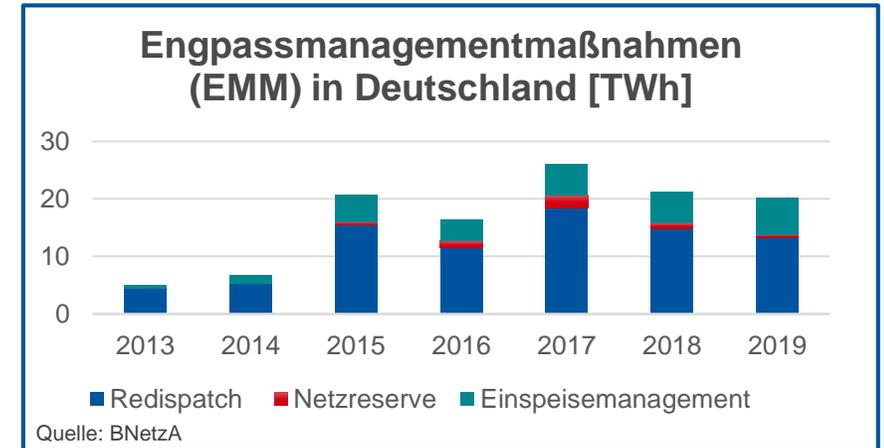
Motivation und Hintergrund

- Steigender Transportbedarf und somit erhöhter Bedarf an Engpassmanagementmaßnahmen (EMM) im Übertragungsnetz
 - Potenzielle Effizienzsteigerung durch kurative Netzbetriebsführung
 - Herstellung der (n-1)-Sicherheit durch schnelles Einleiten von EMM **nach** Betriebsmittelausfall
 - Ausnutzung der thermischen Reserven und Trägheit der Betriebsmittel
 - Reduktion des an präventiven EMM
 - Höherauslastung des Netzes im Grundzustand (n-0)
- Betrieb des Übertragungsnetzes näher an seinen physikalischen Grenzen
- Nichtverfügbarkeiten kurativer EMM gefährden den sicheren Netzbetrieb

Ziel für die Realisierung der kurativen Netzbetriebsführung

Erhöhung der Zuverlässigkeit kurativer EMM durch Redundanzkonzepte

- Zusätzliche Einschränkung bei der Planung des Engpassmanagements



Motivation und Hintergrund

Zielsetzung des Beitrags

Untersuchung des Einflusses der Redundanzanforderung auf das Höherauslastungspotenzial der kurativen Netzbetriebsführung

1

Definition eines Redundanzkonzepts zur Besicherung kurativer EMM

2

Erweiterung eines Simulationsverfahrens zur integrierten Optimierung des präventiven und kurativen Engpassmanagements unter Berücksichtigung der Redundanzanforderung

3

Durchführung von Netzbetriebssimulationen für ein Zukunftsszenario zur Untersuchung des Einflusses der Redundanzanforderung

Agenda

Motivation und Hintergrund

▶ Redundanzkonzept für kurative Engpassmanagementmaßnahmen

Modellierung

Ergebnisse

Fazit und Ausblick

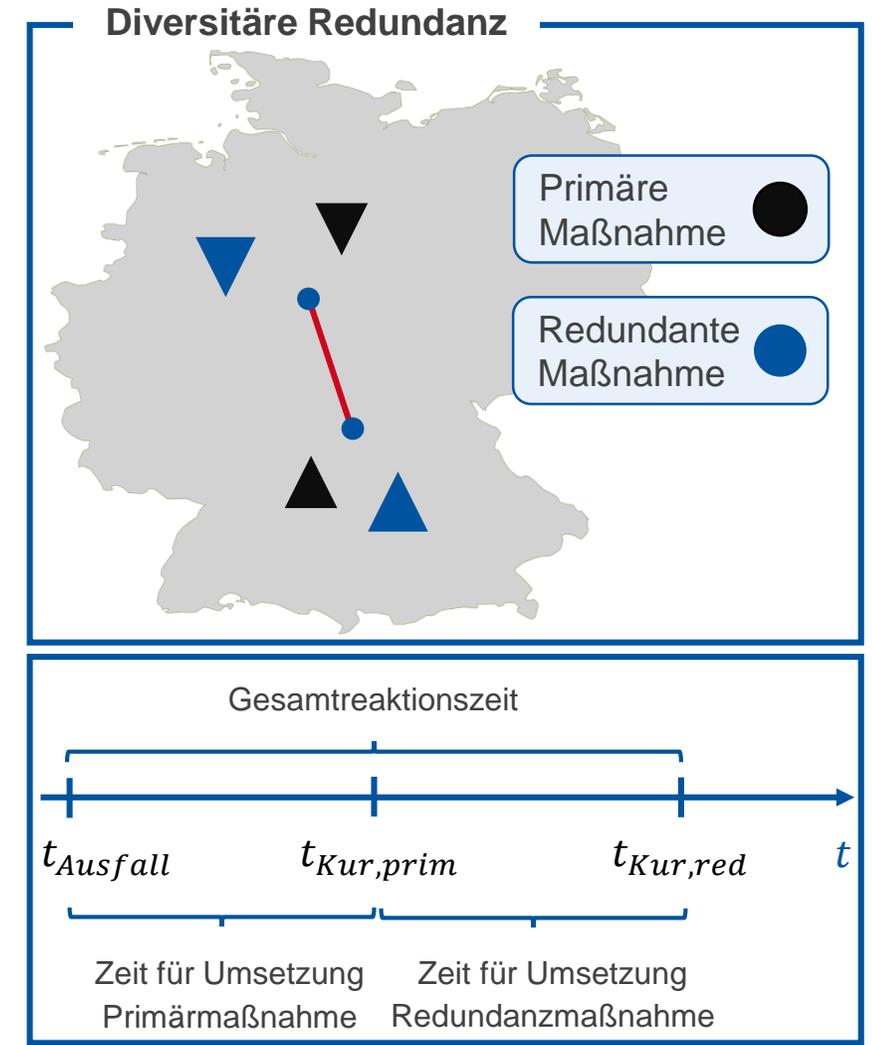
Redundanzkonzept für kurative Engpassmanagementmaßnahmen

Besicherung kurativer EMM durch diversitäre Redundanz

- Planung zusätzlicher diverser kurativer EMM mit äquivalenter Engpasswirkung
- Für jede primäre kurative EMM muss zusätzlich eine redundante kurative EMM geplant werden
- Umsetzung der Redundanzmaßnahme bei Nichtverfügbarkeit der Primärmaßnahme

Auswirkungen auf die Planung des Engpassmanagements

- Steht für eine (n-1)-Ausfallsituation nicht sowohl eine primäre als auch eine redundante kurative EMM zur Verfügung, kann diese nicht kurativ behoben werden → präventive Engpassbehebung notwendig
- Zeitlich versetzte Aktivierung von primärer und redundanter EMM wirkt sich auf die Gesamtreaktionszeit aus und beeinflusst somit die Dimensionierung des Engpassmanagements



Agenda

Motivation und Hintergrund

Redundanzkonzept für kurative Engpassmanagementmaßnahmen

▶ Modellierung

Ergebnisse

Fazit und Ausblick

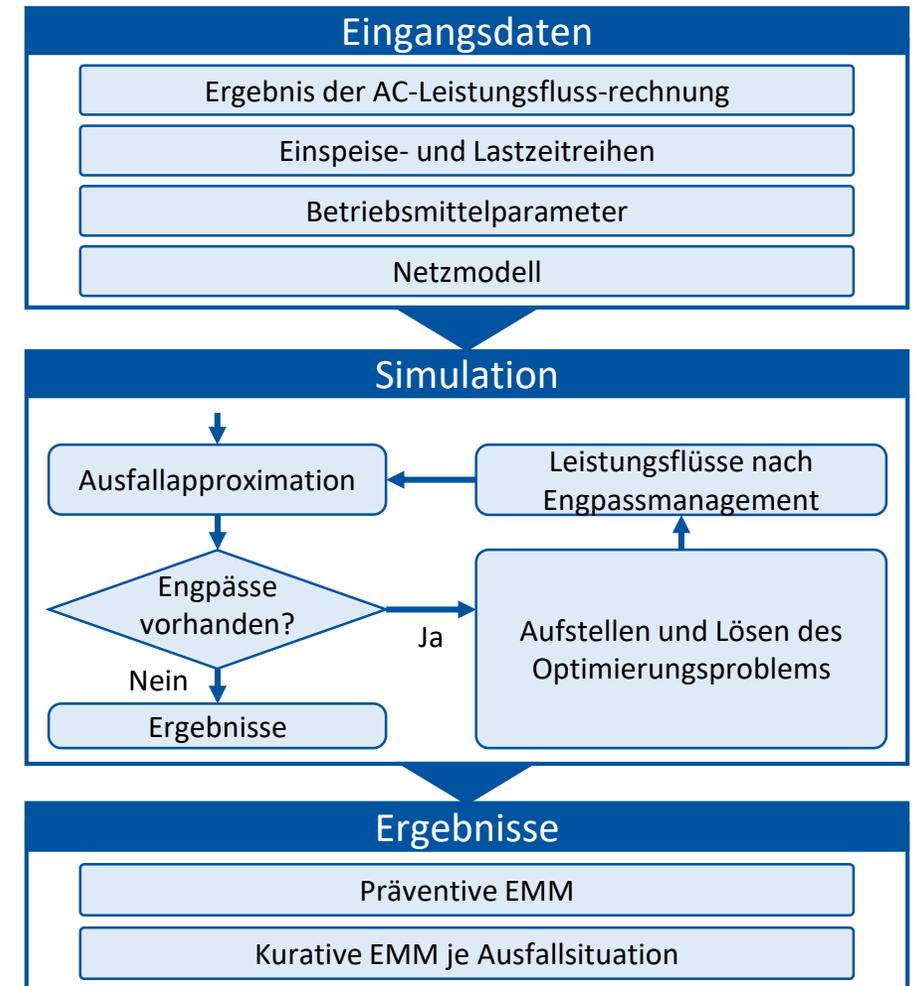
Modellierung

Modellstruktur und Verfahrensablauf

- Formulierung eines gemischt-ganzzahligen linearen Optimierungsproblems (MILP) mit linear abgebildeten Netzrestriktionen
- Minimierung der Gesamtkosten für Engpassmanagement
- Wesentliche Nebenbedingungen
 - Einhaltung der dauerhaft und temporär zulässigen Stromgrenzwerte PATL¹ und TATL²
 - Einhaltung der Leistungsbilanz
 - Einhaltung technischer und betrieblicher Restriktionen (z.T. zeitgekoppelt) sämtlicher präventiver und kurativer Stellgrößen
- Iterative Identifikation von Freileitungsengpässen im deutschen Übertragungsnetz

¹Permanently Admissible Transmission Loading (PATL)

²Temporary Admissible Transmission Loading (TATL)



Netznebenbedingungen zur Abbildung kurativer EMM

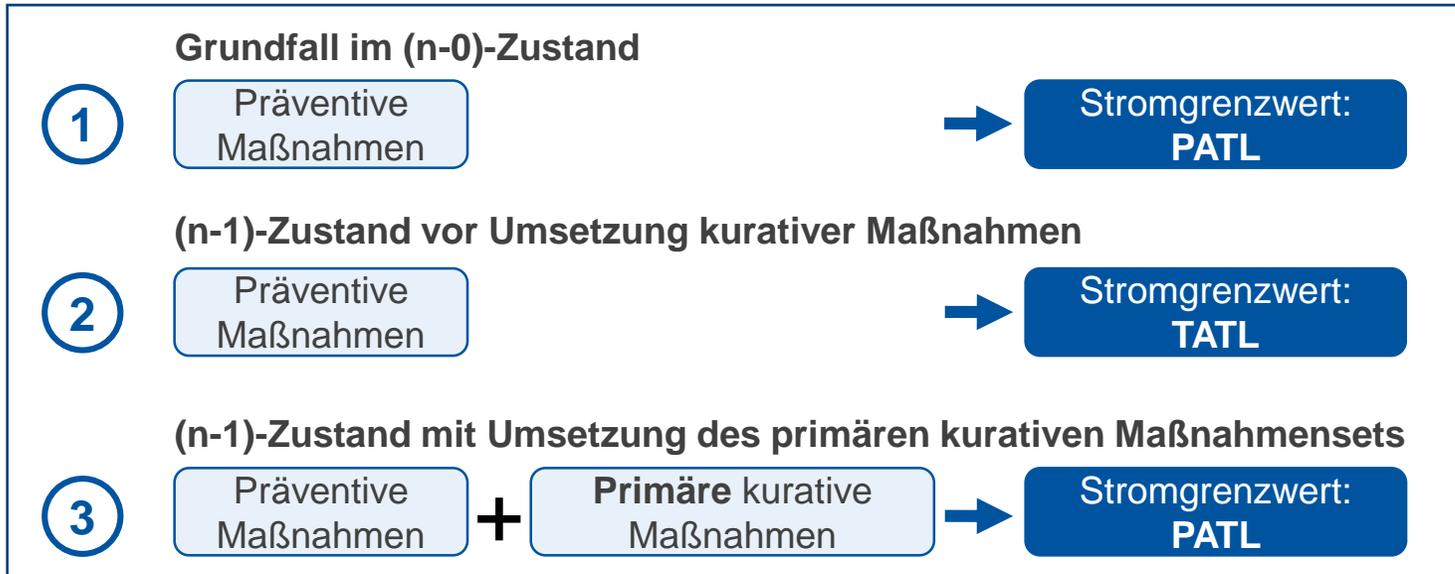
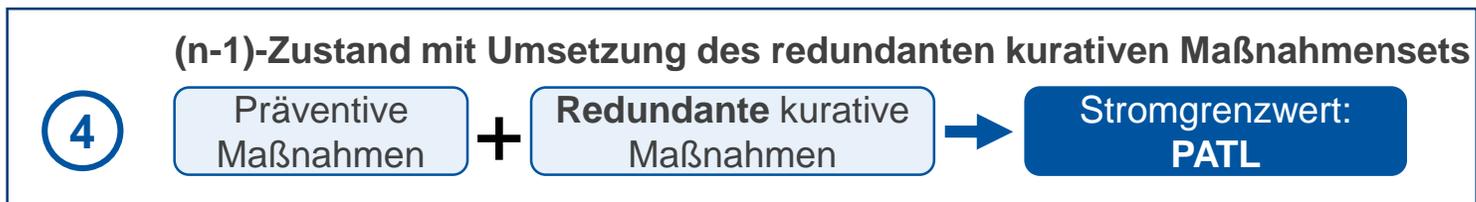


Abbildung der Redundanzanforderung für kurative EMM



- Hinzufügen einer weiteren Nebenbedingung zur Abbildung der Redundanzanforderung
- Um Redundanz sicherzustellen, müssen primäre und redundante kurative EMM divers sein
- Vorgelagerte Einteilung kurativer Potenziale in primär und redundant einsetzbare Freiheitsgrade (disjunkte Mengen)
- Es gilt: $K \subset A$, $N \subset A$, $K \cap N = \emptyset$

A : Menge kurativ einsetzbarer Freiheitsgrade
 K : Kurative primär einsetzbare Freiheitsgrade
 N : Kurative redundant einsetzbare Freiheitsgrade

Agenda

Motivation und Hintergrund

Redundanzkonzept für kurative Engpassmanagementmaßnahmen

Modellierung

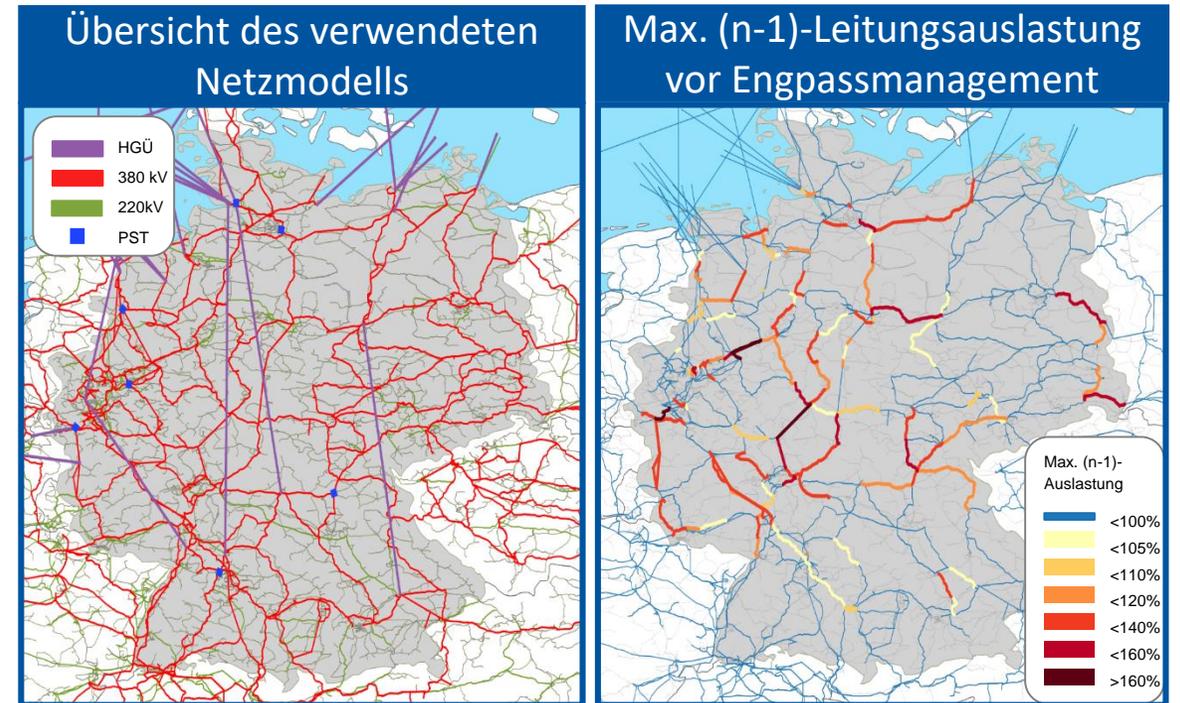
▶ Ergebnisse

Fazit und Ausblick

Ergebnisse

Untersuchungsrahmen

- Durchführung von Jahressimulationen des Netzengpassmanagements für das deutsche Übertragungsnetz
- Energiewirtschaftliches Szenario
 - Szenario des Jahres 2030 auf Basis öffentlicher Informationen und Netzentwicklungsplänen
 - Umsetzung der bis 2025 für Deutschland geplanten Netzausbaumaßnahmen zur Abbildung möglicher Verzögerungen des Netzausbaus
- Max. (n-1)-Leitungsauslastung zeigt vorwiegend Engpässe in der Mitte Deutschlands und in Nord-Süd Richtung
- Referenzrechnung mit rein präventivem Engpassmanagement
- Variation der kurativ einsetzbaren Betriebsmitteltechnologien



Variation der kurativ einsetzbaren Freiheitsgrade



AP-Anpassung PST



AP-Anpassung HGÜ



Erhöhung von Pumpspeicherkraftwerken



Abregelung Offshore-Wind



Ergebnisse

Definition von Untersuchungsvarianten

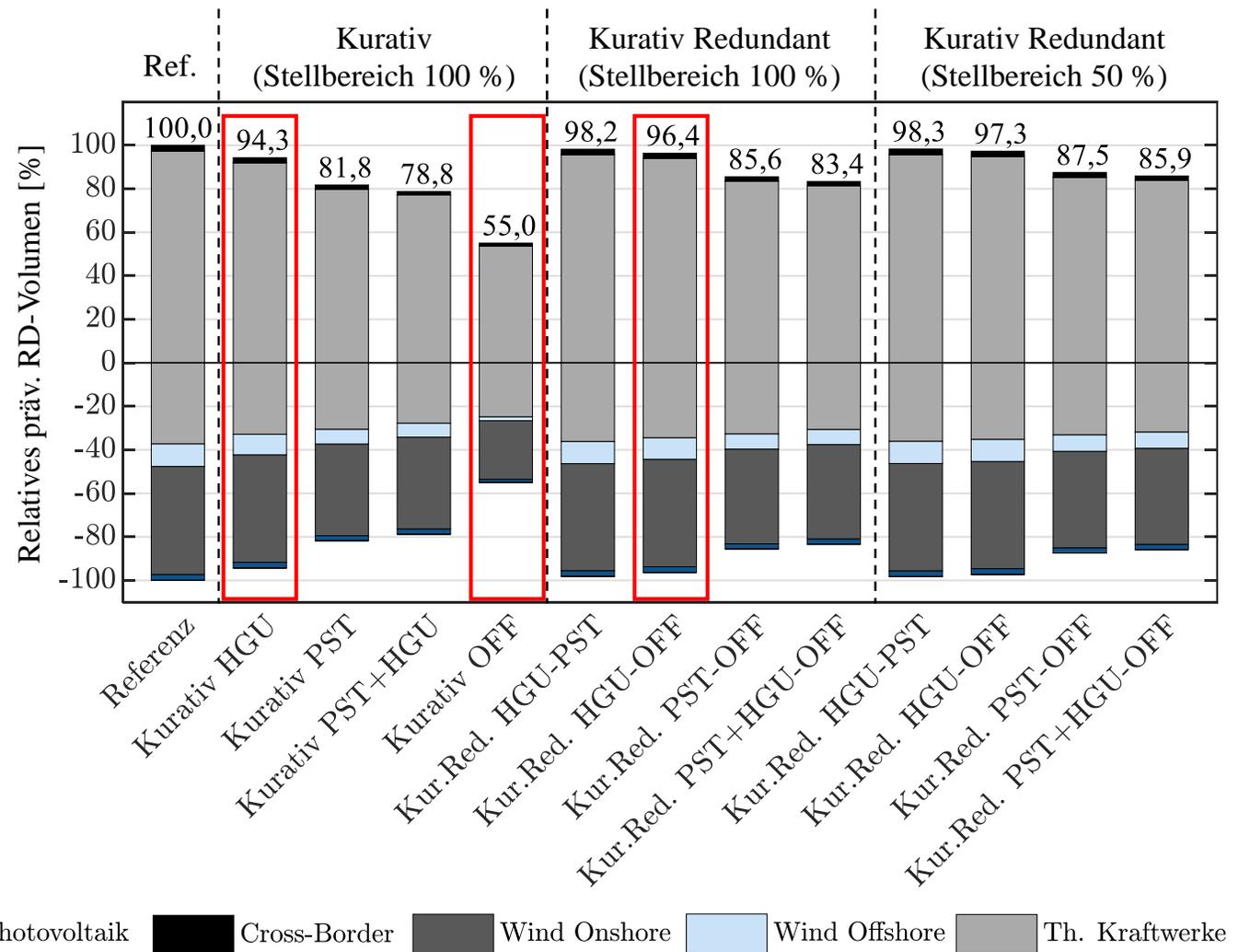
- Abschätzung des kurativen Potenzials der einzelnen Technologien mit den Untersuchungsvarianten „*Kurativ*“ ohne Berücksichtigung der Redundanzanforderung
- Berücksichtigung der Redundanzanforderung in den Varianten „*Kurativ Redundant*“
 - Vorgelagerte Einteilung der primär und redundant einsetzbaren kurativen Freiheitsgrade erfolgt anhand der Betriebsmitteltechnologie
 - Variation der sich gegenseitig besichernden Technologien
- Einschränkung des kurativen Stellbereichs für die Varianten „*Kurativ Redundant*“ zur Abbildung einer verkürzten zulässigen Reaktionszeit der primären bzw. redundanten kurativen EMM

Untersuchungsvariante	Kurative EMM (primär)	Kurative EMM (redundant)
Referenz	-	-
Kurativ PST	AP-Anpassung von PST	-
Kurativ HGÜ	AP-Anpassung von HGÜ-Systemen	-
Kurativ OFF	Abregelung von Wind Offshore und Erhöhung von Pumpspeichern	-
Kurativ PST + HGÜ	AP-Anpassung von PST und HGÜ-Systemen	-
Kur. Redundant PST - HGÜ	AP-Anpassung von PST	AP-Anpassung von HGÜ-Systemen
Kur. Redundant PST - OFF	AP-Anpassung von PST	Abregelung von Wind Offshore und Erhöhung von Pumpspeichern
Kur. Redundant HGÜ - OFF	AP-Anpassung von HGÜ-Systemen	Abregelung von Wind Offshore und Erhöhung von Pumpspeichern
Kur. Redundant PST + HGÜ - OFF	AP-Anpassung von PST und HGÜ-Systemen	Abregelung von Wind Offshore und Erhöhung von Pumpspeichern

Ergebnisse

Einfluss der Redundanzanforderung auf das kurative Potenzial

- Vergleich der relativen präventiven Redispatch-Volumina bezogen auf präventive Referenzrechnung
- Exemplarische Betrachtung von „Kurativ Redundant HGÜ-OFF“
 - RD-Volumen „Kurativ OFF“: 55 % des Ref.-Volumens
 - RD-Volumen „Kurativ HGÜ“ : 94,3 % des Ref.-Volumens
 - RD-Volumen bei gegenseitig redundanter Besicherung von HGÜ und OFF: 96,4 % des Ref.-Volumens
- Potenzial in Varianten „Kurativ Redundant“ wird im Wesentlichen durch die eingesetzte Technologie mit dem geringeren Potenzial bestimmt
- Einschränkung des kurativen Stellbereichs zeigt nur geringen Einfluss → Kurative Stellpotenziale meist nicht limitierender Faktor



Agenda

Motivation und Hintergrund

Redundanzkonzept für kurative Engpassmanagementmaßnahmen

Modellierung

Ergebnisse

▶ Fazit und Ausblick

Fazit und Ausblick

Zusammenfassung

- Beschreibung eines Konzepts zur Besicherung kurativer EMM durch diversitäre Redundanz
- Erweiterung eines Simulationsverfahrens zur koordinierten Optimierung des präventiven und kurativen Engpassmanagements um die Berücksichtigung der Redundanzanforderung
- Durchführung von Netzbetriebssimulationen zur Untersuchung des Einflusses der Redundanzanforderung

Fazit

- Die vorgestellte Modellierung ist grundsätzlich zur Abbildung des beschriebenen Redundanzkonzepts geeignet
- Vorgelagerte Einteilung der Potenziale in primär und redundant einsetzbare Freiheitsgrade
 - In diesem Beitrag zunächst vereinfachend anhand der Betriebsmitteltechnologien → Deutliche Einschränkung des Potenzials
 - Reduktion des kurativen Höherauslastungspotenzials hängt dann im Wesentlichen von der Kombination primär- und redundant einsetzbarer Technologien ab

Ausblick

- Untersuchung des Einflusses der Redundanzanforderung bei gegenseitiger Besicherung durch Betriebsmittel derselben Technologie sowie Erforschung und Analyse weiterer Redundanzkonzepte

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**



M.Sc. Tobias Sous

RWTH Aachen University

Institut für Elektrische Anlagen & Netze,
Digitalisierung und Energiewirtschaft

Übertragungsnetze und Energiewirtschaft

Tel. +49 (0) 241 / 80 96711

t.sous@iaew.rwth-aachen.de