



Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz

Beitrag zum 16. Symposium Energieinnovation 2020

Katharina Kollenda, André Hoffrichter, Maximilian Schneider, Alexander Schrief, Albert Moser

Graz, 12.02.2020

Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz

Agenda

- Einleitung
- Modellierung
- Ergebnisse
- Grenzen der Untersuchung und Diskussion
- Zusammenfassung und Ausblick

Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz

Agenda

- Einleitung
- Modellierung
- Ergebnisse
- Grenzen der Untersuchung und Diskussion
- Zusammenfassung und Ausblick

Motivation und Hintergrund

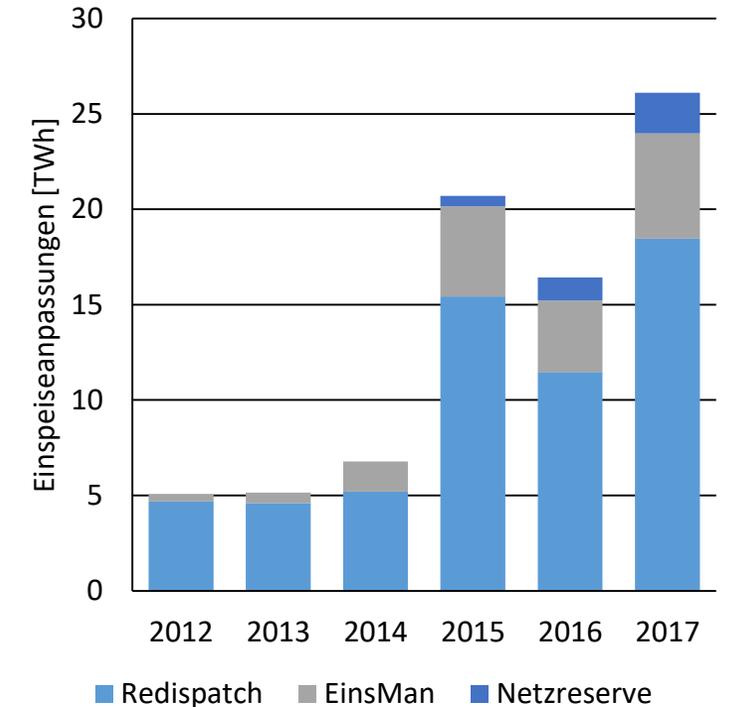
- Betrieb der Übertragungsnetze zunehmend mit Unsicherheiten behaftet und an Kapazitäts- und Stabilitätsgrenzen
- Starke Zunahme des untertägigen Einsatzes von Engpassmanagementmaßnahmen (EMM) mit hohem monetären Aufwand
- Weitgehend präventiver Einsatz von EMM zur Erfüllung des (n-1)-Kriteriums
- Einsatz kurativer Maßnahmen als vielversprechender Ansatz:

Durchführung erst bei Eintreten eines Fehlerfalls unter Ausnutzung der temporären Überlastfähigkeit der Betriebsmittel

→ Effizientere Nutzung bestehender Transportkapazitäten

→ Reduzierung kostenintensiver EMM

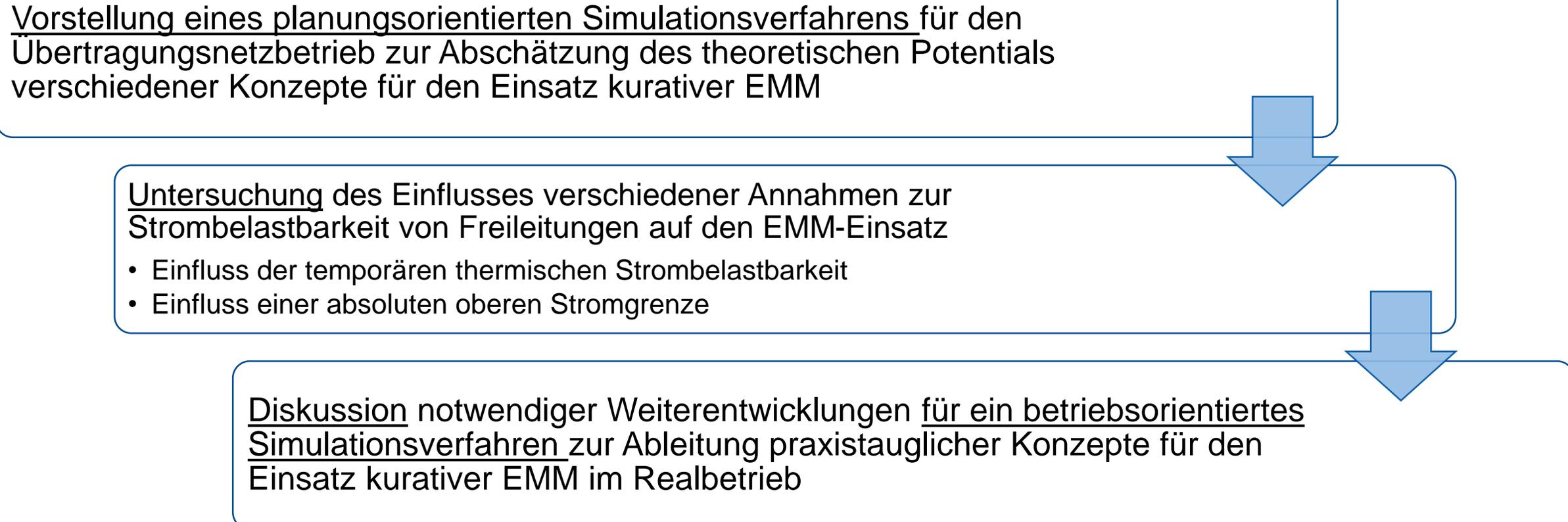
Entwicklung des EMM-Einsatzes in Deutschland



[BNetzA]

Ziel des Beitrags

Vorstellung eines planungsorientierten Simulationsverfahrens für den Übertragungsnetzbetrieb zur Abschätzung des theoretischen Potentials verschiedener Konzepte für den Einsatz kurativer EMM



Untersuchung des Einflusses verschiedener Annahmen zur Strombelastbarkeit von Freileitungen auf den EMM-Einsatz

- Einfluss der temporären thermischen Strombelastbarkeit
- Einfluss einer absoluten oberen Stromgrenze

Diskussion notwendiger Weiterentwicklungen für ein betriebsorientiertes Simulationsverfahren zur Ableitung praxistauglicher Konzepte für den Einsatz kurativer EMM im Realbetrieb

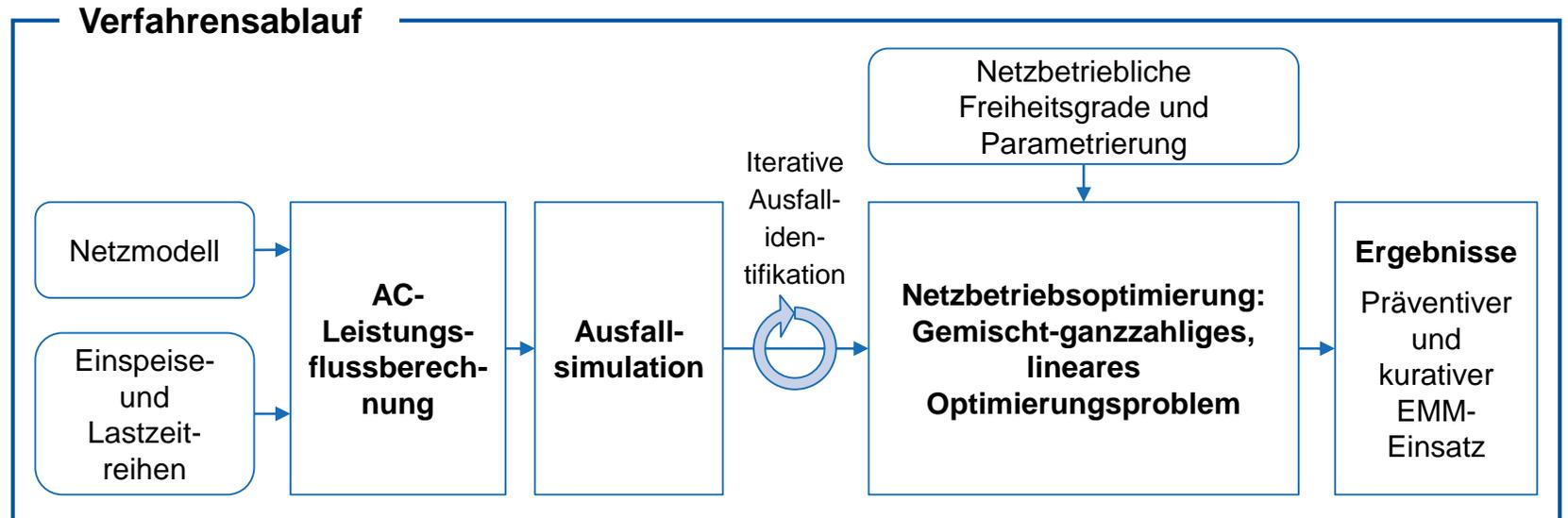
Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz

Agenda

- Einleitung
- Modellierung
- Ergebnisse
- Grenzen der Untersuchung und Diskussion
- Zusammenfassung und Ausblick

Struktur und Ablauf des planungsorientierten Simulationsverfahrens

- Formulierung der Netzbetriebsoptimierung als gemischt-ganzzahliges, lineares Optimierungsproblem
- Auflösung der Netzengpässe durch präventive und kurative EMM
- Abbildung des Einflusses des EMM-Einsatzes durch lineare Sensitivitätsfaktoren (PSDF, PTDF)
- Wesentliche Nebenbedingungen:
 - Technische und betriebliche Restriktionen präventiver und kurativer Stellgrößen
 - Leistungsbilanz
 - Dauerhaft und temporär zulässige Stromgrenzwerte I_{PATL}^1 und I_{TATL}^2 der Freileitungen



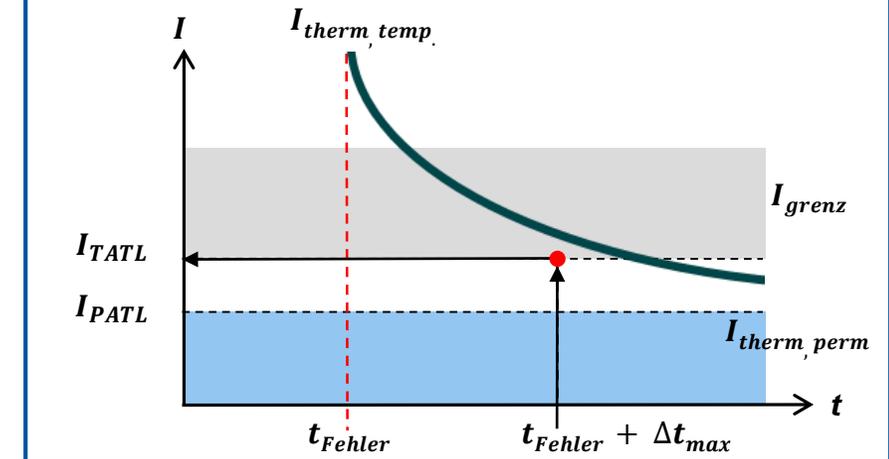
¹ Permanently Admissible Transmission Loading (PATL)

² Temporarily Admissible Transmission Loading (TATL)

Einhaltung der zulässigen Stromgrenzwerte

- Einsatzmöglichkeit vorhandener präventiver und kurativer Stellpotentiale wesentlich bedingt durch dauerhaft und temporär zulässige Stromgrenzwerte I_{PATL}^1 und I_{TATL}^2
- Einflussgrößen:
 - Thermische Strombelastbarkeitswerte:
 - ↳ Abhängig von Art und Beschaffenheit der stromführenden Leiter, Vorbelastung und Witterungsbedingungen
 - ↳ Dauerhaft zulässige thermische Strombelastbarkeit $I_{therm,perm}$: Konstant vor und im Fehlerfall
 - ↳ Temporär zulässige thermische Strombelastbarkeit $I_{therm,temp}$: Zulässige temporäre thermische Überlastfähigkeit im Fehlerfall aufgrund therm. Ausgleichsvorgänge nach Reaktionszeit Δt_{max}
 - Ggf. absolute obere Grenze der Strombelastbarkeit I_{grenz} aufgrund weiterer limitierender Faktoren (z.B. Schutzauslegung, Stabilität)
- I_{PATL} und I_{TATL} ergeben sich als Minimum beider Einflussgrößen

Prinzipieller Zusammenhang zw. Reaktionszeit Δt_{max} und I_{TATL}



Vereinfachung im planungsorientierten Simulationsverfahren:

$$I_{therm,temp} = I_{therm,perm} * \boxed{a}$$

Abgeschätzter Multiplikationsfaktor

Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz

Agenda

- Einleitung
- Modellierung
- Ergebnisse
- Grenzen der Untersuchung und Diskussion
- Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

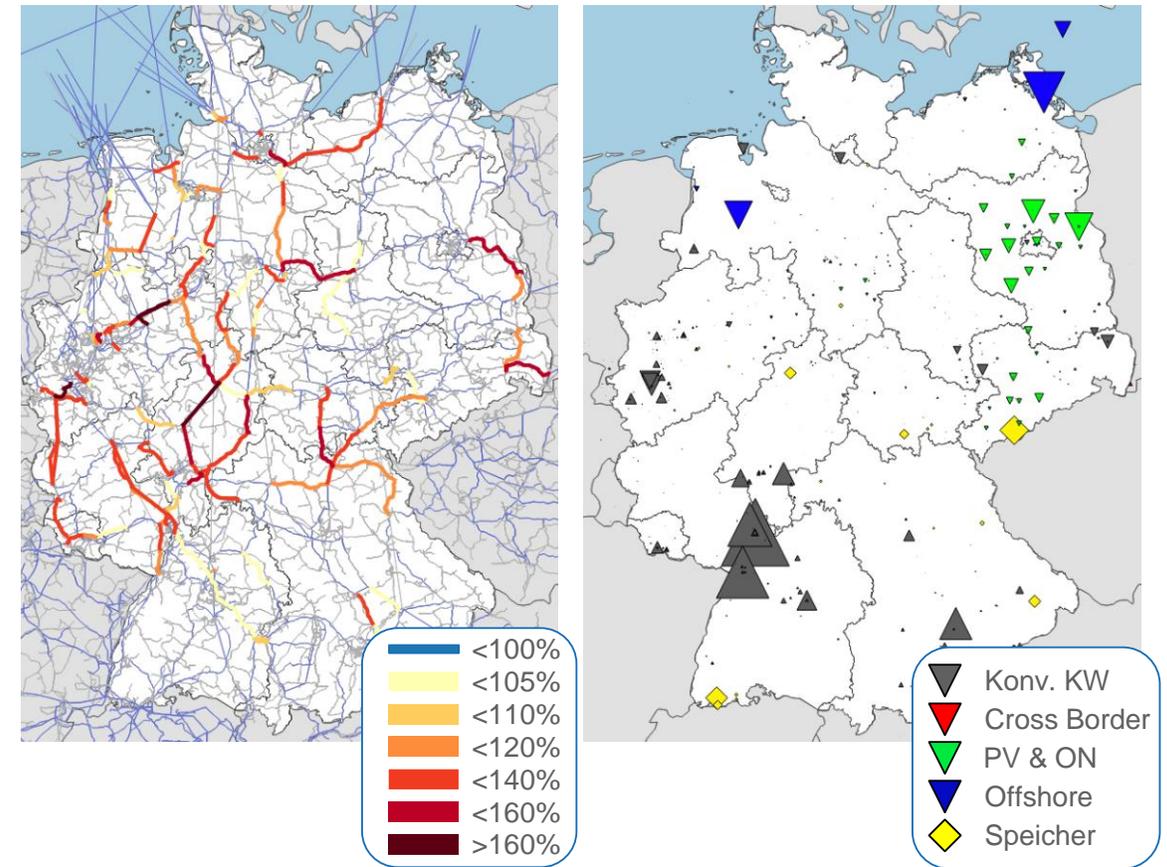
Vorgehen zur Untersuchung

- Anwendung auf Zukunftsszenario für das deutsche Energieversorgungssystem im Jahr 2030 auf Basis öffentlich verfügbarer Daten und von Netzentwicklungsplänen
- Durchführung von Jahressimulationen des Engpassmanagements im Übertragungsnetz unter Variation von a und I_{grenz}
- Gegenüberstellung des präventiven EMM-Einsatzes

Ergebnisse für rein präventiven EMM-Einsatz (Referenzfall):

- Engpässe insb. in der Mitte und im westlichen Teil Deutschlands auf Leitungen mit Nord-Süd-Ausrichtung
- Reduzierung der EE-Einspeisung und Verstärkung des Einsatzes konventioneller Kraftwerke und Speicher

Max. (n-1)-Leitungsauslastung (links) und präventiver EMM-Einsatz (rechts) im Referenzfall

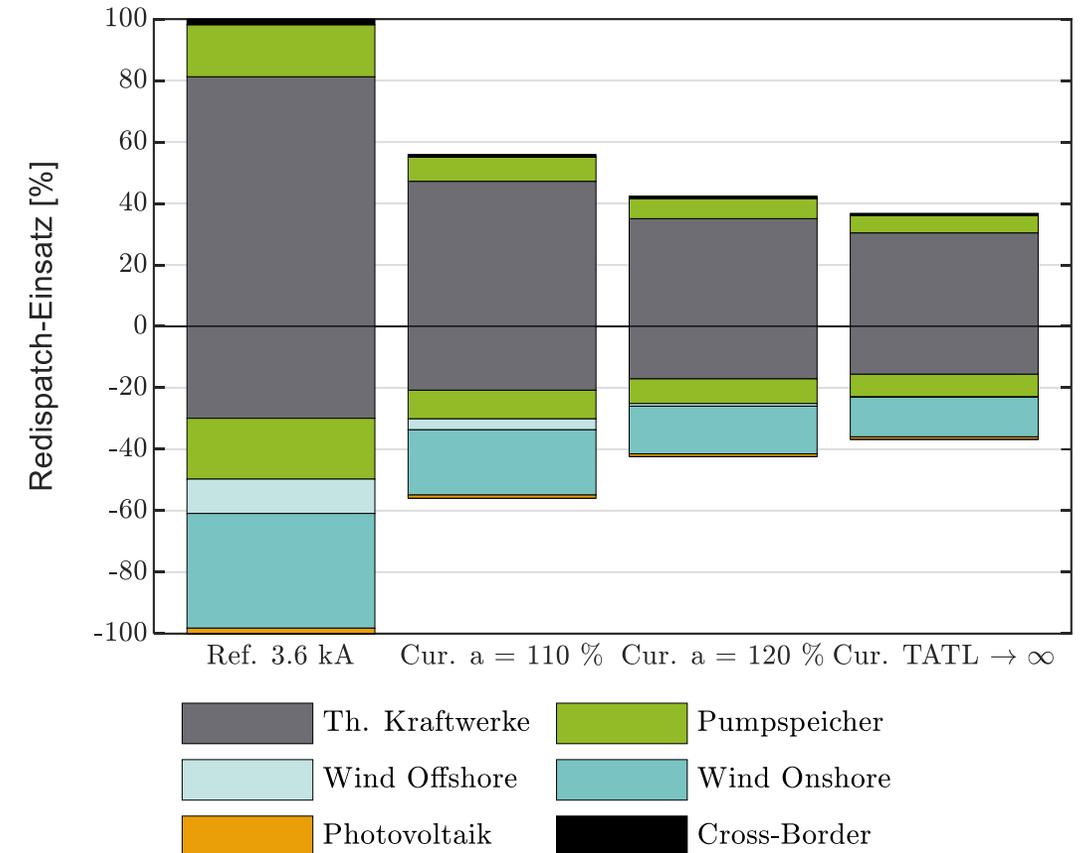


Ergebnisse

Einfluss der temp. thermischen Strombelastbarkeit

- Variation des Multiplikationsfaktors a
- Anwendung von $I_{grenz} = 3600 A$ einheitlich und nur für I_{PATL}
- Kurativer EMM-Einsatz ermöglicht insbesondere eine Verringerung der präventive Abregelung von EE-Anlagen
- Umfangreiche kurative Leistungsanpassungen im Fehlerfall
- Bei theoretisch unbeschränkter temporärer Überlastfähigkeit („Cur. $TATL \rightarrow \infty$ “) maximales Reduktionspotential von 63,2 % ggü. Referenzfall
→ Abhängig vom Umfang der kurativ einsetzbaren Technologien und (n-0)-Überlastungen

Änderung des präventiven EMM-Einsatzes bei Variation des Multiplikationsfaktors a

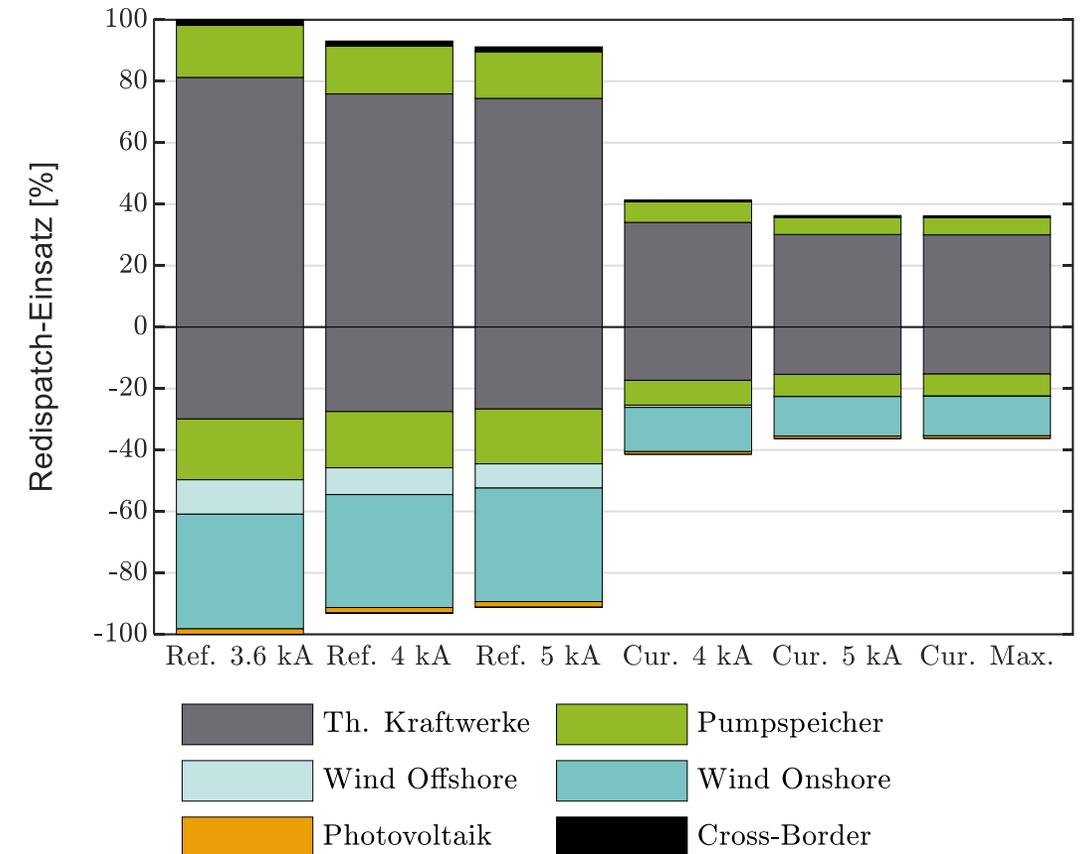


Ergebnisse

Einfluss der absoluten oberen Stromgrenze

- Erhöhung von I_{grenz} auf 4000 A bzw. 5000 A
- Anwendung auf I_{PATL} und I_{TATL}
- Verringerung bei rein präventivem EMM-Einsatz um 6,9 % bzw. 8,8 % (Referenzfälle)
- Verringerung bei kurativem EMM-Einsatz um 58,6 % bzw. 63,7 %
- Bei Annahme höherer I_{TATL} -Werte („Cur. Max.“) keine wesentliche weitere Reduktion
 - Absolute obere Grenze von 5000 A wird für den kurativen Einsatz nur selten vollständig genutzt
 - Verbleibender „präventiver Sockel“ wie in vorheriger Untersuchung

Änderung des präventiven EMM-Einsatzes bei Variation von I_{grenz}



Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz

Agenda

- Einleitung
- Modellierung
- Ergebnisse
- Grenzen der Untersuchung und Diskussion
- Zusammenfassung und Ausblick

Grenzen der Untersuchung und Diskussion

Planungsorientiertes Simulationsverfahren

Abschätzung des theoretischen Potentials kurativer EMM unter vereinfachenden Annahmen

- Pauschale Abschätzung der thermischen Stromgrenzwerte von Freileitungen
- Abschätzung der Reaktionszeiten kurativ einsetzbarer Technologien
- Jahreslaufsimulationen mit stündlicher Auflösung unter perfekter Voraussicht
- Annahme eines umfangreichen kurativen Stellpotentials mit starken kurativen Leistungsanpassungen im Fehlerfall

Betriebsorientiertes Simulationsverfahren

Entwicklung notwendig für Ableitung praxistauglicher Netzbetriebskonzepte für kurative EMM im Realbetrieb

- Detaillierte Abbildung der thermischen Stromgrenzwerte, Erweiterung der Betrachtung um Kabel und Transformatoren
- Detaillierte Untersuchung und Entwicklung geeigneter Redundanz- und Ablösekonzepte
- Rollierendes Verfahren mit begrenzter Voraussicht und Fokus auf dem vor- und untertägigen Zeitbereich unter Unsicherheiten
- Analyse der Umsetzbarkeit und der Auswirkungen auf die Systemsicherheit
 - Untersuchung der Systemstabilität
 - Ermittlung von Transitionspfaden

Planungsorientierte Simulation kurativer Maßnahmen im Deutschen Übertragungsnetz

Agenda

- Einleitung
- Modellierung
- Ergebnisse
- Grenzen der Untersuchung und Diskussion
- Zusammenfassung und Ausblick

Motivation und Hintergrund

Einsatz kurativer Maßnahmen als vielversprechender Ansatz zur effizienteren Nutzung bestehender Transportkapazitäten im Übertragungsnetz

Ziel des Beitrags

- Vorstellung eines planungsorientierten Verfahrens zur Simulation des Übertragungsnetzbetriebs
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Annahmen zur Strombelastbarkeit von Freileitungen auf den Einsatz von Engpassmanagementmaßnahmen

Modellierung

- Formulierung der Netzbetriebssimulation als gemischt-ganzzahliges lineares Optimierungsproblem mit endogener Verknüpfung präventiver und kurativer Maßnahmen über Zielfunktion und Nebenbedingungen
- Vereinfachte Abbildung der temporär zulässigen Stromgrenzwerte (I_{TATL}) als Vielfaches der dauerhaft zulässigen Stromgrenzwerte (I_{PATL})

Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse

- Starke Abhängigkeit des Potentials kurativer Maßnahmen von der unterstellten temporären thermischen Strombelastbarkeit der berücksichtigten Betriebsmittel und der angenommenen absoluten oberen Stromgrenze
- Deutliche Reduzierung des Bedarfes an präventiven EMM durch den Einsatz umfangreicher kurativer EMM

Ausblick

Entwicklung des betriebsorientierten, rollierenden Simulationsverfahrens mit Fokus auf vor- und untertägigem Zeitbereich zur Ableitung praxistauglicher Konzepte für den Einsatz kurativer Maßnahmen

- Berücksichtigung der Restriktionen der Betriebsplanungs- und Systemführungsprozesse
- Exaktere Abbildung der Strombelastbarkeit und des Einflusses von Unsicherheiten
- Verknüpfung mit Verfahren zur Bewertung der Systemstabilität und zur Ermittlung möglicher Transitionspfade

 Bestandteil laufender und zukünftiger Arbeiten im Rahmen des vom BMWI geförderten Forschungsprojektes „Innovation in der Systemführung bis 2030 (InnoSys 2030)“



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Katharina Kollenda, André Hoffrichter, Maximilian Schneider, Alexander Schrief, Albert Moser

RWTH Aachen University
Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Digitalisierung und Energiewirtschaft (IAEW)

Tel: +49 (0) 241 80-97883
E-Mail: k.kollenda@iaew.rwth-aachen.de

<http://www.iaew.rwth-aachen.de>

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Dieser Beitrag wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) innerhalb des Forschungsprojektes "Innovationen in der Systemführung bis 2030 (InnoSys2030)" gefördert (FKZ: 0350036).