

EINFLUSS DES UNIT-COMMITMENTS IM REDISPATCH

Jonas EICKMANN¹, Jens PRIEBE¹, Albert MOSER¹

Hintergrund

Anzahl und Umfang von Redispatchmaßnahmen, die im Jahr 2015 zur Entlastung des deutschen und polnischen Übertragungsnetzes erforderlich waren, zeigen deutlich auf, dass das Übertragungsnetz der Einspeisung aus Erneuerbaren Energien nicht mehr vollständig gewachsen ist. Stattdessen müssen insbesondere in Zeiten mit hoher Einspeisung aus Windenergieanlagen umfängliche Eingriffe in den konventionellen Kraftwerkseinsatz durchgeführt werden. Bei diesen Eingriffen werden zunehmend auch die Abschaltung sowie die Anfahrt von Kraftwerksblöcken erforderlich.

Für die Simulation der Redispatchmaßnahmen in zukünftigen Szenarien des Elektrizitätsversorgungssystems, die bisher Rechenzeit entweder nur linear oder ohne Berücksichtigung der Unit-Commitments durchgeführt wird, bedeutet dies, dass eine Erweiterung der bestehenden Simulationsverfahren erforderlich ist.

Ziel dieses Beitrags ist daher die Vorstellung eines Verfahrens, welches die zeitkoppelnde Simulation der Engpassbehebung im Übertragungsnetzbetrieb unter Berücksichtigung aller verfügbaren Maßnahmen ermöglicht, und dabei auch ganzzahlige Kraftwerkseinschaltentscheidungen berücksichtigt.

Modellbildung

Basis des entwickelten Verfahrens ist eine Modellierung der Engpassbehebung im Übertragungsnetzbetrieb als zeitkoppelndes und gemischt-ganzzahliges Security-Constrained Optimal Power Flow (SCOPF) Problem. Die Modellierung umfasst dabei die Einhaltung von Strom- und Spannungsgrenzen im Normalbetrieb sowie nach Betriebsmittelausfällen. Zur Behebung von Grenzwertverletzungen stehen Topologieschaltmaßnahmen, die Stufung von Phasenschiebertransformatoren und Kompensationselementen, der Einsatz von HGÜ sowie Eingriffe in die Last- und Einspeisesituation zur Verfügung. Die Eingriffe in die Last- und Einspeisesituation umfassen Maßnahmen des Einspeisemanagements und der Lastabschaltung, insbesondere aber auch den Redispatch konventioneller Kraftwerke unter Berücksichtigung von Mindestbetriebs- und Stillstandszeiten, zulässigen Leistungsänderungsgeschwindigkeiten und Startkosten.

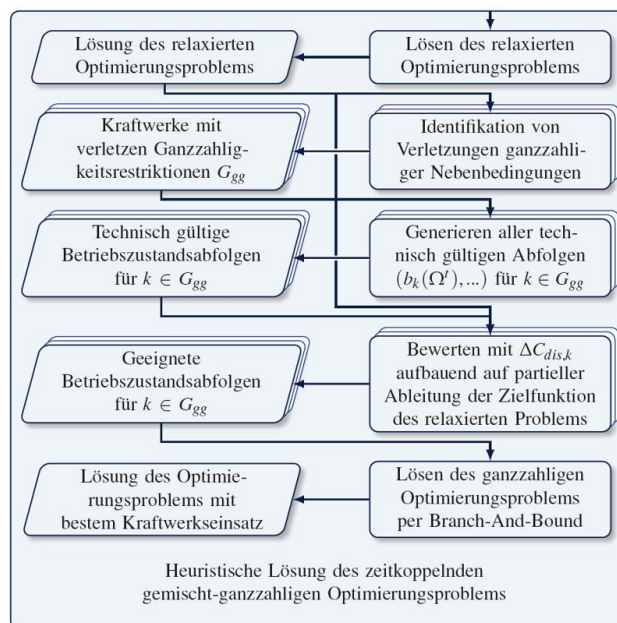


Abbildung 1: Heuristische Lösung des gemischt-ganzzahligen Unit-Commitment Problems.

¹ RWTH Aachen, Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Schinkelstraße 6, 52062 Aachen, Tel.: +49 241 8096711, je@iaew.rwth-aachen.de, www.iaew.rwth-aachen.de

Verfahren

Zur Lösung des beschriebenen SCOPF-Problems für große Übertragungsnetzmodelle, wie sie zur Simulation des deutschen Übertragungsnetzes als Teil des europäischen Synchronverbundes erforderlich sind, wird das modulare ZKNOT-Optimierungsframework eingesetzt. Dieses basiert auf einer sukzessiv linearen Lösung des SCOPF-Problems unter Verwendung von Reduktions-, Approximations- und Prädiktionsmechanismen.

Zur Berücksichtigung ganzzahliger Kraftwerkseinsatzentscheidungen wird das Optimierungsframework um Methoden zur effizienten Berücksichtigung dieser Entscheidungen erweitert. Dazu werden in einem ersten Schritt die Betriebsdiagramme der Synchrongeneratoren derart relaxiert, dass die Anzahl der explizit zu berücksichtigenden Ganzzahligkeitsentscheidungen minimiert wird. Darauf aufbauend wird ein modifizierter Branch-and-Bound-Algorithmus angewendet, der aufbauend auf der Lösung des kontinuierlich relaxierten Optimierungsproblems Kraftwerkseinsatzentscheidungen so trifft, dass auch für große Optimierungsprobleme der Berechnungsaufwand beherrschbar bleibt. Der schematische Aufbau der vorgestellten Verfahrenserweiterung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Exemplarische Untersuchungen

Abschließend werden die Eigenschaften des entwickelten Verfahrens auf Basis eines zukünftigen Szenarios der elektrischen Energieversorgung untersucht. Hierzu wird aufbauend auf dem Szenario B 2024 des deutschen Netzentwicklungsplans 2014 untersucht, welchen Einfluss ganzzahlige Kraftwerkseinschaltentscheidungen auf die Menge an erforderlichem Redispatch und die Zusammensetzung der Redispatchmengen nach Primärenergieträger haben.

In einem ersten Schritt wird dazu der Einfluss der heuristischen Vereinfachungen des entwickelten Lösungsverfahrens untersucht. Dieser ist exemplarisch in Abbildung 2 dargestellt. Es zeigt sich, dass die entwickelten Verfahren zu einer signifikanten Reduktion des Berechnungsaufwandes bei einem geringen Einfluss auf die Lösungsgüte führen.

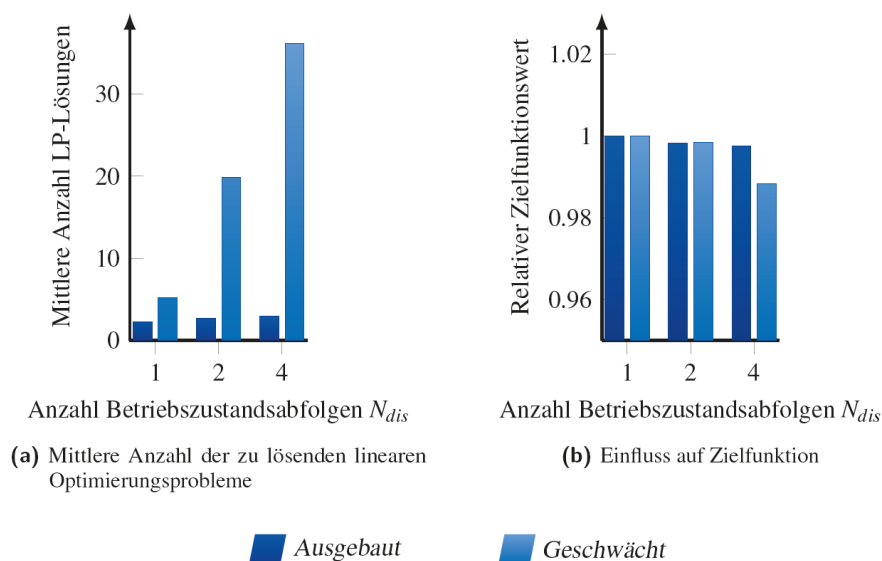


Abbildung 2: Rechenaufwand und Lösungsgüte durch heuristische Lösung des gemischt-ganzzahligen SCOPF-Problems.

Bei weitergehenden Analysen zeigt sich, dass die Berücksichtigung von Kraftwerksabfahrten bei der Simulation von Redispatchmaßnahmen eine große Wechselwirkung mit der Menge an erforderlichen Maßnahmen des Einspeisemanagements hat. Darüber hinaus hat auch die Berücksichtigung zeitkoppelnder Kraftwerkseinsatzrestriktionen einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Redispatchmaßnahmen nach Primärenergieträger, während die gesamte Redispatchmenge weitestgehend unabhängig von der Berücksichtigung zeitkoppelnder Restriktionen ist.