

# VERFAHREN ZUR BERÜCKSICHTIGUNG TOPOLOGISCHER MAßNAHMEN IN REDISPATCSIMULATIONEN

**Andrea EWERSZUMRODE<sup>1\*</sup>, Niklas ERLE<sup>2</sup>, Lukas KALISCH<sup>3</sup>, Simon KRAHL<sup>4</sup>,  
Albert MOSER<sup>5</sup>**

## Einleitung

Im Rahmen der aktuellen energiepolitischen Entwicklungen kommt es zu einer signifikanten Transformation des Energiesektors mit weitreichenden Auswirkungen auf heutige und zukünftige Energiesysteme. Der Ausbau von Erzeugungskapazitäten fern der Lastzentren bewirkt einen verstärkten Transportbedarf. Da der Netzausbau jedoch nur langsam voranschreitet, sind nicht immer ausreichende Transportkapazitäten vorhanden. In diesen Situationen setzen die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) geeignete Gegenmaßnahmen ein, um den zuverlässigen und sicheren Betrieb des Übertragungsnetzes zu gewährleisten. Topologische Maßnahmen bieten eine kostengünstige Möglichkeit Gefährdungen der Netzsicherheit - insbesondere Überlastungen von Betriebsmitteln - zu vermeiden oder zu verringern. [1-2]

Im Betrieb werden topologische Maßnahmen häufig basierend auf der Betriebserfahrung der zuständigen Schaltungingenieure ausgewählt [3]. Eine integrierte Betrachtung aller markt- und netzbezogenen Maßnahmen, basierend auf Netzberechnungs- und Optimierungsverfahren, kann zukünftig den Netzbetrieb unterstützen. Auf diese Weise ermittelte Maßnahmen stellen eine mögliche Entscheidungshilfe für Schaltungingenieure dar. Nachfolgend soll daher ein Verfahren vorgestellt werden, das die Identifikation geeigneter topologischer Maßnahmen anhand von Optimierungsverfahren ermöglicht.

## Methodik

Um eine Auswahl geeigneter topologischer Maßnahmen zu treffen, sind die Auswirkungen der zur Verfügung stehenden Maßnahmen auf die betrachteten kritischen Ausfallsituationen zu bestimmen. Das vorgestellte Verfahren verwendet Sensitivitätsberechnungen zur Approximation der Ausfallsituationen und der topologischen Maßnahmen. Dazu ist zu Beginn des Verfahrens eine Lastflussberechnung durchzuführen. Die verwendeten Sensitivitäten werden von der Jacobi-Matrix der initialen Lastflussberechnung abgeleitet. Für die Topologieoptimierung werden Ausfälle durch Line Outage Distribution Factors (LODFs) modelliert. Das Entkuppeln und Kuppeln von Sammelschienen als mögliche topologische Maßnahmen wird über LODFs und über Line Closure Distribution Factors (LCDFs) abgebildet [4]. Die Auswirkung sowohl des Fehlers als auch der Schalthandlung wird im Rahmen des Verfahrens superponiert. [5]

Basierend auf den LODF und LCDF und den Leistungsflüssen aus der initialen Lastflussberechnung wird mittels linearer Optimierung ein optimiertes Set topologischer Maßnahmen ermittelt. Ziel der Optimierung ist die gesamte Engpassleistung zu minimieren. Zur integrierten Betrachtung von topologischen Maßnahmen und Redispatchmaßnahmen wurde die Topologieoptimierung in ein Verfahren zur Redispatchsimulation integriert, wie in Abbildung 1 dargestellt. Im Rahmen der Redispatchsimulation erfolgt ein Security Constrained Optimal Power Flow (SCOPF), aus dem geeignete Redispatchmaßnahmen und optimierte Trafostufen hervorgehen. Die Topologieoptimierung erfolgt entkoppelt vom SCOPF. Durch die entkoppelte Betrachtung von Redispatch und topologischen Maßnahmen soll eine schnellere Lösbarkeit ermöglicht werden. Weiterhin erfolgt die Optimierung von Redispatch und topologischen Maßnahmen iterativ. So können Maßnahmen aus vorangegangenen

---

<sup>1</sup> Andrea Ewerszumrode, FGH GmbH, andrea.ewerszumrode@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

<sup>2</sup> Niklas Erle, FGH e.V., niklas.erle@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

<sup>3</sup> Lukas Kalisch, FGH e.V., lukas.kalisch@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

<sup>4</sup> Dr. Simon Krahl, FGH e.V., simon.krahl@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

<sup>5</sup> Prof. Albert Moser, RWTH Aachen, info@iaew.rwth-aachen.de, <https://www.iaew.rwth-aachen.de>

Iterationen bereits mitbetrachtet werden. Gegebenenfalls können so abhängig von der resultierenden Lastflusssituation Maßnahmen zurückgenommen und durch geeignetere Maßnahmen ersetzt werden.

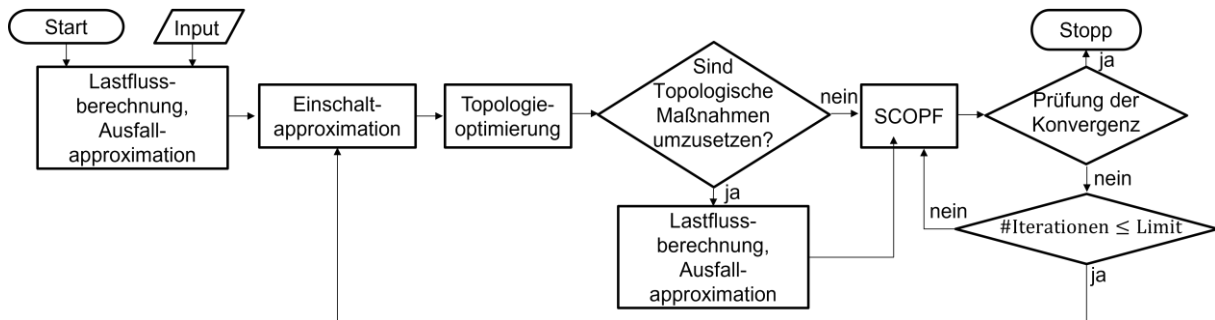


Abbildung 2: Schematischer Verfahrensaufbau.

## Ergebnisse

Die Validierung des Verfahrens erfolgte durch exemplarische Untersuchungen anhand eines europäischen Netzdatensatzes. Bei den betrachteten Maßnahmen handelt es sich um Zustandsänderungen von Sammelschienenkupplungen in ausgewählten Schaltanlagen. Zur Simulation erfolgt eine Limitierung auf maximal fünf durchzuführende topologische Maßnahmen. Weiterhin wird die Topologieoptimierung auf zwei Iterationen begrenzt, um zyklisches Schalten zu verhindern.

Mit dem zuvor beschriebenen Verfahren lässt sich in einem der betrachteten Szenarien durch topologische Maßnahmen eine Reduktion der ermittelten Redispatchmenge von rund 29% im Vergleich zum Ergebnis ohne Topologieoptimierung erzielen. Durch eine erste Iteration der Topologieoptimierung wurde in diesem Szenario bereits eine Reduktion der aggregierten Engpassleistung um rund 18% erzielt. Die Verteilung des Redispatch für das betrachtete Szenario mit und ohne Topologieoptimierung ist in Abbildung 2 dargestellt.

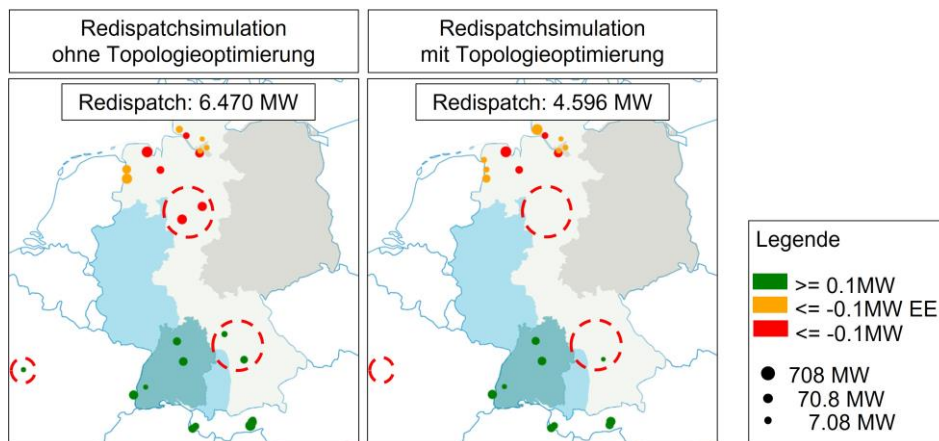


Abbildung 2: Vergleich der Simulationsergebnisse mit und ohne Topologieoptimierung

## Referenzen

- [1] L. Hirth, I. Schlecht, C. Maurer und B. Tersteegen, "Kosten- oder Marktbasiert? Zukünftige Redispatch-Beschaffung in Deutschland", Consentec, Neon, 2019.
- [2] F. Kaptue Kamga, "Regelzonenübergreifendes Netzengpassmanagement mit optimalen Topologiemassnahmen", Fachbereich Elektrotechnik, Informationstechnik, Medientechnik, Bergische Universität Wuppertal, 2009.
- [3] Instituts für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW), Forschungsgesellschaft Energie, "Jahresbericht 2016", Aachen, Aachener Beiträge zur Energieversorgung, 2016.
- [4] H. Zhu, "ECE 530 – Analysis Techniques for Large-Scale Electrical Systems: Lecture 17: Distribution Factors and Applications", 2015.
- [5] Y. Salami, "Multiple Contingency Analysis of Power Systems", Memorial University of Newfoundland, St. John's Newfoundland and Labrador, Canada, 2017.