

BEWERTUNG DES RISIKOS VON ÜBERLASTUNGEN IM ÜBERTRAGUNGSNETZ UNTER VERWENDUNG DES PROBABILISTISCHEN LEISTUNGSFLUSSES

Annika KLETTKE¹, Veronika BOSCH¹, Albert MOSER¹

Motivation

Die zunehmende Auslastung des Übertragungsnetzes führt zu einem grenzwertnäheren Betrieb des Übertragungsnetzes. Aufgrund der damit einhergehenden geringeren Sicherheitsmarge im Netzbetrieb steigt der Bedarf an Maßnahmen zur Gewährleistung der Netzsicherheit. Das derzeitige Verfahren zur Bewertung der Netzsicherheit und damit auch zur Planung sowie Bewertung vorzuhaltender Maßnahmen berücksichtigt jedoch keine Unsicherheiten der Last-/Einspeisesituation, sodass keine Aussage über das Risiko von Störungsausweitungen getroffen werden kann. Darüber hinaus müssen relevante Ausfallsituationen identifiziert werden, um somit beispielsweise auch kaskadierende Ausfälle berücksichtigen zu können. Aus diesem Grund ist das Ziel dieses Beitrags die Entwicklung eines Modells zur Abbildung kaskadierender Störungsausweitungen, in dem insbesondere Unsicherheiten der Last-/Einspeisesituation im Netzbetrieb berücksichtigt werden. Dabei soll die Möglichkeit geschaffen werden, kritische Netzbetriebsmittel zu identifizieren, um diese in eine kaskadierende Ausfallsimulation zu integrieren.

Methodische Vorgehensweise

Für die Entwicklung eines Modells zur Abbildung kaskadierender Störungsausweitungen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten sowohl in der Last-/Einspeisesituation als auch in der Netztopologie muss ein geeignetes Bewertungsverfahren zum Einsatz kommen.

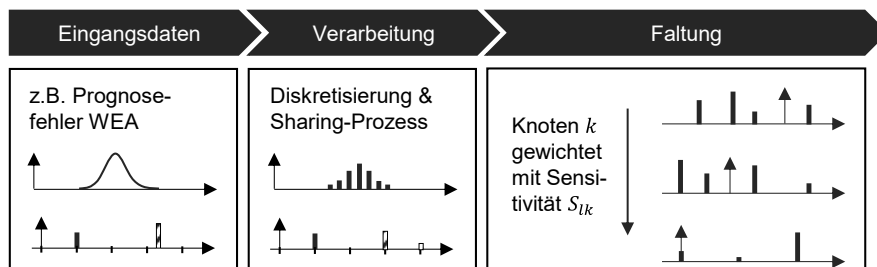


Abbildung 1: Überblick über die methodische Vorgehensweise des Faltungsprozesses

Aufgrund der Komplexität des Anwendungsfalls wird hier entgegen typischer Vorgehensweisen für probabilistische Verfahren, wie der Monte-Carlo-Simulation, die Faltung als analytische Vorgehensweise verwendet. [1] Die Voraussetzungen bei der Faltung sind das Vorliegen der zu faltenden Variablen in diskreter Form sowie die stochastische Unabhängigkeit dieser. Aus diesem Grund müssen kontinuierlich angenommenen Eingangsvariablen, wie in Abbildung 1 dargestellt, diskretisiert werden. Die Forderung nach der stochastischen Abhängigkeit ist zunächst nicht erfüllt, da beispielsweise zwischen Prognosefehlern der Einspeisung aus Windenergieanlagen räumliche Korrelationen vorliegen. Daher werden stochastisch abhängige Dichtefunktionen in einen total korrelierenden und einen stochastisch unabhängigen Anteil aufgetrennt [2], sodass die Forderung nach stochastischer Unabhängigkeit erfüllt ist. Im Anschluss an diese Anpassungen werden die Dichtefunktionen der Netzknoten miteinander gefaltet, um so die probabilistischen Leistungsflüsse über die Leitungen zu erhalten. Für den Faltungsprozess wird vorliegend die Fast-Fourier-Transformation verwendet, welche zu einer starken Verringerung der Rechenzeit gegenüber herkömmlichen Transformationsverfahren wie der Laplace-Transformation führt. [3] Hierbei ist eine spaltenweise Multiplikation der in Intervalle aufgeteilten Eingangsgrößen möglich. Die notwendige Zuteilung der Eingangsdaten zu den Intervallpunkten für die Faltung erfolgt mithilfe des Sharing-Prozesses, der ebenfalls in Abbildung 1 dargestellt ist.

¹ RWTH Aachen, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Schinkelstraße 6, 52062 Aachen, Tel.: +49 241 80-96713, Fax: +49 241 80-92197, ak@iaew.rwth-aachen.de, www.iaew.rwth-aachen.de

Ergebnisse

Bei dem untersuchten Netz handelt es sich um das 300 Bus IEEE-Testnetz. Dabei kann gezeigt werden, dass die Vorgehensweise geeignet ist, um große Netze in geringer Rechenzeit zu simulieren. Darüber hinaus kann grundsätzlich auch gezeigt werden, dass der Erwartungswert der probabilistischen Leitungsauslastung dem prognostizierten Wert aus der deterministischen Berechnung des Leistungsflusses entspricht.

In Abbildung 2 ist exemplarisch für eine Leitung des Testnetzes die Leitungsauslastung zum einen als Dichtefunktion und zum anderen als kumulierte Verteilungsfunktion dargestellt. Die Abszisse stellt dabei in beiden Fällen den jeweiligen Leistungsfluss über die Leitung dar. Durch die gestrichelten Linien sind die Ergebnisse aus der deterministischen Berechnung des Leistungsflusses dargestellt.

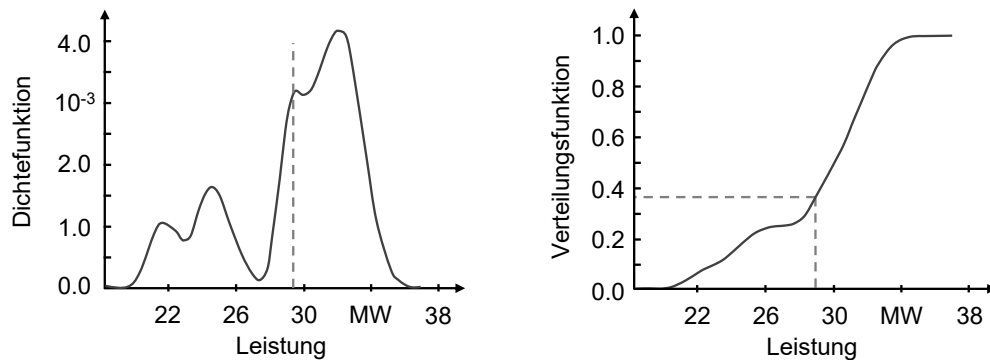


Abbildung 2: Exemplarische Ergebnisse der Auslastung für eine Leitung des Testnetzes

Anhand der Dichtefunktion für diese Leitung wird deutlich, dass höhere Auslastungen der Leitung mit einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit vorliegen als der sich aus der deterministischen Berechnung ergebende Leistungsfluss. Darüber hinaus ist anhand der Verteilungsfunktion zu erkennen, dass bei Verwendung der deterministischen Leistungsflussberechnung lediglich 38 % der möglichen Auslastung der Leitung abgebildet wird. Mithin besteht die Möglichkeit von signifikanten Unterschätzungen der Leitungsauslastung bei Verwendung des deterministischen Leistungsflusses.

Darüber hinaus kann in weiteren Untersuchungen gezeigt werden, dass sich das verwendete Verfahren eignet, um stochastische Abhängigkeiten bei der probabilistischen Leistungsflussberechnung abbilden zu können.

Im weiteren Vorgehen können anhand dieser Methodik beispielsweise über die Bildung von Quantilen für die jeweiligen Leitungsauslastungen kritische Leitungen identifiziert und mögliche Folgeausfälle bestimmt werden.

Literatur

- [1] Allan, R. N.; Grigg, C. H.; Newey, D. A. et al.: Probabilistic power-flow techniques extended and applied to operational decision making. Proceedings of the Institution of Electrical Engineers 123 (1976), Nr. 12, S. 1317.
- [2] Allan, R. N.; Al-Shakarchi, M.: Linear dependence between nodal powers in probabilistic a.c. load flow. Proceedings of the Institution of Electrical Engineers 124 (1977), Nr. 6, S. 529.
- [3] Wollnack, J.: Fourier- und Laplace-Transformation. 2001.