

EINFLUSS DER MODELLIERUNGSGENAUIGKEIT DES HÖCHSTSPANNUNGSNETZES AUF DIE SIMULATION VON HOCHSPANNUNGSNETZEN

Patrick LARSCHIED¹, Annika KLETTKE¹, Tobias VAN LEEUWEN¹,
Steffen MEINECKE², Albert MOSER¹

Motivation

Der politisch forcierte Zubau von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien führt zu einer veränderten Netznutzung innerhalb des Elektrizitätsversorgungssystems. Da dieser Zubau insbesondere in den Mittel- und Niederspannungsnetzen stattfindet, tritt verstärkt eine Umkehr des Leistungsflusses von vor- zu nachgelagerten Spannungsebenen auf. Aus diesem Grund tragen Verteilnetzbetreiber zukünftig aktiver zu der Versorgungssicherheit und -qualität bei. Hierfür sind neue Berechnungsmethoden für die Simulation des Netzbetriebs sowie der Netzplanung zu entwickeln. Ziel des Projektes SimBench [1] ist die Entwicklung eines Benchmarks in Form von Netzmodellen und zugehörigen Zeitreihen, der einen Vergleich der Eignung dieser Methoden ermöglicht.

Neben dem Einfluss nachgelagerter Spannungsebenen beeinflusst auch das Höchstspannungsnetz die Spannungen und Leistungsflüsse im Hochspannungsnetz. Zu diesen Einflüssen zählen unter anderem Transitflüsse, die zwischen zwei Netzkuppeltransformatoren der Hoch- und Höchstspannungsebene über das Hochspannungsnetz fließen. Für eine Netzbetriebssimulation in der Hochspannungsebene sind daher entsprechende Modelle zur Abbildung des Verhaltens der Höchstspannungsebene erforderlich. Ziel dieses Beitrags ist daher die Untersuchung der Eignung verschiedener Modellierungsansätze zur adäquaten Abbildung des Einflusses der Höchstspannungsebene auf die Hochspannungsebene.

Methodische Vorgehensweise

Um den Einfluss der Modellierungsgenauigkeit der Abbildung der Höchstspannungsebene auf Netzbetriebssimulationen in der Hochspannungsebene zu untersuchen, wird in diesem Beitrag ein im Rahmen des Projekts SimBench erstelltes Modellnetz der Hochspannungsebene verwendet. Dieses Modellnetz basiert auf öffentlich verfügbaren, georeferenzierten Daten aus OpenStreetMap. Die Vorgehensweise zur Generierung des Netzes kann [1] entnommen werden. Ausgehend von diesem Modellnetz werden im Folgenden unterschiedliche Konzepte zur Abbildung des Höchstspannungsnetzes vorgestellt, die sich in ihrer Modellierungsgenauigkeit und somit auch in ihrer Komplexität unterscheiden.

Zur realitätsnahen Abbildung der Leistungsflüsse im betrachteten Hochspannungsnetz wird zunächst ein spannungsebenenübergreifendes Netzmodell mit vollständiger Abbildung des Höchstspannungsnetzes gewählt. Dieses beinhaltet neben der Netztopologie und den Netzbetriebsmittelparametern die Zuordnung von Erzeugungsanlagen und Verbrauchern zu Höchstspannungsnetzknotten sowie stundenscharfe Informationen über die Last-/Einspeisesituation. Ausgehend von den Ergebnissen des vollständigen Netzmodells wird untersucht, inwieweit vereinfachte Modellierungsansätze des Höchstspannungsnetzes zur hinreichenden Abbildung der relevanten Einflüsse ausreichend sind und inwieweit eine Einbeziehung von Informationen hinsichtlich der Kenntnis insbesondere der Last-/Einspeisesituation des Höchstspannungsnetzes erforderlich sind. Die unterschiedlichen Modelle zur vereinfachten Abbildung des Höchstspannungsnetzes werden anhand des Überblicks in Abbildung 1 vorgestellt. In allen Darstellungen der Abbildung ist zunächst schematisch anhand von vier Knoten das Hochspannungsnetz sowie zwei netzkoppelnde Transformatoren zur Höchstspannungsebene dargestellt. In Abhängigkeit der Modellierungsgenauigkeit nimmt auch die Komplexität des jeweiligen Modells zu.

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

² Universität Kassel, Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze, Wilhelmshöher Allee 71-73, 34121 Kassel, Tel.: +49 561 8046084, steffen.meinecke@uni-kassel.de, www.uni-kassel.de/eecs/en/fachgebiete/e2n

Modell „Verteilter Slack“

In dem Modell „Verteilter Slack“ (a) wird das Höchstspannungsnetz über nicht miteinander verbundene Generatoren an jedem der HöS-/HS-Transformatoren abgebildet. Der Einfluss der Last/Einspeisesituation und der Netztopologie des Höchstspannungsnetzes auf die Leistungsflüsse im Hochspannungsnetz werden somit im Rahmen der Netzbetriebssimulation des Hochspannungsnetzes vernachlässigt.

Modell „Impedanzlos“

In diesem Modell wird die Höchstspannungsebene vereinfacht über eine „Kupferplatte“ abgebildet. Die zuvor nicht miteinander verbundenen Generatoren der Höchstspannungsebene werden somit über impedanzlose Leitungen verbunden (b). Wie in Fall (a) ist hier keine Kenntnis über die Last/Einspeisesituation sowie die Netztopologie des Höchstspannungsnetzes notwendig.

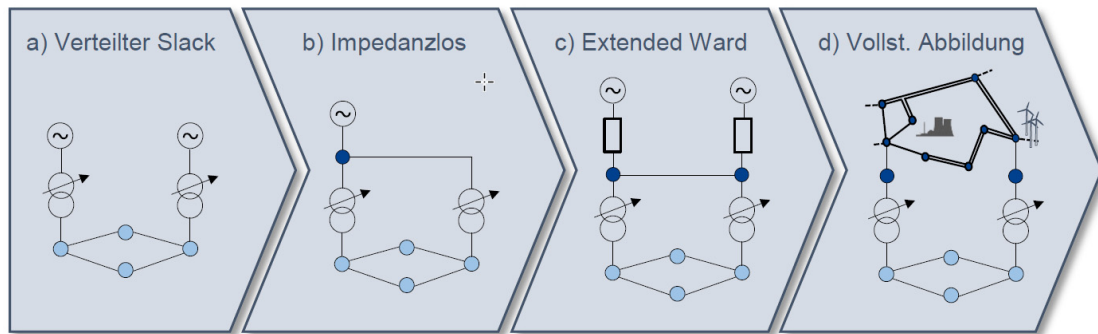


Abbildung 1: Übersicht zu Konzepten der Abbildung des Übertragungsnetzes

Modell „Extended-Ward“

Während Modell (a) und (b) jeweils die Einflüsse des Höchstspannungsnetzes nur stark vereinfacht abbilden können, bieten Netzwerkreduktionsverfahren wie das Extended-Ward-Verfahren (d) unter Verwendung des Gauß'schen Eliminationsverfahrens sowie der Einführung fiktiver, spannungsgeregelter Ersatzgeneratoren eine sehr genaue Abbildung des Höchstspannungsnetzes für stationäre Zeitpunktbetrachtungen [3]. Zur Berechnung des Modells ist die Kenntnis der Topologie sowie der Last/Einspeisesituation innerhalb des Übertragungsnetzes erforderlich.

Ergebnisse

Für die Untersuchungen wird ein vorwiegend ländliches Hochspannungsnetz mit 79 Knoten verwendet, welches über drei Umspannstationen mit der Höchstspannungsebene verbunden ist. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen für die unterschiedlichen Modellierungsansätze zur Abbildung des Höchstspannungsnetzes ihren Einfluss auf Netzbetriebssimulationen des Hochspannungsnetzes. Dabei wird sich insbesondere auf die Betriebsmittelauslastung im Grundlastfall sowie in (n-1)-Situationen bezogen. Abschließend kann anhand der Untersuchungsergebnisse die Frage beantwortet werden, wie detailliert das Übertragungsnetz abzubilden ist, um insbesondere auch unterschiedliche, im Rahmen des Projektes SimBench definierte Anwendungsfälle, abzudecken und zukünftig relevante Fragestellungen beantworten zu können.

Literatur

- [1] Projekt SimBench [Online]: <https://www.simbench.net>.
- [2] Klettke, A., van Leeuwen, T., Moser, A., Generierung von Benchmark-Modellnetzen in der Hochspannungsebene auf Basis öffentlich verfügbarer Daten, IEWT 2017, Wien, 2017.
- [3] Wu, F.F., Monticelli, A., Critical Review of External Network Modelling for Online Security Analysis. Berkeley: Butterworth & Co., 1983.