

ADAPTIVES NETZÄQUIVALENT MIT KÜNSTLICHEN NEURONALEN NETZEN

Zheng LIU¹, Sebastian WENDE-VON BERG², Gourab BANERJEE¹, Nils BORNHORST¹, Tobias KERBER³, Andrea MAURUS⁴, Martin BRAUN^{1,2}

Inhalt

Im Rahmen des Projekts RPC2⁵ wird eine netzebenen- und netzbetreiberübergreifende Betriebsführung vom Fachgebiet Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze der Universität Kassel und dem Fraunhofer IEE mit den Verteilnetzbetreibern (VNBs) LEW Verteilnetz GmbH (LVN) und AllgäuNetz (AN) entwickelt und angewendet. Ziel ist es, das gemeinsame Blindleistungsmanagement der beiden VNBs zu optimieren, wobei Informationen über das jeweilige Nachbarnetz ausgetauscht werden müssen. Dazu ist es erforderlich, Netzäquivalente mit Hilfe einer Netzreduktionsrechnung zu ermitteln um den Datenaustausch möglichst gering zu halten und Netzdaten zu anonymisieren. Konventionale Netzäquivalentmethoden sind bspw. das Ward-Äquivalent und das REI-Äquivalent (REI: radial, equivalent, independent). Die Genauigkeit dieser Ansätze ist jedoch begrenzt bei Netztopologieänderung und signifikanter Netzzustandsänderung [1], falls keine erneute Netzreduktionsrechnung durchgeführt werden kann. Aufbauend auf dem Ansatz von künstlichen neuronalen Netzen (KNN) für eine Zustandsschätzung [2] wird in dieser Veröffentlichung eine innovative Netzäquivalentmethode basierend auf KNN (KNN-Äquivalent) vorgeschlagen. Die Genauigkeiten der verschiedenen Arten von Netzäquivalenten werden bewertet anhand der Fähigkeit, die originalen Spannungen während der Simulation mit Leistungs- und Netztopologieänderung abzubilden.

Methodik

Die Wechselwirkung zwischen den verbundenen Netzen spiegelt sich im sich ändernden Stromaustausch an den Übergabestellen wider, der im Wesentlichen durch den sich ständig ändernden Netzzustand, z.B. aufgrund von den Last- und Generatorprofilen sowie durch die Netztopologieänderungen

verursacht wird. Die physikalische Beziehung zwischen dem Stromaustausch an den Übergabestellen und dem Netzzustand entspricht der Lastflussberechnung. Diese Beziehung wird in diesem Beitrag mit Hilfe von KNN ohne

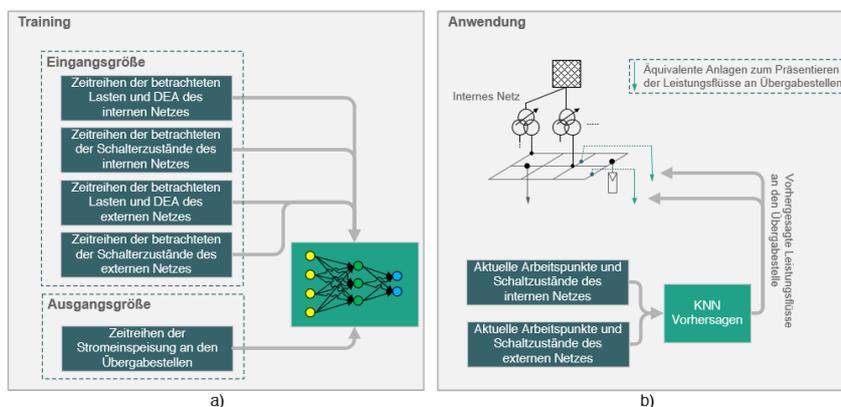


Abbildung 1: Konzept des KNN-basierten Netzäquivalents

¹ Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze/Universität Kassel, Wilhelmshöher Allee 71-73, 34121 Kassel, Deutschland, +49 561 8046409 zheng.liu@uni-kassel.de, nils.bornhorst@uni-kassel.de, gourab.banerjee@uni-kassel.de, martin.braun@uni-kassel.de, <http://www.uni-kassel.de>
² Netzplanung und Netzbetrieb/Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, Königstor 59, 34119 Kassel, Deutschland+49 561 7294298, sebastian.wende-von.berg@iee.fraunhofer.de, martin.braun@iee.fraunhofer.de, <https://www.iee.fraunhofer.de>
³ Assetmanagement HS/MS/LEW Verteilnetz GmbH, Schälzlerstraße 3, 86150 Augsburg, Deutschland, +49 821 3281342, tobias.kerber@lew-verteilnetz.de, www.lew-verteilnetz.de
⁴ Netzplanung/AllgäuNetz GmbH & Co. KG, Illerstraße 18, 87435 Kempten, Deutschland, +49 152 21870724, Andrea.Maurus@allgaeunetz.com, <https://www.allgaeunetz.com/>
⁵ Forschungsprojekt RPC2 (Reactive Power Control 2, FKZ:0350003A) ist gefördert durch Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

detaillierte Kenntnisse des Stromnetzes modelliert. Auf Basis von vorhandenen Zeitreihen lernt das KNN die Lastflussberechnung und bildet daraufhin den Einfluss des Nachbarnetzes auf den Stromaustausch an den Übergabestellen ab, siehe Abb. 1. Statt bei Schalthandlungen eine neue Netzreduktionsrechnung durchführen zu müssen, ist die Schalterstellung eine Eingangsgröße des KNN, so dass bei Schalthandlungen das KNN-basierte Netzäquivalent weder neu berechnet noch neu trainiert werden muss. Dadurch wird die Rechenzeit erheblich reduziert.

Sowohl das vorgeschlagene KNN-Äquivalent als auch das REI-Äquivalent werden in der Open-Source-Software pandapower [3] implementiert und verglichen. Als Testnetze werden die realen Netzmodelle von LVN und AN eingesetzt. Die beiden Netze sind gekoppelt bei zwei Übergabestellen und haben jeweils drei Schalter, die im Lauf der Simulation zur Realisierung der Netztopologieänderung ein- oder ausgeschaltet werden.

Erwartete Ergebnisse

Bisher wurden die Simulationen basierend auf zwei gekoppelten SimBench-Netzen [4] mit vorhandenen Zeitreihen ausgeführt. Abb.2 veranschaulicht die Simulationsergebnisse, bei denen lediglich Leistungsänderungen betrachtet werden. Es ist ersichtlich, dass die max. Spannungsfehler des Äquivalentnetzes zum originalen Netz bei der KNN-Methode fast immer

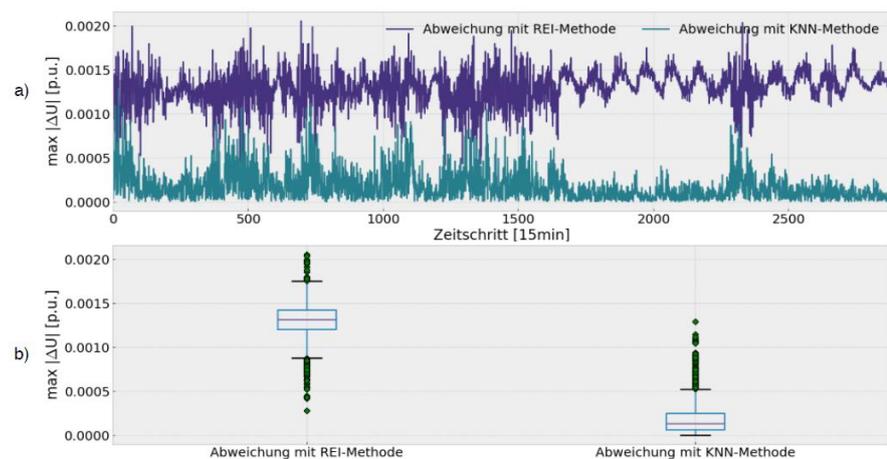


Abbildung 2: a) Abweichung der Spannungsamplitude mit beiden Netzäquivalentmethoden; b) Boxplot-Darstellung zur Abb. 2 a)

kleiner als die Unterschiede bei der REI-Methode sind. Die Vorteile der KNN-Methode wären unter der Berücksichtigung von Netztopologieänderung noch signifikanter.

Zusammenfassung / Ausblick

Gemäß den vorhandenen Ergebnissen werden die Genauigkeit und Praxistauglichkeit des KNN-Äquivalents validiert. Mittels der flexiblen Konfiguration der Eingangsgröße kann der Anwendungsbereich des KNN-Äquivalents noch erweitert werden, z.B. Netzäquivalent mit Berücksichtigung von Spannungsänderung und Netzregelung. Zukünftige wissenschaftliche Arbeiten könnte die Anwendung des KNN-Äquivalents in der Blindleistungsoptimierung zum Gegenstand haben.

Referenzen

- [1] Dy Liacco, T.E., Savulescu, S.C., Ramarao, K.A.: An on-line topological equivalent of a power system. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems PAS-97(5), 1550–1563 (1978). DOI 10.1109/TPAS.1978.354647
- [2] Menke J H, Bornhorst N, Braun M. Distribution system monitoring for smart power grids with distributed generation using artificial neural networks [J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2019, 113: 472-480.
- [3] Thurner, L., Scheidler, A., Schäfer, F., Menke, J., Dollichon, J., Meier, F., Meinecke, S., Braun, M.: pandapower - an open-source python tool for convenient modeling, analysis, and optimization of electric power systems. IEEE Transactions on Power Systems 33(6), 6510–6521 (2018). DOI 10.1109/TPWRS.2018.2829021
- [4] SimBench, 2018, "Simulation data base for a consistent comparison of innovative solutions in the field of grid analysis, planning and operation management." URL: www.simbench.net (07.01.2018)