

# METHODIK ZUR ERSTELLUNG REDUZIERTER, ELEKTRISCHER NETZE FÜR ZEITREIHENBETRACHTUNGEN MIT HOHEN ABBILDUNGSGENAUIGKEITEN

Anna TRAUPMANN<sup>1</sup>, Thomas KIENBERGER<sup>(1)</sup>

## Motivation und zentrale Fragestellung

Um auch in Österreich das globale Ziel eines dekarbonisierten Energiesektors zu erreichen, muss die Nutzung langfristig verfügbarer, erneuerbarer Energien weiter ausgebaut werden. Aufgrund der wetter- und jahreszeitbedingt fluktuierenden Einspeisungen erneuerbarer Energien werden die heutigen Netzstrukturen, vor allem elektrische Netze, stark belastet, was die Netzstabilität beeinträchtigt. Daher, kommt es zunehmend zur Abregelung oder sogar Abschaltung erneuerbarer Energiequellen, um das Gleichgewicht zwischen erzeugter und verbrauchter Energie sowie die Versorgungssicherheit aufrechtzuerhalten. Um dennoch einen weiteren Ausbau erneuerbarer Energien voranzutreiben, müssen Flexibilisierungsmaßnahmen in der Energieversorgungs- sowie Verbraucherstruktur implementiert werden. Auf Seiten der Energienetze wird der Ansatz hybrider, energieträgerübergreifender Netze verfolgt, welche die derzeit noch unabhängig voneinander betriebenen Energieträgernetze über Koppelungstechnologien verbinden. In Hybridnetzen ist es möglich, erneuerbar erzeugten Strom, welcher zu einem bestimmten Zeitpunkt im elektrischen Netz nicht verbraucht werden kann, über intersektorische Lastverschiebungen in anderen Energieträgernetzen zu nutzen oder zu speichern. Um herauszufinden welchen Beitrag hybride Netze zur Erreichung des Ziels der Dekarbonisierung leisten können, müssen Szenarien über lange Zeiträume mit genauen Modellen für die einzelnen Energieträgernetze berechnet werden. [1] [2]

Daher soll im Rahmen dieser Arbeit eine Methode vorgestellt werden, welche unter Anwendung des zellularen Ansatzes die Erstellung eines solchen Netzmodells für den Energieträger Strom ermöglicht. Mit diesem Modell können schnelle, aber gleichzeitig exakte Berechnungen über lange Zeiträume mit hoher zeitlicher und örtlicher Auflösung der Erzeuger-, Verbraucher- und Speicherstrukturen (Verwendung von Zeitreihen z.B. mit 15-Minuten-Werten) durchgeführt werden. Dieses Stromnetzmodell kann dann im hybriden Gesamtansatz eingesetzt werden.

## Methodische Vorgehensweise

Der zelluläre Ansatz bietet eine möglichst generische und modulare Betrachtung von Netzstrukturen mit örtlicher Auflösung des energieträgerübergreifenden Energieausgleichs. Das Netz wird dabei nach geografischen Gesichtspunkten in Energiezellen eingeteilt, welche die niedrigste Systemebene darstellen, auf der je nach Netzsituation ein möglichst effizienter Energieausgleich erfolgen kann. Um schnelle Netzberechnungen zu ermöglichen, muss die Systemkomplexität und -größe des Originalnetzes verringert werden, weshalb alle Netzknoten innerhalb einer Energiezelle in einen fiktiven Netzknoten aggregiert und die Leistungen der in diesen Netzknoten vorhandenen Betriebsmittel aufsummiert werden. Übrig bleiben im reduzierten Netz die fiktiven Zellenknoten mit aggregierten Betriebsmitteln sowie die Verbindungsleitungen zwischen den Zellen. [3] [4] [5] Die Herausforderung für die Modellierung der elektrischen Netze bei der Anwendung des zellularen Ansatzes ist, dass aufgrund des Aggregationsschrittes die ursprüngliche Netzstruktur verändert wird. Da dabei Informationen über das Gesamtnetz verloren gehen, müssen diese über entsprechende Kompensationsmethoden ausgeglichen werden. Diese Abweichungen zwischen dem realen, nicht reduzierten Netz und dem reduzierten Zellenmodell sind auf die vernachlässigten Leitungen innerhalb der Zellen zurückzuführen, welche bei der Aggregation aus dem Netz „entfernt“ werden. Bei den Abweichungen handelt es sich daher um die Summe der (belastungsabhängigen) Verlustleistungen, welche in den vernachlässigten Leitungen der jeweiligen Zelle entstehen. Diese Verlustleistungen beeinflussen die Lastflüsse zwischen den Zellen, die Gesamtnetzverluste sowie die Leistung im Slack-Knoten.

---

<sup>1</sup> Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, Tel.: +43 3842 402 5414, E-Mail: anna.traupmann@unileoben.ac.at, Web: www.evt-unileoben.at

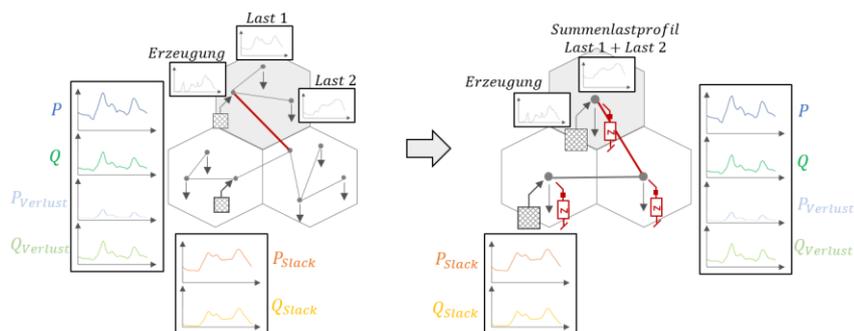


Abbildung 1: Beispielhafte Schritte bei der Anwendung des zellularen Ansatzes für Zeitreihenberechnungen

Nachdem jede Leitung über ihre  $\pi$ -Ersatzschaltung hinsichtlich Leitermaterial, Isolierung sowie elektromagnetischem Feldaufbau und damit Wirk- und Blindleistungsverlusten vollständig charakterisiert werden kann, erfolgt die Kompensation über die Parameter dieser  $\pi$ -Ersatzschaltung. Die Summe aller Leitungswiderstände  $R$ , aller Leitungsinduktivitäten  $L$  und aller Leitungskapazitäten  $C$  parametrieren das Kompensationselement jeder Zelle. Daher stellt dieses Kompensationselement für jede Zelle einen mit der Last veränderbaren, komplexen Widerstand dar. Aufgrund der Veränderbarkeit dieser komplexen Widerstände wird genau die Summe der (belastungsabhängigen) Verlustleistungen der Leitungen nachgebildet, sodass auch für Zeitreihenberechnungen in jedem Zeitschritt ein an den Lastzustand angepasstes Modell entsteht.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Anhand eines Beispielnetzes auf der Mittelspannungsebene wird gezeigt, mit welcher Genauigkeit das reduzierte Zellenmodell das reale Mittelspannungsnetz nachbilden kann. Jeder Verbraucher bzw. Erzeuger an einem Netzknoten in diesem Mittelspannungsnetz entspricht einem untergelagerten Niederspannungsnetz und/oder einer direkt angeschlossenen Verbraucher- bzw. Erzeugereinheit. Die Summen der hinterlegten Standardlast- bzw. Standarderzeugungsprofile des jeweiligen Niederspannungsnetzes stellen die Verbraucher- und Erzeugereinheiten im Mittelspannungsnetz dar. Mit Hilfe eines MATLAB®-Berechnungsprogrammes wird eine AC-Lastflussrechnung für das reale, nicht reduzierte Netz durchgeführt, in der die zugehörigen Lastflüsse, Gesamtnetzverluste sowie Slack-Leistungen bestimmt werden. Danach erfolgt die Aggregation der zuvor eingeteilten Zellen, sowie der Ausgleich der vernachlässigten Leitungen mittels Serien-RLC-Moduls, welches in den fiktiven Netzknoten im Zellenmittelpunkt angebracht wird. Anschließend wird eine AC-Lastflussrechnung für das reduzierte Netz durchgeführt, sodass die Abweichungen zwischen reduziertem und nicht reduziertem Netzmodell berechnet werden können. Durch Auswertung dieser Abweichungen in Diagrammen soll gezeigt werden, dass sich die Abweichungen in einem vernachlässigbaren Bereich befinden und die reduzierten Zellenmodelle das reale Netz vollständig nachbilden können. Zusätzlich soll die Zeitersparnis bei der Verwendung reduzierter Zellennetze betrachtet werden, sodass Aussagen darüber getroffen werden, wann Nutzen und Aufwand für die Anwendung der Reduktion gegeneinander abzuwägen sind.

## Referenzen

- [1] Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt (e-think), „Energie in Zahlen 2018 – Entwicklung in Österreich Datenbasis 2017“, Dezember 2018.
- [2] Hinterberger, R., „Hybridnetze und Synergiepotentiale mit kommunalen Infrastrukturen“, Visions- und Strategiepapier, BMVIT, NACHHALTIGWIRTSCHAFTEN, September 2014.
- [3] Böckl, B.; Greiml, M.; Leitner, L.; Pichler, P.; Kriechbaum, L.; Kienberger, T., „HyFlow – A Hybrid Load Flow-Modelling Framework to Evaluate the Effects of Energy Storage and Sector Coupling on the Electrical Load Flows“, energies, MDPI, Februar 2019
- [4] Böckl, B.; Kriechbaum, L.; Kienberger, T., „Analysemethode für kommunale Energiesysteme unter Anwendung des zellularen Ansatzes“, 14. Symposium Energieinnovation (EnInnov 2016).
- [5] Vopava, J.; Böckl, B.; Kriechbaum, L.; Kienberger, T., „Anwendung zellulärer Ansätze bei der Gestaltung zukünftiger Energieverbundsysteme“, e&i Elektrotechnik und Informationstechnik 134, vol.3, pp. 229-237, 2017.