

NETZWERKREDUKTIONSVERFAHREN ZUR BESCHLEUNIGUNG WEITRÄUMIGER ENERGIESYSTEMOPTIMIERUNGSMODELLEN

Claire LAMBRIEX^{*1}, Albert MOSER¹

Motivation

Energiesystemoptimierungsmodelle sind etablierte Instrumente zur Entscheidungsunterstützung sowohl in der Energiewirtschaft als auch in der Energiepolitik. Die Komplexität von Energiesystemen nimmt unter anderem durch die zunehmende Deregulierung, Dezentralisierung und Sektorkopplung immer weiter zu. Zudem führt die beabsichtigte Schaffung eines gemeinsamen europäischen Energiemarktes dazu, dass der zu betrachtende räumliche Bereich zur Beantwortung zukünftiger Forschungsfragen im Bereich der Energiesystemanalyse immer größer wird. Durch die zunehmende Komplexität der zu modellierenden Systeme nimmt auch die mathematische Komplexität von Energiesystemoptimierungsmodelle zu, die insbesondere mit einer Verlängerung der benötigten Rechenzeiten und Erhöhung des Speicherbedarfs einhergeht. Um diese Modelle trotz hoher Komplexität in angemessener Rechenzeit lösen zu können, werden unterschiedliche modellbasierte Beschleunigungstechniken verwendet.

Modellbasierte Beschleunigungstechniken lassen sich in Modellreduktion, Heuristiken (verschachtelte Ansätze) und mathematisch exakte Zerlegungstechniken einteilen. Eine Möglichkeit der Modellreduktion ist die räumliche Aggregation von Netzen. Im Stromnetz besteht dabei die Herausforderung, den physikalisch bedingten Leistungsfluss korrekt abzubilden. Ziel der Netzwerkreduktion ist somit eine Vereinfachung des Netzes durch ein Ersatznetz mit geringer räumlicher Ausdehnung aber gleichem physikalischen Verhalten. In Abbildung 1 sind zwei solcher Ersatznetze nach verschiedenen Netzwerkreduktionsverfahren dargestellt. [3]

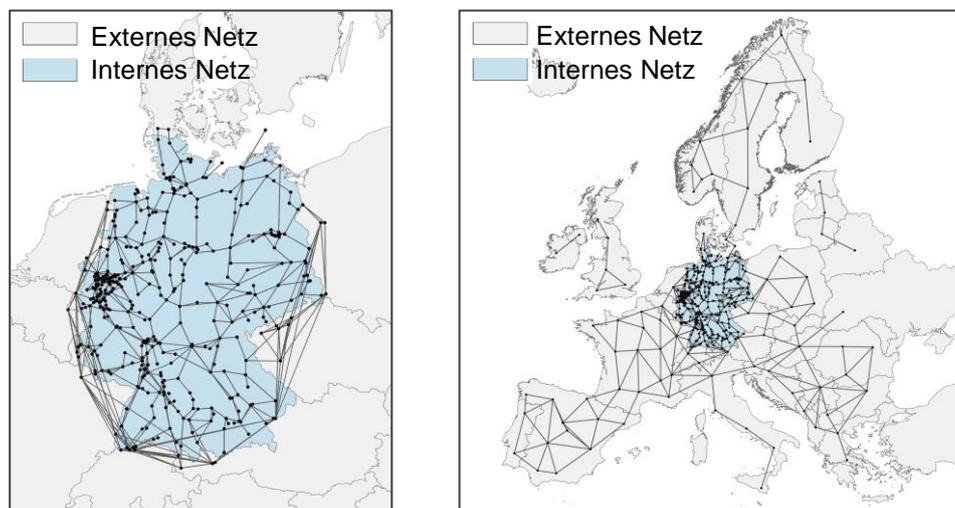


Abbildung 1: Netzwerkreduktion nach dem Ward-Verfahren (links) und nach dem Cluster-Verfahren (rechts)

Das von Ward in [4] vorgeschlagene Netzwerkreduktionsverfahren wird unter anderem durch Netzbetreiber vielfach verwendet. Dabei wird das Netz in ein internes Teilnetz, ein externes Teilnetz und Kuppelnetzknotten unterteilt. Das externe Netz wird durch Ableitung eines Netzäquivalents vereinfacht, so dass die Auswirkungen des externen Netzes auf das interne Netz möglichst genau abgebildet werden. Auch bei dem REI-Verfahren wird ein Teil des Netzes, der nicht von Interesse ist, durch ein Netzäquivalent ersetzt [2]. Nachteil solcher Netzwerkreduktionsverfahren ist, dass nur die Leistungsflüsse im internen Netz abgebildet werden können und eine Untersuchung von Leistungsflüssen bzw. mögliche Netzengpässen im externen Netz nicht möglich ist. Außerdem sind

¹ IAEW der RWTH Aachen University, Schinkelstraße 6, 52062 Aachen, Tel.: 0241/80-97883, c.lambriex@iaew.rwth-aachen.de, <http://www.iaew.rwth-aachen.de>

diese Verfahren nur geeignet, das statische Verhalten des Netzes in einem Betriebspunkt abzubilden. Eine alternative Möglichkeit zur Netzwerkreduktion besteht darin, die Netzknoten zu clustern und so das gesamte Netz auf wenige Netzknoten zu reduzieren [1]. Ein sogenanntes Cluster-Netzwerkreduktionsverfahren hat den Nachteil, dass das elektrische Verhalten des Netzes nicht physikalisch korrekt abgebildet wird.

Zur Beantwortung zukünftiger Forschungsfragen im Bereich der Energiesystemanalyse ist die Modellierung eines großen Betrachtungsbereichs bei möglichst genauer Abbildung des elektrischen Verhaltens des Netzes wichtig. In diesem Paper wird deswegen ein neues Netzwerkreduktionsverfahren entwickelt und die Ergebnisse mit denen der vorgestellten Verfahren verglichen.

Methodik

Das neue Netzwerkreduktionsverfahren basiert auf einer Kombination des Ward- und Cluster-Netzwerkreduktionsverfahren. Das externe Netz wird dabei durch eine Clusterung vereinfacht. Für den Übergang vom internen zum externen Netz wird das Ward-Verfahren umgewandelt, so dass das Ward-Netzäquivalent nicht das gesamte externe Netz abbildet, sondern lediglich einen Übergangsbereich. Außerdem kann das neue Verfahren nicht nur für Lastflusssimulationen mit vorgegebener Transportaufgabe, sondern auch für Einsatzoptimierungen eingesetzt werden. Dazu werden anstelle der vor der Einsatzoptimierung unbekanntenen Betriebspunkte der Anlagen die Anlagenkapazitäten für die Netzwerkreduktion verwendet.

Zur Bewertung des Netzwerkreduktionsverfahrens wird ein lineares Energiesystemoptimierungsmodell zur Betriebsoptimierung des Stromnetzes verwendet. Ziel des Optimierungsmodells ist ein kostenminimaler Dispatch des Stromsystems. Dies impliziert, die EE-Erzeugung möglichst effizient zu nutzen, den Einsatz alternativer Energieträger zur Stromerzeugung kostenminimal zu gestalten und Speicher möglichst effizient einzusetzen. Ergebnisse des Modells sind neben den kostenoptimierten Anlageneinsätzen unter anderem die Leistungsflüsse im gesamten Netz. Zur Modellreduktion werden verschiedenen Netzwerkreduktionsverfahren angewendet. Für Zeitabschnitte eines Jahres werden die sich ergebende Leistungsflüsse mit den Leistungsflüsse im ursprünglichen Netz verglichen. Zur Bestimmung der Korrelationen zwischen den Leistungsflüssen des reduzierten und des ursprünglichen Netzes wird der Korrelationskoeffizient nach Bravais und Pearson verwendet. Die sich ergebende Korrelationskoeffizienten der unterschiedlichen Netzwerkreduktionsverfahren werden anschließend miteinander verglichen. Ein geringer Fehler der Leistungsflüsse und somit eine adäquate Netzreduktion führt zu einer hohen Korrelation.

Erwartete Ergebnisse

In der Langfassung wird aufgezeigt, dass das neue Netzwerkreduktionsverfahren für ein Szenario des Jahres 2050 eine höhere Korrelationskoeffizient als das Cluster-Netzwerkreduktionsverfahren aufweist. Gegenüber dem Ward-Verfahren hat das neue Netzwerkreduktionsverfahren den Vorteil, dass Leistungsflüsse außerhalb des internen Netzes analysiert werden können. Somit stellt das neue Netzwerkreduktionsverfahren einen geeigneten Ansatz zur Beschleunigung von Energiesystemoptimierungsmodellen dar.

Referenzen

- [1] T. Anderski et. al., "European cluster model of the Pan-European transmission grid", 2012
- [2] S. Deckmann, A. Pizzolante, A. Monticelli, B. Stott, O. Alsac, "Studies on power system load ow equivalencing", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, PAS-99 (6), pp. 2301-2310, 1980
- [3] Y. Scholz et.al., "Speedung up Energy System Models – a Best Practice Guide", 2020
- [4] J. B. Ward, "Equivalent Circuits for Power Flow Studies", *AIEE Trans. Power Appl. Syst.*, vol. 68, pp. 373-382, 1949.