

OPTIMALE AUSBAUPLANUNG VON VERTEILNETZEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON UNSICHERHEITEN UND INNOVATIVEN BETRIEBSMITTELN

Julia ZIEGELDORF¹, Lukas VERHEGGEN², Simon KRAHL¹,
Albert MOSER²

Inhalt

Im Zuge der Energiewende in Deutschland kommt es zu einem starken Anstieg der installierten Leistung aus erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland, die überwiegend dezentral in den Verteilnetzen angeschlossen werden. In einigen Netzen werden dadurch bereits heute technische Grenzwerte bzgl. Stromtragfähigkeit und Spannungsband verletzt, so dass Maßnahmen zur Netzverstärkung oder Ausbau seitens des Netzbetreibers notwendig werden, um die verpflichtende Integration der EE-Leistung zu gewährleisten. Bei Fortschreiten der Energiewende sind weitere Grenzwertverletzungen zu erwarten. Der Einsatz innovativer Maßnahmen zur Reduzierung des Ausbaubedarfs wird vielfach als Ergänzung zu den konventionellen planerischen Maßnahmen diskutiert [1]. Der Netzplanungsprozess wird damit allerdings deutlich komplexer, da durch die Vielfalt der innovativen Ansätze deutlich mehr Freiheitsgrade in der Planung zur Verfügung stehen. Zusätzlich ist die Prognose der zukünftigen Netznutzung, d.h. die zu versorgenden Kunden und zu integrierende EE-Leistung, in der Regel mit hohen Unsicherheiten behaftet. Daher ist eine Investitionsentscheidung unter Unsicherheit zu treffen. Der Einsatz computergestützter Optimierungsverfahren, die den Netzplanungsprozess unterstützen, ist angesichts des hohen Berechnungs- und Bewertungsaufwandes, der bei einer Vielzahl von möglichen Entwicklungsszenarien resultiert, sinnvoll.

Ziel dieses Beitrages ist es daher, einen neuen Optimierungsansatz zur Ausbauplanung vorzustellen, der einen optimalen Ausbaupfad für die zukünftig prognostizierte Netznutzung bei Abwägung zwischen konventionellen und innovativen Maßnahmen liefert.

Methodik

Der in Abbildung 1 gezeigte Ansatz beruht auf einer Erweiterung eines Genetischen Algorithmus, einem heuristischen Optimierungsverfahren, welches bereits erfolgreich für Ermittlung eines optimalen Netzes für einen Zeitpunkt (Referenznetzplanung bzw. Zielnetzplanung) eingesetzt wurde [2]. Für eine Ausbauplanung wird die Planung nicht nur für einen Zeitpunkt durchgeführt, sondern Ausbauempfehlungen für alle Zeitpunkte (z.B. Jahre) innerhalb des Planungshorizontes ermittelt. Daraus resultiert die Mehrstufigkeit des Problems.

Im ersten Schritt wird die zukünftige Netznutzung simuliert, d.h. für jeden Netzknoten die installierte EE-Leistung und Last in jedem Stützjahr auf Basis von Prognosewerten bestimmt. Im deterministischen Fall ist dies ein einziges Entwicklungsszenario, anhand dessen im Folgenden das Optimierungsverfahren erläutert wird, aber ebenfalls im stochastischen Fall anwendbar ist, d.h. bei unsicherer Netznutzung. Dann wird zunächst ein umfangreicher Szenarien-Fächer simuliert, der anschließend mittels Reduktionsalgorithmen in eine Szenarien-Baumstruktur überführt wird [3].

Der Optimierungskern besteht aus dem zeitstufenübergreifenden Genetischen Algorithmus, der zunächst jeweils für jeden Zeitpunkt t einzeln initialisiert wird und einen kosten-minimalen Netzentwurf ermittelt, d.h. eine Zielnetzplanung mit Horizont t unter Berücksichtigung des zum Planungsbeginn vorliegenden Ist-Netzes darstellt. Der Genetische Algorithmus besteht je Zeitpunkt t aus einer Population (Menge an Netzentwürfen) mit Individuen (ein Netzentwurf), wobei jedes Individuum über Gene beschrieben wird, die einen planerischen Freiheitsgrad symbolisieren und im Laufe der Iterationen i über die genetischen Operatoren angepasst werden.

¹ FGH e.V., Roermonderstraße 199, 52072 Aachen, Tel.: +49 241 997857-26, Fax: +49 241 997857-22, julia.ziegeldorf@fgh-ma.de, www.fgh-ma.de

² IAEW, Schinkelstraße 6, 52062 Aachen, Tel.: +49 241-8097652, Fax: +49 241-8097652, info@iaew.rwth-aachen.de, www.iaew.rwth-aachen.de

Die lokale Fitness spiegelt die Güte jedes Netzentwurfes für den einzelnen Zeitpunkt t dar und führt zu kostenminimalen Netzentwürfen je Zeitpunkt t . Der optimale Ausbauplan ergibt sich nicht durch einfaches Zusammenfügen der einzelnen Optima, daher muss ein Austausch zwischen den einzelnen Genetischen Algorithmen erfolgen und zusätzlich eine globale Fitness maximiert werden.

Die globale Fitness drückt aus, wie gut ein Individuum in Kombination mit Individuen aus den vorherigen und nachfolgenden Zeitpunkten (Ausbauplan) ist. Beispielsweise könnte ein optimaler Ausbauplan früher eine kostspielige Investition vorsehen, die aber langfristig zu geringeren Netzkosten führt, aber alleine für diesen früheren Zeitpunkt betrachtet z.B. nicht optimal wäre. Um diesen Sachverhalt im Verfahren abzubilden, wird in den Prozess der Genetischen Operatoren eingegriffen, so dass die Optimierungsprobleme der jeweils vor und nachgelagerten Zeitpunkte mitberücksichtigt werden, indem Informationen zur Lösungen hoher Güte sowie auch einzelne Individuen austauscht werden. Im stochastischen Fall (Szenarienbaum zur Abbildung der unsicheren Zukunft) erfolgt der Austausch der Information jeweils mit den vor- und nachgelagerten Zeitpunkten aller Szenarien. Die Genetischen Operatoren belegen die Genwerte je Individuum, d.h. wählen aus den möglichen Freiheitsgraden bestimmte aus. Dabei werden Erkenntnisse aus einer Zielnetzplanung für den letzten Planungszeitpunkt T mit einbezogen [4].

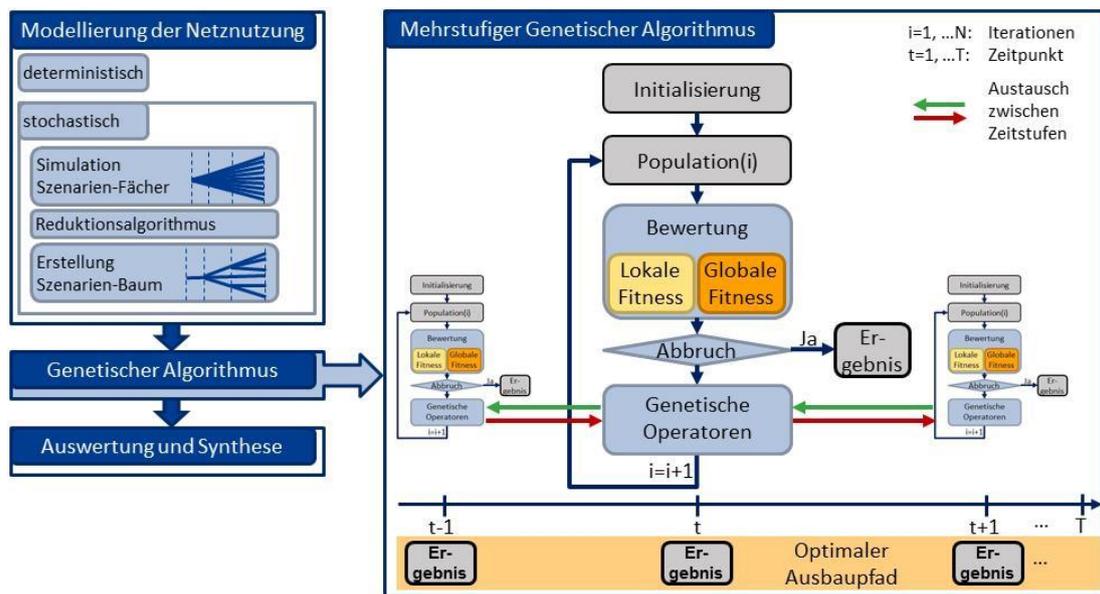


Abbildung 1: Prinzipieller Ablauf des Optimierungsverfahrens.

Ergebnisse

Anhand eines einfachen Testnetzes wird die Funktionsfähigkeit des entwickelten Verfahrens beispielhaft dargestellt und der Ablauf des mehrstufigen Genetischen Algorithmus verdeutlicht.

Die Erweiterung zu einem stochastischen Optimierungsproblem ist Gegenstand weiterer Forschungsaktivitäten [5].

Literatur

- [1] E-Bridge, IAEW, OFFIS, "Moderne Verteilernetze für Deutschland" (Verteilernetzstudie) - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Bonn, 2014.
- [2] Maurer, „Integrierte Grundsatz- und Ausbauplanung für Hochspannungsnetze“, Dissertation, Aachener Beiträge zur Energieversorgung, Band 101, Aachen 2004.
- [3] Grüwe-Kuska, Heitsch, Römisch, „Scenario Reduction and Scenario Tree construction for Power Management Problems“, IEEE Power Tech Proceedings, Bologna, 2003.
- [4] Rotering, Verheggen, Moser, Smolka, Duisberg, „Planung von Mittelspannungsnetzen unter Berücksichtigung steuerbarer Lasten und Einspeisungen“, VDE-Kongress 2012, Stuttgart, 2012.
- [5] FGH e.V., Ziegeldorf, „Jahresbericht 2014“, S. 59-63, 2015.