

PARAMETRIERUNG GENETISCHER ALGORITHMEN FÜR DIE BEWERTUNG VON NETZAUSBAU- UND -VERSTÄRKUNGSMAßNAHMEN

Niklas ERLE¹, Simon KRAHL², Frey FLOREZ³, Albert MOSER⁴

Inhalt

Im Zuge der Energiewende kommt es zu einem fortschreitenden Ausbau von Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien. Der Transport der elektrischen Energie erfordert einen adäquaten Ausbau des elektrischen Übertragungsnetzes, um weiterhin eine sichere und zuverlässige Versorgung gewährleisten zu können. Im Netzentwicklungsplan Strom 2030 ist eine Vielzahl von Netzausbau- und -verstärkungsmaßnahmen (NAVМ) festgehalten, welche in den nächsten Jahren umgesetzt werden [1].

Während der Umbauphasen der NAVМ müssen einzelne Netzbetriebsmittel oder Netzbereiche freigeschaltet werden, damit ein sicheres Arbeiten an der Netzinfrastruktur möglich ist. Dies führt zu einer weiteren Schwächung der Netzinfrastruktur. Vielzahl und Umfang der geplanten NAVМ indizieren, dass zukünftig eine vorausschauende Planung der Umbauphasen notwendig ist [2].

Als Reaktion auf die künftigen Herausforderungen wurde bei dem Übertragungsnetzbetreiber TransnetBW der Prozess der Mehrjahresschaltungsplanung in Betrieb genommen. In dem Prozess wird basierend auf der aktuellen Planung die Kritikalität von Kombinationen mehrerer NAVМ im zukünftigen Netzbetrieb bewertet. Ein genetischer Algorithmus (GA) optimiert anschließend die Abfolge der Umbauphasen im Rahmen zeitlicher Verschiebungspotentiale [3].

Die Anwendung eines GA erfordert die Analyse einer geeigneten Parametrierung für die aktuelle Fragestellung. Dabei ist stets ein Trade-Off zwischen der notwendigen Rechenzeit und der Güte der Problemlösung zu beachten. In diesem Beitrag sollen zunächst die möglichen Optionen analysiert werden. Im Anschluss werden einzelne Parameter variiert und der Einfluss auf das Verfahren quantifiziert.

Methodik

Genetische Algorithmen

Genetische Algorithmen sind heuristische Verfahren aus dem Teilbereich der evolutionären Algorithmen zur Lösung komplexer Optimierungsprobleme. GA erweisen sich insbesondere als sinnvoll, wenn analytische Optimierungsverfahren bei realen Problemen aufgrund einer nicht-konvexen Zielfunktion und einer hohen Kombinatorik an ihre Grenzen stoßen [4]. Dabei werden die Rekombinationsprozesse der natürlichen Vererbung nachgeahmt, um iterativ die Genome (Variablen) zu verändern. Der Einfluss dieser Änderungen wird auf Basis einer Fitnessfunktion (Zielfunktion) für ein Individuum (Menge aller Genome) bewertet. Die Gesamtmenge an Individuen einer Iteration wird als Population bezeichnet.

In der Mehrjahresschaltungsplanung entspricht ein Genom einer Umbauphase einer NAVМ. Ein Individuum kann daher als ein Schaltungsplan für den untersuchten Zeitraum interpretiert werden. Die Fitness eines Individuums basiert dabei auf den Kosten für Maßnahmen im Netzengpassmanagement und möglicher Gefährdungen für die Netzsicherheit [3]. In einer Iteration des GA werden n Individuen bewertet. Jedes Individuum besteht aus k Genomen. Am Ende jeder Iteration werden die Individuen durch Rekombinationsprozesse angepasst und neu bewertet. Sofern die Verbesserung der Individuen eine Konvergenzschwelle s unterschreitet, bricht das Verfahren ab und gibt die besten Lösungen aus. Weiterhin kann eine minimale i_{min} und maximale i_{max} Anzahl an Iterationen vorgegeben werden.

Die folgenden Rekombinationsprozesse werden betrachtet:

¹ Niklas Erle, FGH e.V., niklas.erle@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

² Dr. Simon Krahl, FGH e.V., simon.krahl@fgh-ma.de, <https://www.fgh-ma.de/>

³ Dr. Frey Florez TransnetBW GmbH, f.florez@transnetbw.de, <https://www.transnetbw.de/>

⁴ Prof. Albert Moser, RWTH Aachen, info@iaew.rwth-aachen.de, <https://www.iaew.rwth-aachen.de/>

- 1.) Selektion: Auswahl einer Menge an Individuen mit der höchsten Fitness aus der vorherigen Iteration, wobei identische Individuen entfernt werden
- 2.) Mutation: Änderung einzelner Genome mit einer Mutationsrate m innerhalb eines Individuums
- 3.) Vererbung: Vereinigung der Genome von zwei ausgewählten Individuen
- 4.) Zufall: Hinzufügen eines zufällig gezogenen Individuums

Der prozentuale Anteil der Rekombinationsprozesse in den Iterationen wird vorgegeben.

Variationsrechnungen

In dem Beitrag wird der Einfluss der Parameter auf die Güte der Problemlösung untersucht. Zu diesem Zweck werden in der Langfassung des Beitrags alle vorgenannten Parameter variiert und Implikationen für das Optimierungsproblem abgeleitet.

Ergebnisse

Die Untersuchung realer Problemgrößen bedingt einen hohen Einsatz von Rechenressourcen. Die Bewertung der Variationsrechnung erfolgt daher auf dem IEEE 39-Knoten Netz [5]. Die Ergebnisse der Variationsrechnungen müssen auf die Anwendung des realen Problems skaliert werden. Das exemplarische Ergebnis variiert die Parameter der Rekombinationsprozesse gemäß Tabelle 1.

Tabelle 1: Parametervariation der Rekombinationsprozesse

Anteil [%]	Selektion	Mutation	Vererbung	Zufall
Variation 1	40	10	20	30
Variation 2	10	40	20	30

In der Variationsrechnung werden $n = 100$ Individuen je Iteration berechnet. Jedes Individuum enthält $k = 14$ Genome. Die minimale $I_{min} = 5$ und die maximale $I_{max} = 10$ Anzahl an Iterationen wird vorgegeben. Die Mutationsrate $m = 1\%$ und eine Konvergenzschwelle $s = 1\%$ werden parametrisiert.

Beide Berechnungsverfahren brechen nach der minimalen Iterationsgrenze ab, da die Verbesserung unterhalb der Konvergenzschwelle von 1% liegt. Der beste Zielfunktionswert von Variation 1 liegt bei 4987,8. Durch Variation 2 kann eine Verbesserung des Zielfunktionswertes auf 4007,07 erreicht werden. Die Rechenzeit in Variation 2 steigt um ca. 5%. Das Ergebnis ist durch den hohen Anteil der Selektion und eine schnelle Konvergenz auf ein lokales Optimum in Variation 1 zurückzuführen.

In der Langfassung des Beitrags werden unterschiedliche Parametervariationen des genetischen Algorithmus vergleichend gegenübergestellt. Hierbei ist der Trade-Off zwischen der notwendigen Rechenzeit und der Güte der Problemlösung zu beachten.

Referenzen

- [1] TransnetBW GmbH; TenneT TSO GmbH; Amprion GmbH; 50Hertz Transmission GmbH, „Netzentwicklungsplan Strom 2030,“ 2019.
- [2] N. Erle, H. Vennegeerts, U. Janischka, F. Florez, E. Potz und A. Moser, „Long-term feasibility assessment of planned outages,“ ETG-Kongress, 2019.
- [3] F. Florez, Netzsicherheit geplanter Freischaltungen in der Mittelfristplanung, 2021.
- [4] J. Heistermann, Genetische Algorithmen, Leipzig, 1994.
- [5] R. P. Payasi¹, A. K. Singh¹ und D. Singh², Planning of different types of distributed generation with seasonal mixed, 2012.