

EINE HEURISTIK ZUR UMBAUPLANUNG VON NIEDERSPANNUNGSNETZEN GANZER ORTSCHAFTEN

Gerrit SCHLÖMER¹, Lutz HOFMANN¹

Inhalt

Eine zunehmend dezentralisierte Energieversorgung und eine weitere Elektrifizierung bisher fossiler Energieträger stellt die Verteilnetzbetreiber vor große Herausforderungen: In vielen Netzen kommt es zu Spannungsbandverletzungen und Betriebsmittelüberlastungen, sodass Netzverstärkungsmaßnahmen notwendig werden. Die Hauptursache ist, dass Energieversorgungsnetze gerade in den unteren Netzebenen in der Vergangenheit mit stark fallenden Gleichzeitigkeitsfaktoren [1] geplant worden sind und neuartige Lasten zunehmend einen Gleichzeitigkeitsfaktor von eins aufweisen. Durch Smart-Grid-Maßnahmen können in Zukunft viele Leistungsspitzen reduziert werden, dennoch muss auch in Zukunft bei einer vollelektrischen Versorgung der Haushalte ausreichend Leistung zur Verfügung stehen, um die Gebäude bei niedrigen Außentemperaturen zu beheizen, Elektrofahrzeuge zu laden und den Warmwasserbedarf zu decken.

Eine Ineffizienz, die häufig bei der Instandhaltung oder Verstärkung von Niederspannungsnetzen gemacht wird, ist die Reduktion der Betrachtung auf den Bereich der betroffenen Ortsnetzstation. Eine manuelle Berechnung unterschiedlicher Netzausbauvarianten und Trennstellenfestlegung ist gerade aufgrund der Netzanzahl- und Vielfalt oftmals zu zeitaufwendig. Im Laufe der letzten Jahre ist durch die Einführung weiterer Betriebsmittel für das Niederspannungsnetz, wie aktive Spannungsregler, der Freiheitsgrad des Netzplaners und gleichzeitig der Lösungsraum des Optimierungsproblems noch einmal deutlich gewachsen [2]. In diesem Beitrag soll eine Heuristik vorgestellt werden, die in der Lage ist, das Niederspannungsnetz eines ganzen Ortes für unterschiedliche Zielszenarien zu optimieren. Entscheidend ist dabei, dass die Heuristik nicht nur eine Grüne-Wiese-Planung durchführen kann, sondern ausgehend von dem vorhandenen Netz einen Umbau durchführt, sodass die veränderte Netzaufgabe möglichst effizient versorgt werden kann.

Methodik

Grundlage des Verfahrens ist ein GIS-Datensatz des Ortsnetzes. Entscheidende Informationen sind, wo die einzelnen Hausanschlüsse positioniert und von welchen Belastungsannahmen und entsprechenden Gleichzeitigkeitsfaktoren ausgegangen werden kann. Zur Berechnung der Leistungsflüsse sowie den Kurzschlussleistungen sind Informationen zu den vorhandenen Leitungen und Transformatoren notwendig. Die Hausanschlüsse werden in der Regel auf die ein- oder beidseitig verlegte Straßenleitung aufgemufft und können daher nicht einzeln, sondern nur als Gruppe einer Station zugeordnet werden. Zur Berücksichtigung möglicher Umschaltmaßnahmen müssen die Positionen und Anschluss terminals der Kabelverteilerschränke hinterlegt werden. Für die Positionierung der Ortsnetzstationen ist entscheidend, welche Standorte räumlich möglich sind und welche Kosten für das Grundstück, die Errichtung oder Ertüchtigung des Stationsgebäudes und die Einbindung in die Mittel- und Niederspannungsebene entstehen.

Der Aufbau von Niederspannungsnetzen ist aufgrund der einfachen Schutztechnik und zur eindeutigen Vorgabe der Leistungsflüsse in der Regel unvermascht, daher kann die Versorgung von Netzkunden in der Niederspannungsebene der Problemklasse der Capacitated Facility Location Problem with Single-Sourcing (CFLPSS) zugeordnet werden. Zur Lösung dieses Problems gibt es verschiedene Ansätze, wobei sich gerade der Repeated-Matching-Algorithmus [3] für eine Erweiterung mit der elektrischen Leistungsflussberechnung als sehr geeignet gezeigt hat.

Der Algorithmus basiert auf dem Vergleich der Kosteneinsparung durch lokale Clusterbildung oder Umbildung, wobei durch eine übergeordnete globale Optimierung die explizite Clusterbildung vorgenommen wird. Der lokale Vergleich ist parallelisierbar und Rechenzeitvorteile können gewonnen werden, in dem der lokale Vergleich um eine vorherige Nachbarschaftssuche ergänzt wird. Um eine Konvergenz in einem lokalen Optimum zu verhindern, werden ähnlich wie bei genetischen Heuristiken Mutationen durchgeführt, bei der ein Teil der Lösung verworfen und manipuliert wird.

¹ Leibniz Universität Hannover, Institut für Elektrische Energiesysteme, Appelstraße 9a, 30167 Hannover, Tel.: +49 511 762-2808, schloemer@ifes.uni-hannover.de, www.ifes.uni-hannover.de

Ergebnis eines Beispielnetzes

In Bild 1 ist die Grüne-Wiese-Planung eines Niederspannungs Ortsnetzes mit 715 Netzanschlüssen zu sehen, das im Ausgangszustand von 10 Ortsnetzstationen versorgt wird. Gezeigt sind weiterhin die Stationsstandorte, deren Leistung sowie vorhandene Verstärkungskabel in grau. Die Planung des Ortsnetzes basiert auf einer maximalen gleichzeitigen Leistungsabnahme aller Hausanschlüsse von 3 kW und einer Kurzschlussauslegung im Kernort, sodass die angenommenen NH-Sicherungen innerhalb von 5 Sekunden auslösen.

Im Zuge der Energiewende, soll das Netz im Zielzustand auf eine gleichzeitige Spitzenleistung von ± 5 kW an allen Hausanschlüssen ausgelegt werden, zusätzlich ist der Einsatz von rONT möglich. Das Ergebnis der Optimierung zeigt, dass die Anzahl und Position der Stationsstandorte ausreichend ist und lediglich deren Leistungsklasse verändert werden muss. Die Leitungslänge verlängert sich um 1,16 km bei einer vorherigen Gesamtlänge von 17,6 km. Es zeigt sich in diesem Beispiel, dass sich bei der Betrachtung der Niederspannungsnetze von ganzen Orten zur Integration von deutlich stärkeren Netzbelastungen die Netzausbaumaßnahmen deutlich minimieren lassen.

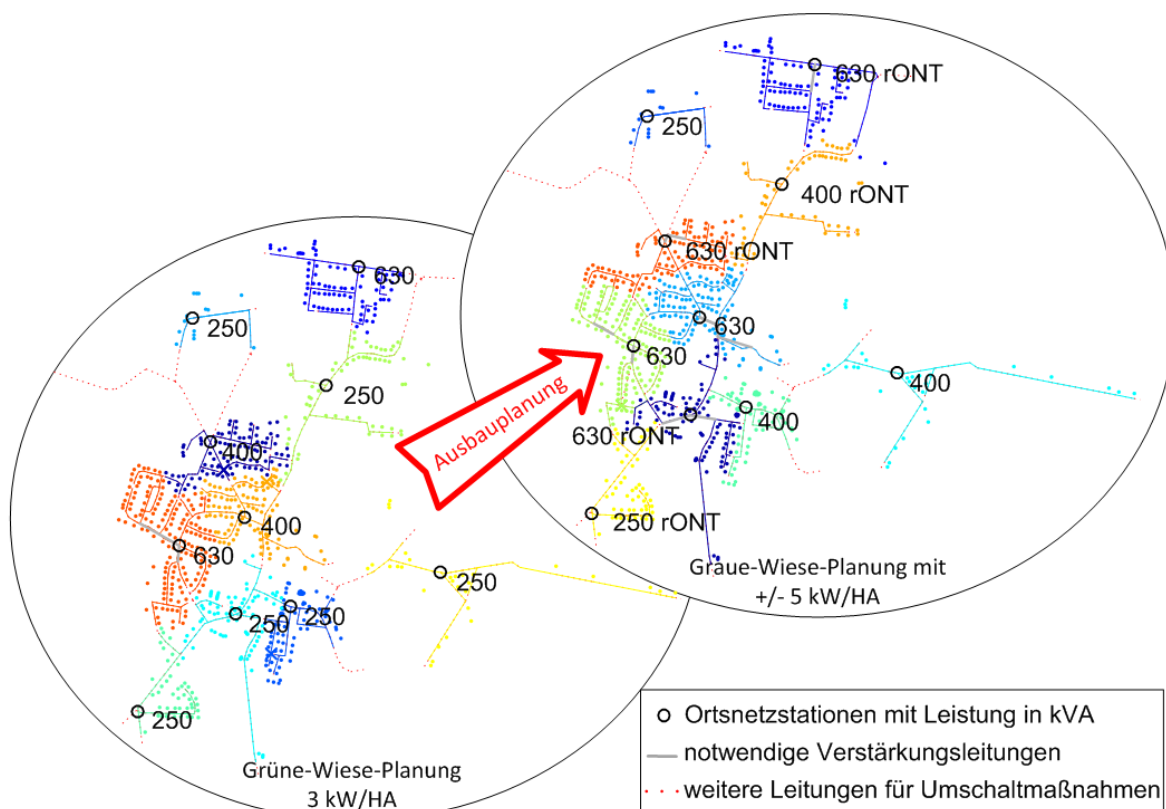


Abbildung 1: Ausgangslage sowie Zielszenario für einen Ort in Niedersachsen.

Literatur

- [1] Kaufmann, W.: Planung öffentlicher Elektrizitätsverteilungs-Systeme, 1. Auflage, VWEV-Verlag, Frankfurt am Main, 1995.
- [2] Becker, A.; Lühn, T.; Mohrmann, M.; Schlömer, G.; Schmidtman, G.; Schneider, D.; Schnieder, R.; Hofmann, L.; Beck, H.-P.; Geldermann, J.; Weyer, H.: Netzausbauvarianten in Niederspannungsverteilnetzen - Regelbare Ortsnetztransformatoren in Konkurrenz zu konventionellen Netzausbaumaßnahmen, 1. Auflage, Cuvillier Verlag, Göttingen, 2014.
- [3] Rönnqvist, M.; Tragantalerngsak, S.; Holt, J.: A repeated matching heuristic for the single-source capacitated facility location problem, Schweden und Österreich, Januar 1997.