

ERMITTlung DES NETZAUSBAUBEDARFES IM URBANEN VERTEILNETZ DURCH SEKTorenKOPPLUNG MITTElS VEREINFACHTER NETZBERECHNUNG

**Simon NIEDERLE¹, Dominik J. STORCH², Christoph J. STEINHART³,
Christian GUTZMANN³, Maik GÜNTHER⁴, Michael KREIßL³,
Reinaldo TONKOSKI JR.¹, Rolf WITZMANN¹, Michael FINKEL²**

Einleitung

Die fortschreitende Elektrifizierung des Wärme- und des Verkehrssektors führt zu einer starken Zunahme der Last im Verteilnetz. Wärmepumpen (WP) und Ladepunkte (LP) für Personenklektwagen (Pkw) werden dabei in der Regel am bestehenden Netzanschlusspunkt (NA) von Wohn- und Gewerbegebäude angeschlossen und damit über das Niederspannungsnetz (NS-Netz) versorgt. In städtischen Netzen mit bereits hoher Lastdichte führt dies zukünftig zu einer deutlich höheren Auslastung der Betriebsmittel und damit zu steigendem Netzausbaubedarf. Insbesondere in Zeiträumen mit anhaltend niedrigen Außentemperaturen ist im Hinblick auf die elektrische Wärmebereitstellung lokal eine hohe Gleichzeitigkeit zu erwarten [1]. Weiterhin ist eine pauschale Betrachtung des gesamten Netzgebiets eines Verteilnetzbetreibers aufgrund der Heterogenität in Netzbestand und Versorgungsaufgabe – etwa bei Vorhandensein eines Fernwärmennetzes (FW) – nicht ausreichend. Die vorliegende Arbeit untersucht die anfallenden Ausbaubedarfe am Beispiel der Metropole München. Hierzu werden nahezu alle NS-Netze im Stadtgebiet und ein überwiegender Teil der Mittelspannungsnetze (MS-Netze) detailliert nachgebildet. Die Modellierung bestehender und hinzukommender Lasten erfolgt mittels Gleichzeitigkeitskurven (GZK), die eine realistische Worst-Case-Betrachtung der Auslastungen jeder Leitung und der zu erwartenden Spannungsniveaus erlauben. Der erforderliche Netzausbau wird durch einen automatisierten iterativen Prozess ermittelt. Zum Einsatz kommen dabei ausschließlich konventionelle Ausbaumaßnahmen. Die Ergebnisse werden abschließend unter Berücksichtigung der Eigenschaften des bestehenden Netzes eingeordnet und hinsichtlich ihrer Machbarkeit überprüft.

Methodik

Der vorgestellten Untersuchung liegt ein Bestand von ca. 4.200 NS- und ca. 280 MS-Netzmodellen aus dem Stadtgebiet München zugrunde. Diese wurden basierend auf den real vorhandenen Leitungen, Netzstationen und NA automatisiert aus der Netzdokumentation des Verteilnetzbetreibers abgeleitet und plausibilisiert. Im Rahmen einer vorangegangenen Untersuchung wurden bereits Eigenschaften des je NS-Netz versorgten Gebietes und der Netze selbst aufbereitet [2]. Um eine umfassende Beurteilung des Ausbaubedarfs zu gewährleisten, werden alle verfügbaren Netzmodelle untersucht. Das Vorgehen hierbei ist in Abbildung 1 für die NS-Ebene dargestellt, der Ansatz für die Untersuchung der MS-Netze ist hierzu weitestgehend analog. Zunächst erfolgt die Zuordnung der NS-NA zu den im Stadtgebiet versorgten Gebäuden und Liegenschaften mittels Adressdaten, Flurstücken und geografischen Abständen. Diese Verknüpfung ermöglicht dann die Allokation von Bestandslasten (Wohneinheiten und Gewerbe) sowie die Prognose hinzukommender Lasten durch WP und LP für Elektrofahrzeuge. Grundlage hierfür bilden ein detailliertes Gebäudemodell [3] sowie Statistiken über Einwohnerverteilung und gemeldete Pkw. Die Lastallokation erfolgt sowohl für ein konservatives Basisszenario als auch für ein ambitionierteres Zielszenario mit höheren Sanierungsraten, jeweils für das Jahr 2050. Die einem NA zugeordneten Lasten werden dann – je Kategorie – durch geeignete GZK

¹ Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München, Deutschland, +49 89 289 25090, simon.niederle@tum.de, www.epe.ed.tum.de/ptd

² Technische Hochschule Augsburg, An der Hochschule 1, 86161 Augsburg, Deutschland, +49 821 5586-3362, dominik.storch@tha.de, www.tha.de/Elektrotechnik

³ SMW Infrastruktur GmbH & Co. KG, Emmy-Noether-Straße 2, 80992 München, Deutschland, +49 89 2361 2562, steinhart.christoph@swm-infrastruktur.de, www.swm-infrastruktur.de/

⁴ Stadtwerke München GmbH, Emmy-Noether-Straße 2, 80922 München, Deutschland, www.swm.de

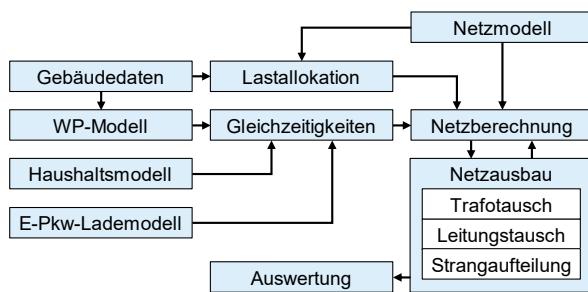


Abbildung 1: Vorgehen zur Ermittlung des Ausbaubedarfs auf Niederspannungsebene

repräsentiert. Diese ermöglichen eine Abschätzung über den Beitrag einer einzelnen Last zur über ein Betriebsmittel (Leitungsabschnitt oder Transformator) übertragenen Leistung. Hierbei wird berücksichtigt, wie viele gleichartige Lasten über dieses versorgt werden. Die GZK für LP werden dabei aus früheren Untersuchungen übernommen [4]. Analog zur dort beschriebenen Methodik werden zudem GZK für verschiedene WP-Technologien und Überdimensionierungen aus einem detaillierten thermisch-elektrischen Modell [1] ermittelt.

Zur Bestimmung der Netzausbaubedarfe erfolgen dann je NS-Ortsnetz und je MS-Ringnetz (unter Berücksichtigung relevanter alternativer Schaltzustände im (n-1)-Fall) eine Netzberechnung in DIgSILENT PowerFactory. Mittels eines in Python implementierten Algorithmus werden schrittweise definierte Ausbaumaßnahmen (Austausch und / oder Aufwertung des Ortsnetztransformators, Austausch von Leitungsabschnitten, Aufteilung von Netzsträngen in NS-Netzen und Zubau neuer Anfangsstrecken in MS-Netzen) automatisiert umgesetzt, bis alle Grenzwertverletzungen (thermisch und Spannungsbereich) erfolgreich behoben sind (siehe auch Abbildung 1).

Ergebnisse

Durch die vollständige Elektrifizierung der Individualmobilität und die Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung ergeben sich hohe Netzausbaubedarfe im städtischen Verteilnetz. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die ermittelten erforderlichen Ausbaulängen bezogen auf die bestehenden Leitungslängen je NS-Netz im Referenzszenario. Gegenübergestellt werden hierbei Ortsnetze in Umspannwerks-Versorgungsgebieten mit verfügbarer Fernwärme-Anbindung mit solchen in Gebieten, in denen vorwiegend ein Einsatz elektrischer Wärmepumpen zu erwarten ist. Ebenfalls relevant ist die erforderliche Anzahl an Strang-Aufteilungen (bezogen auf die Anzahl bestehender Abgänge) in den untersuchten Niederspannungsnetzen (Abbildung 3). Für beide Kennwerte – insbesondere hinsichtlich der Anzahl an Strangaufteilungen – zeigt sich in den Gebieten ohne verfügbarem Fernwärmennetz ein deutlich höherer Ausbaubedarf.

Ausblick

Die Langfassung der vorliegenden Arbeit beschreibt das Vorgehen bei der Modellierung der Lasten sowie beim Ausbau von NS- und MS-Netzen im Detail. Ausgehend von der Vorstellung und Diskussion weiterer Ergebnisse für beide Spannungsebenen wird der Ausbaubedarf für die untersuchten Netze dargestellt. Eine Einordnung erfolgt sowohl hinsichtlich der Machbarkeit als auch mit Blick auf Implikationen für das praktische Vorgehen bei der konkreten Ausbauplanung.

Referenzen

- [1] D. J. Storch, et al.: „Sensitivity Analysis of the Electrical Power Demand of Heat Pump Systems,“ 8th E-Mobility Power System Integration Symposium, Helsinki, 2024.
- [2] S. Niederle, et al.: “Selection of representative urban low-voltage grids for electric vehicle integration studies,” CIRED 2023, 27th International Conference on Electricity, Rom, 2023.
- [3] M. Günther, G. Bayard, “Wärmewende in einer Großstadt. Entwicklung und Anwendung eines zentralen Planungs- und Steuerungsinstruments,” Informatik 2023, LNI 337, Berlin, S. 1801-1808, 2023.
- [4] S. Kreutmayr, et al.: “Modeling of Demand Factors and Average Daily Load Profiles for Private and Public Charging Points in Urban Areas,” NEIS 2022, Hamburg, 2022.

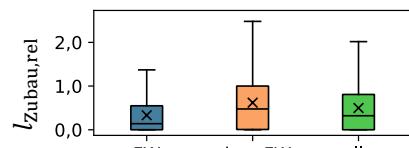


Abbildung 2: Ausbaubedarf:
Gesamtlänge zugebauter Leitungen
bezogen auf Leitungslänge im
Bestand, Referenzszenario

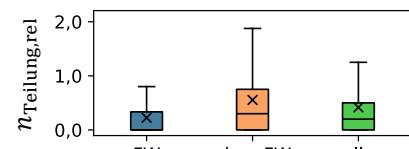


Abbildung 3: Ausbaubedarf:
Erforderliche Strangaufteilungen je
Netzstrang im Bestand,
Referenzszenario