

# STATISTISCHE ANALYSE VON MITTELSPANNUNGSNETZEN NACH VERSORGENGSAUFGABE.

Tariq Almomani<sup>1</sup>, Rolf Witzmann<sup>2</sup>

## Motivation

Im Zuge der aktuellen Umwandlungsprozesse des Energiesystems und seiner Infrastruktur ergeben sich signifikante Herausforderungen. Insbesondere die Eingliederung dezentralisierter Energiequellen sowie neuer, steuerbarer Verbraucher wie Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge stellen die Verteilnetze auf allen Ebenen vor neue Aufgaben. Von den Haushaltsnetzen auf Niederspannungsebene bis hin zu den aggregierten Mittelspannungsnetzen müssen sich die Verteilnetzbetreiber (VNB) mit der Frage auseinandersetzen, wie die Netze zukünftig optimal ausgebaut und betrieben werden können. Um eine adäquate Erweiterung der Netze zu planen, bedarf es einer Reihe von digitalen Netzmodellen, die auf simulationsbasierten Potenzialabschätzungen fußen. Die Komplexität und der Berechnungsaufwand dieser Modelle hängen maßgeblich von der Anzahl und dem Detailgrad ab. Aus diesem Grund erscheint ein Ansatz, der auf repräsentativen Netzmodellen basiert, als eine realistischere und effizientere Lösung. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich darauf, repräsentative Mittelspannungsnetzmodelle zu entwickeln, die auf statistischen Analysen existierender Netzdaten basieren. Diese Modelle sollen dann genutzt werden, um die Auswirkungen der Elektrifizierung in den Bereichen Mobilität und Wärme detailliert zu untersuchen.

## Methodik

Der Musternetzgenerator [1][2] befasst sich mit Niederspannungsnetzen. Anhand einer großen Anzahl von NS-Netzen wurden Kenndaten und probabilistische Verteilungen für Leitungstypen, Anzahl der Anschlusspunkte, Mittlerer Abstand und Gesamtlänge. Hier wird. Ähnlich zu dem erwähnten Ansatz in [1][2] werden für die Mittelspannungsnetz neue Eigenschaften definiert. Im Gegensatz zu NS-Netzen decken MS-Netze eine größere Versorgungsfläche ab, die die Lasten und Erzeuger in untergelagerten Netzebenen aggregiert. Dies umfasst nicht nur einen Ortsteil, sondern ein größeres Gebiet oder eine Stadt. Zusätzlich werden neue Kategorien definiert, wie Industrie-/Gewerbegebiete und große Erzeugungsanlagen wie Windkraft, Biogasanlagen und Freiflächen PV an das Netz angeschlossen. Die Ortsnetztransformatoren sind mit aggregierten Haushaltslasten und aggregierten Erzeugungsanlagen mit konstanten Leistungswerten und Leistungsfaktoren modelliert. Die verfügbaren MS-Netze wurden sowohl mit Freileitungen als auch Kabel ausgebaut. Freileitungen werden meist im ländlichen Raum benutzt und in Orten wo es keine Möglichkeit für eine unterirdische Verbindung wegen räumlichen Restriktionen gibt.

## Datengrundlage

Um repräsentative Netzmodelle erstellen zu können, wird eine Vielzahl existierender realer Netze benötigt. Es wurden vier Mittelspannungsnetze von vier unterschiedlichen Versorgungsgebieten in Deutschland untersucht. Die bereitgestellten Netzdaten sind im Simulationstool PSS Sincal modelliert, indem Netzelemente in einer SQLite Datenbank gespeichert sind. Hierzu wurde eine Schnittstelle zwischen Python und den Datenbanken der Netze aufgebaut, die den Zugang zu detaillierten Daten der Netzelemente (Leitungstypen, Querschnitte, Erzeugerdaten, Lasten, Trafos und etc.) ermöglicht. Insgesamt haben die vier Netze 36 Abgänge mit unterschiedlichen Versorgungsaufgaben wie Vorstädtische (V), Ländliche (L) und Industrie/Gewerbe (I). Die Gesamtlängen der Netze liegen zwischen 70 und 190 km und insgesamt bei 469 km. Die Anzahl der MS/NS Trafo beträgt insgesamt 826. Eine Zusammenfassung der Netzregionen ist in der Tabelle zu sehen.

---

<sup>1</sup> Technische Universität München, Professur für Elektrische Energieversorgungsnetze Arcisstraße 21, 80333 München, +49 89 289 22

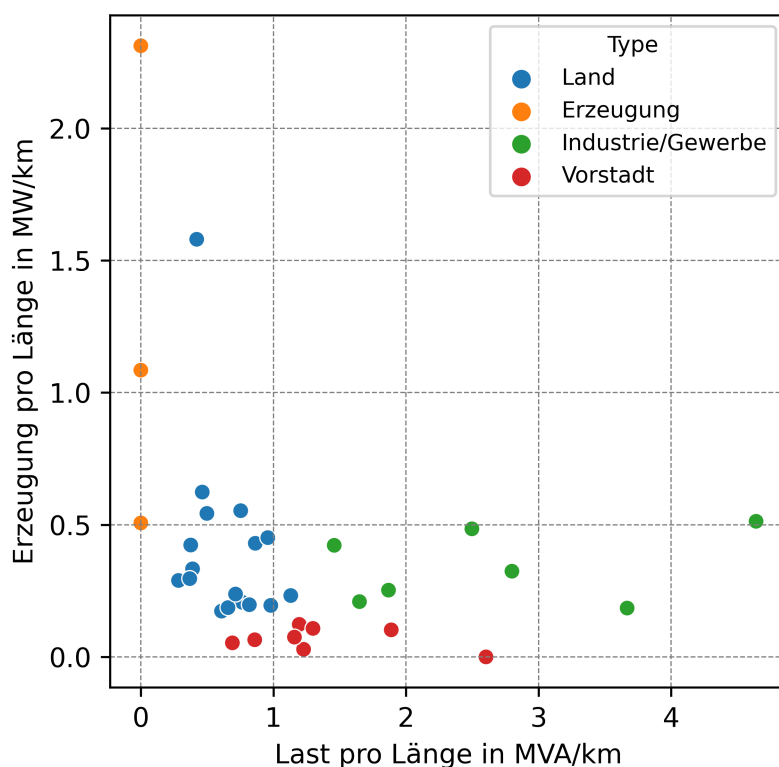
<sup>2</sup> Technische Universität München, Professur für Elektrische Energieversorgungsnetze Arcisstraße 21, 80333 München, +49 89 289 22

**Tabelle 1:** Charakteristik der Regionen für die Mittelspannungsnetze

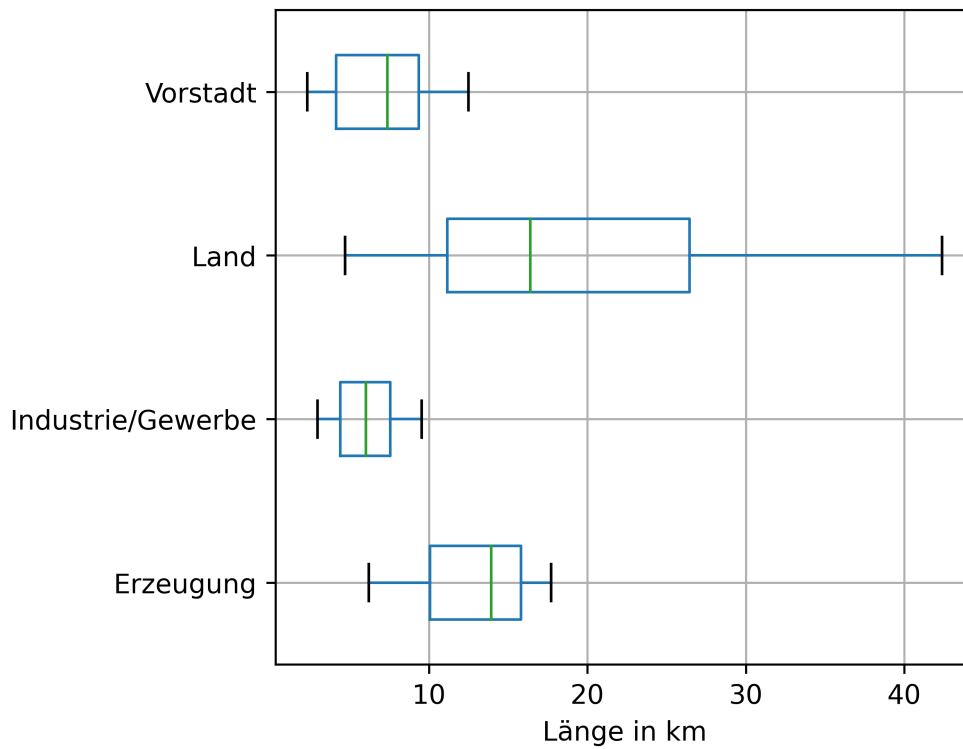
	Region 1	Region 2	Region 3	Region 4
<b>Anzahl ONS</b>	93	258	198	277
<b>Anzahl Abgänge</b>	4	14	8	10
<b>Gesamtlänge in km</b>	70,9	113	96	189,2
<b>Umspannwerk in MVA</b>	40	71,5	84	80
<b>Versorgungsaufgabe</b>	L	L/V/I	V/I	L/I

## Ergebnisse

Aus der Verteilung der Punkte in **Abbildung 1**: Erzeugungs- und Lastdichte in Zusammenhang mit den Kategorien der Versorgungsaufgabe. kann man ableiten, dass für die Kategorien Industrie/Gewerbe und Vorstadt die Lastdichte tendenziell höher ist als für Land und Erzeugung. Ebenso ist die Erzeugungsdichte bei der Kategorie Erzeugung am höchsten, was zu erwarten ist. Die meisten Datenpunkte scheinen sich in einem Bereich von geringer Lastdichte zu konzentrieren, während die Erzeugungsdichte ein breiteres Spektrum aufweist. Es gibt einige Ausreißer, insbesondere in der Kategorie Erzeugung, die eine relativ hohe Erzeugungsdichte bei niedriger Lastdichte zeigen.

**Abbildung 1:** Erzeugungs- und Lastdichte in Zusammenhang mit den Kategorien der Versorgungsaufgabe.

Aus **Abbildung 2**: Verteilung der Leitungslängen nach Versorgungsaufgabe kann man erkennen, dass Land die breiteste Spannweite für die Länge aufweist, was auf eine hohe Variabilität hinweist. Industrie/Gewerbe zeigt die kleinste Spannweite, was auf eine konsistentere Verteilung der Längen in dieser Kategorie hindeutet.



**Abbildung 2:** Verteilung der Leitungslängen nach Versorgungsaufgabe.

Der Median jeder Kategorie ist durch die grüne Linie dargestellt, und es scheint, dass Vorstadt und Industrie/Gewerbe ähnliche Mediane haben, während Land und Erzeugung den höchsten Median aufweisen.

## Referenzen

- [1] G. Kerber and R. Witzmann, "Statistische analyse von ns-verteilt netzen und modellierung von referenznetzen," EW - Magazin für die Energiewirtschaft, pp. 22–26, 2008.
- [2] M. Lindner, C. Aigner, R. Witzmann, F. Wirtz, I. Berber, M. Godde, and R. Frings, "Aktuelle musternetze zur untersuchung von spannungsproblemen in der niederspannung" in 14. Symposium Energieinnovation, Graz, Österreich, 2016.