|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**Modellierung und Plausibilisierung von synthetischen MS-Netzmodellen für städtische Gewerbegebiete**

**Modelling and plausibility check of synthetic MS-network models for urban commercial areas**

**Masterarbeit**

von

**Magnus Gutacker**

**3322646**

vorgelegt an der Universität Stuttgart

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Beginn der Arbeit: | 19.04.2024 |  |
|  | Ende der Arbeit: | 18.10.2024 |  |
|  | Betreuerin: | Charlotte Wagner, M. Sc. |  |
|  | Prüfer: | Prof. Professor |  |

# Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig durchgeführt und verfasst habe, abgesehen von den Anregungen, die mir von Seiten meines\*r Betreuer\*in, Betreuer\*in M.Sc. gegeben worden sind, und dass ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

|  |  |
| --- | --- |
| Stuttgart, 8. August 2024 | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | Unterschrift |

# Kurzfassung

In der Kurzfassung soll zunächst die Problemstellung des Themas präzise und kurz formuliert werden und wie der Fragestellung begegnet wurde bzw. was die Methodik umfasst. Abschließend soll auch kurz beschrieben werden, was die Ergebnisse der Arbeit zeigen und was sich daraus, bezogen auf die Fragestellung, ableiten lässt. Insgesamt soll dieser Abschnitt etwa 100 Wörter umfassen.

# Abstract

In the abstract, the problem of the topic should first be formulated precisely and briefly and how the question was addressed or what the methodology includes. Finally, it should also briefly describe what the results of the work show and what can be deduced from them in relation to the research question. In total, this section should contain about 100 words.

# Inhaltsverzeichnis

[Eidesstattliche Erklärung i](#_Toc174002190)

[Kurzfassung ii](#_Toc174002191)

[Abstract ii](#_Toc174002192)

[Inhaltsverzeichnis iii](#_Toc174002193)

[Abbildungsverzeichnis v](#_Toc174002194)

[Tabellenverzeichnis vi](#_Toc174002195)

[Formelzeichen und Darstellungskonventionen vii](#_Toc174002196)

[Abkürzungen vii](#_Toc174002197)

[Formelzeichen viii](#_Toc174002198)

[1 Einleitung 1](#_Toc174002199)

[1.1 Motivation und Hintergrund 1](#_Toc174002200)

[1.2 Thema und Zielsetzung 1](#_Toc174002201)

[1.3 Struktur der Arbeit 1](#_Toc174002202)

[1.4 Verwendete Hilfsmittel 1](#_Toc174002203)

[2 Grundlagen 3](#_Toc174002204)

[2.1 Stand der Wissenschaft 3](#_Toc174002205)

[2.2 Mittelspannungsnetze 3](#_Toc174002206)

[3 Methodik 4](#_Toc174002207)

[3.1 Eingangsparameter 4](#_Toc174002208)

[3.2 Synthetische Netzerstellung 4](#_Toc174002209)

[3.3 Lastflussberechnungen 4](#_Toc174002210)

[4 Auswertung und Analyse 5](#_Toc174002211)

[4.1 Netzbetrachtung 5](#_Toc174002212)

[4.2 Vergleich zu realem Netz in Weilimdorf 5](#_Toc174002213)

[4.3 Anwendbarkeit auf weitere Gewerbegebiete 5](#_Toc174002214)

[5 Bewertung der Ergebnisse 6](#_Toc174002215)

[6 Zusammenfassung und Ausblick 7](#_Toc174002216)

[Literaturverzeichnis 8](#_Toc174002217)

[Anhang 9](#_Toc174002218)

# Abbildungsverzeichnis

[2.1 Neuzulassungen der letzten zehn Jahre 4](https://iehunistuttgartde-my.sharepoint.com/personal/kevin_kratz_ieh_uni-stuttgart_de/Documents/UNI/7_InterneProjekte/VorlageStudentischeArbeiten/Vorlage_WORD_Studentische_Arbeiten.docx#_Toc157263987)

[3.1 Auswertung der Bewegungsprofile für Elektrofahrzeuge 8](#_Toc157263988)

[4.1 Auswertung der Bewegungsprofile für Elektrofahrzeuge 12](#_Toc157263989)

# Tabellenverzeichnis

[2.1 Beispieltabelle 5](#_Toc157264180)

[3.1 Beispieltabelle 9](#_Toc157264181)

[4.1 Beispieltabelle 14](#_Toc157264182)

# Formelzeichen und Darstellungskonventionen

## Abkürzungen

|  |  |
| --- | --- |
| **BP** | Betriebspunkt |
| **BEV** | Battery electric vehicle |
| **EE** | Erneuerbare Energien |
| **HS** | Hochspannung |
| **KWK** | Kraft-Wärme-Kopplung |
| **MS** | Mittelspannung |
| **SOC** | State of Charge |
| **WEA** | Windenergieanlage |

## Formelzeichen

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Symbol** | **Beschreibung** | **Einheit** |
|  | **Phasenwinkel** |  |
|  | **Kreisfrequenz** |  |
|  | **Periodendauer** |  |
|  | **Frequenz** |  |
|  | **Spannung** |  |
|  | **Leistungsfaktor** |  |
|  | **Wirkleistung** |  |
|  | **Blindleistung** |  |
|  | Scheinleistung |  |

# Einleitung

## Motivation und Hintergrund

Energiewende und Elektromobilität schreiten weiter voran

E-LKWs werden häufiger eingesetzt werden und benötigen Ladestationen

Zugrundeliegendes MS-Netz muss diese Lasten auch bedienen können ohne überlastet zu werden

MS-Netze sind allerdings nicht öffentlich

Engpässe können somit nicht frühzeitig identifiziert werden

Planung ist durch lange Liefer- und Bauzeiten unerlässlich

## Thema und Zielsetzung

Synthetisches MS-Netzmodell aus öffentlichen Daten erzeugen um Planung zu ermöglichen

Methodik auf andere Gewerbegebiete anwenden

Durch Lastflussberechnungen mögliche Standorte für Ladestationen identifizierbar machen

## Struktur der Arbeit

XX

## Verwendete Hilfsmittel

Grundlage ist Bachelorarbeit von Jonas Mitschele

Python

# Grundlagen

Mit dem Beginn eines neuen Kapitels wird zunächst der Sinn und Inhalt kurz und prägnant beschrieben bevor ein Unterkapitel beginnt. In der Regel werden in Kapitel 2 (hier ist ein Querverweis zur Kapitelnummer hinterlegt) die Grundlagen der Arbeit erläutert, die zum Verständnis der Arbeit notwendig sind.

## Stand der Wissenschaft

XX

## Mittelspannungsnetze

XX

# Methodik

In Kapitel 3 soll erläutert werden, welche Anwendungen und Methodiken eigenständig entwickelt wurden. Dazu wird schematisch das Vorgehen erklärt und theoretisch bzw. mathematisch ausgeführt, wie der Problemstellung begegnet wurde. Außerdem können in diesem Kapitel die Untersuchungsgegenstände bzw. deren Modellierungen aufgezeigt werden sowie die Auswahl der Untersuchungsszenarien.

## Eingangsparameter

XX

## Synthetische Netzerstellung

XX

## Lastflussberechnungen

# Auswertung und Analyse

In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der in der Arbeit vorgenommenen

## Netzbetrachtung

XX

## Vergleich zu realem Netz in Weilimdorf

XX

## Anwendbarkeit auf weitere Gewerbegebiete

XX

# Bewertung der Ergebnisse

XX

# Zusammenfassung und Ausblick

In diesem abschließenden Kapitel soll noch einmal die grundlegende, wissenschaftliche Fragestellung der Arbeit genannt werden. Daraufhin soll noch einmal kurz zusammengefasst werden, welche Untersuchungen vorgenommen wurden und was die Ergebnisse diesbezüglich gezeigt haben. Daraus soll dann eine oder mehrere Erkenntnisse gezogen werden, die sich aus dieser Arbeit ergeben haben, also ein Gesamtinterpretation der Arbeit. Abschließend sollen dann einige Punkte genannt werden, die im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht werden konnten bzw. welche weiteren Fragestellungen sich noch ergeben haben, welchen man in zukünftigen Untersuchungen nachgehen kann.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: Dies ist ein Blindtext oder Huardest gefburn? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie Lorem ipsum dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

# Literaturverzeichnis

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität (BuW), „Schaufenster-Programm Elektromobilität - Abschlussbericht der Begleit- und Wirkungsforschung 2017,“ April 2017. [Online]. Available: https://www.bridging‑it‑gruppe.de/wp‑content/uploads/2020/12/201704\_ep30\_abschlussbericht\_2017\_der\_begleit‑\_und\_wirkungsforschung.pdf. |
| [2] | A. Probst, „Impacts of electric mobility non distribution grids and possible solution through load management,“ in *CIRED 21st International Conference on Electricity Distribution*, Frankfurt, Germany, 2011. |
| [3] | B. Thomann und T. Kienberger, „Comparison of Electromobility Impacts on the Low Voltage Level in Different Grid Regions,“ in *Proceedings of the 2nd E-Mobility Integration Symposium*, Stockholm, Sweden, 2018. |
| [4] | G. Viganò, „Assessment of the Impact of Electromobility on Urban,“ in *CIRED Workshop on E-mobility and Power Distribution Systems*, Porto, Portugal, 2022. |

# Anhang

1. Anhang Teil 1

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: Dies ist ein Blindtext oder Huardest gefburn? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie Lorem ipsum dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

1. Anhang Teil 2

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: Dies ist ein Blindtext oder Huardest gefburn? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie Lorem ipsum dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.