

Modellierung und Optimierung eines Lademanagementsystems an der DHBW Karlsruhe

—

Studienarbeit

für die Prüfung zum

Bachelor of Science

des Studienganges Informatik

an der

Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe

von

Lucie Weber

Abgabedatum	16.05.2022
Bearbeitungszeitraum	300h
Matrikelnummer	5691176
Kurs	tin19B4
Gutachter der Studienakademie	Prof. Dr. Heinrich Braun

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Studienarbeit mit dem Thema: "Modellierung und Optimierung eines Lademanagementsystem an der DHBW Karlsruhe" selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Ort Datum

Unterschrift

Zusammenfassung

Abstract

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Ziel	1
1.3	Vorgehensweise	2
2	Grundlagen Modellierung	3
2.1	Entwicklungsumgebung	3
2.2	Modellierungstyp	3
3	Anforderungsanalyse	4
3.1	Zusammentragen der Datenbasis	4
3.2	Umfrageergebnisse Nutzungsanalyse	4
4	Simulationsbeschreibung	5
4.1	Ziel der Lademanagement-Optimierung	5
4.2	Formulierung des Optimierungsproblems	5
4.2.1	Modell Vereinfachungen	6
4.3	Simulationsaufbau	6
4.3.1	Komponenten	6
4.3.2	Variablen und Konstanten	6
5	Grundlagen Algorithmen	7
6	Entwicklung des Optimierungsalgorithmus	8
6.1	Optimierungsansätze	8
6.1.1	Verteilungsalgorithmus via Polling	8
6.1.2	Verteilungsalgorithmus via Prognose	9
6.2	Auswahl Optimierungsalgorithmus	9
6.3	Implementierung des Algorithmus	9
7	Auswertung und Ausblick	10
7.1	Auswertung Rentabilität und Machbarkeit	10
7.2	Ausblick	10

Abbildungsverzeichnis

Codeverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

DHBW Duale Hochschule Baden-Württemberg

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Problemstellung

Mit der wachsenden Bevölkerungszahl und der voranschreitenden Digitalisierung steigt zunehmend die Nachfrage nach Strom. Fossile Energiequellen wie Erdgas, Kohle und Erdöl sind endliche Ressourcen, die bei ihrer Nutzung zu hohen CO₂-Emissionen führen. Damit werden neue Lösungen für eine klimafreundliche Zukunft benötigt - regenerative Ressourcen. Diese werden aus den sogenannten erneuerbaren Energien, wie Sonnen-, Wind- und Wasserkraft, gewonnen. [1]

Mit dem Umstieg auf erneuerbare Energien entstehen neue Herausforderungen für das Stromnetz. Die Schwankung der Stromerzeugung durch erneuerbare Energieträger ist sehr hoch. Damit das Stromnetz zukünftig weiterhin stabil und zuverlässig bleibt, werden Konzepte wie das der Smart Grids (engl.: intelligente Stromnetze) entwickelt. Diese sollen die Frequenz regulieren, die Spannung stabilisieren und Spitzenlasten abbauen. Zusätzlich sollen sie dem Stromnetz für erneuerbare Energien schnelle Ausgleichsleistungen bieten. [2] Eine mögliche Ausgleichsleistung ist das Laden von Elektroautos.

1.2 Ziel

Ziel der Arbeit ist es ein Lademanagementsystem zum Laden von Elektroautos durch Solarstrom zu modellieren. Damit kein Strom verlorgen geht, soll ein Optimierungsalgorithmus für das Lademanagementsystem entwickelt werden.

Es soll eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, die überprüft, ob Photovoltaikanlagen auf dem Dach der DHBW Karlsruhe lukrativ wären, wenn der eigene Solar-Strom an Mitar-

beiter*innen, Dozent*innen und Studierende zum Laden von Elektro-Autos verkauft werden würde. Dazu soll ein Testszenario mit möglichst realitätsnahen Daten modelliert werden. Ein selbst entwickelter Lademanagement Algorithmus soll die Verteilung des Stroms optimieren.

1.3 Vorgehensweise

1. Erste Modellierung des Testszenarios mit gegebenenfalls zufällig generierten Daten 2. Analyse/Wissensaufbau Optimierungsalgorithmen 3. Anforderungsanalyse Lademanagementsystem (Befragung möglicher Anwender*innen, Befragung DHBW Nachhaltigkeitsgruppe) 4. Entwicklung und Implementierung eines ersten (einfachen) Optimierungsalgorithmus 5. Beschaffen von genaueren Datensätzen (Stadtwerke Ka) -> Überarbeitung des Modells 6. Schrittweise Verbesserung des Algorithmus 7. Auswertung

Kapitel 2

Grundlagen Modellierung

2.1 Entwicklungsumgebung

Entscheidungen warum MATLAB und nicht python mit... <http://num.math.uni-goettingen.de/schulz/data/pyt>

2.2 Modellierungstyp

Blockorientierte Modellierung vs physikalische (Objektorientierte) Modellierung

Zu Beginn der Erstellung eines Modells mit Simulink, muss der Typ der grafischen Modellierung festgelegt werden. Es gibt zwei Möglichkeiten: die blockorientierte Modellierung und die physikalische (objektorientierte) Modellierung. Je nach Wahl entspricht ein grafisches Symbol einem Block oder einem Objekt. [3]

Kapitel 3

Anforderungsanalyse

3.1 Zusammentragen der Datenbasis

3.2 Umfrageergebnisse Nutzungsanalyse

Kapitel 4

Simulationsbeschreibung

4.1 Ziel der Lademanagement-Optimierung

Für die Entwicklung des Lademanagementsystems an der DHBW Karlsruhe existiert eine binäre Zielvorstellung. Zum einen soll die eigenständige Solarstromerzeugung die Energiewende unterstützen, zum anderen soll der wirtschaftliche Gewinn der Photovoltaik-Anlage für die Duale Hochschule maximiert werden. Im Allgemeinen rechnet sich eine Photovoltaikanlage, wenn der Großteil der Erzeugung selbst verbraucht wird. Damit wird der Bedarf an Strom vom Netz für 30ct/kWh reduziert, der nicht im Gleichgewicht mit der Vergütung für die Einspeisung von Solarstrom ins Stromnetz (8ct/kWh) steht. Zur Erreichung dieses Ziels soll überschüssiger Solarstrom an elektrische Fahrzeugführer*innen verkauft werden.

4.2 Formulierung des Optimierungsproblems

Wie in Kapitel 3 Anforderungsanalyse herausgearbeitet, sind 20% der gewählten Verkehrsmittel für die An- und Rückreise an die DHBW Karlsruhe PKWs. Um die Mobilität nachhaltiger zu gestalten, soll dieser Anteil zukünftig durch elektrische Autos abgedeckt werden. Zur Vereinfachung wird in der Simulation davon ausgegangen, dass alle PKWs Elektro- oder Hybridfahrzeuge sind.

Die PKW Fahrer*innen sind im Modell die Kund*innen, die den im Vergleich zum Netzstrom kostengünstigeren Solarstrom der DHBW Karlsruhe tanken wollen. Zur Berechnung einer optimalen Verteilung des Solarstroms müssen sie den Aufenthaltszeitraum an der Hochschule angeben. Der/die Kund*in bekommt durch Angabe einer Mindestmenge an zu tankender elektrischer Energie, die entsprechende Ladung bis zum Ende des angegebenen Aufenthaltszeitraumes

garantiert. Verlässt der/die Kund*in vor Ende des Aufenthaltszeitraumes die Ladestation, steht ihm/ihr diese Garantie nicht zu.

Kann die Aufladung nicht über den verfügbaren Solarstrom zu einem Preis von 16ct/kWh gedeckt werden, muss der/die Kund*in zum Preis für den Netzstrom von 32ct/kWh tanken. Somit sollen Kund*innen motiviert werden, einen möglichst langen Aufenthaltszeitraum anzugeben.

Bei der Optimierung sollen Zeiten von hohem Stromeigenverbrauch (beispielsweise Mittagsspitzen) zum Laden der Fahrzeuge ausgespart werden. Denn die Priorisierung des Solarstromverbrauchs liegt wirtschaftlich gesehen auf der Eigennutzung. Erst wenn diese gedeckt ist, fließt Solarstrom in das Lademanagement-System.

4.2.1 Modell Vereinfachungen

Solarstrom-Nutzung am Wochenende

Klima-Anlagen

4.3 Simulationsaufbau

4.3.1 Komponenten

4.3.2 Variablen und Konstanten

Kapitel 5

Grundlagen Algorithmen

Kapitel 6

Entwicklung des Optimierungsalgorithmus

6.1 Optimierungsansätze

6.1.1 Verteilungsalgorithmus via Polling

Eine erste Idee für den Lademanagement-Algorithmus ist eine Verteilung des Stroms durch eine zyklische Abfrage (engl. Polling). Durch eine Ladestrom-Obergrenze wird festgelegt mit welcher Energie die E-Autos maximal geladen werden. Steht mehr Strom als dieser maximale Energie-Wert zur Verfügung, wird der Ladestrom auf mehrere Verbraucher*innen verteilt, sodass paralleles Laden möglich ist.

Die Verbraucher*innen, die Solarstrom tanken wollen, werden in eine Polling-Liste hinzugefügt. Der erste der Polling-Liste bekommt für ein bestimmtes Zeitintervall Solarstrom und wird danach wieder hinten an die Liste angefügt. Ziel dieses Algorithmus ist es, die Zeitintervalle möglichst lang zu gestalten, um ein schonendes Laden der Batterie zu gewährleisten. Dazu werden die Angaben der Verbraucher*innen zu dem geplanten Ladezeitraum berücksichtigt. Beispielsweise können somit Langzeitparkende außerhalb der Stoßzeiten geladen werden und Kurzzeitparkende bekommen möglichst schnell Strom.

Dafür wird die Pollingliste unterteilt in Vormittagsparkende und Nachmittagsparkende. Die Vormittagsparkenden werden zuerst abgearbeitet. Ist diese Liste leer oder die Systemauslastung sehr gering werden die Nachmittagsparkenden mithinzugenommen. Steigt die Anzahl Vormittagsparkender und die Systemauslastung wieder, werden die Nachmittagsparkenden aus der aktuell abzuarbeitenden Polling-Liste entfernt. Befinden sich Kund*innen auf der Nachmittagsparkenden-Liste und die Vormittagsparkenden haben bereits eine bestimmte Men-

ge an Solarstrom erhalten (Garantie-Maximum-Ladung), wird vor Ende des Ladezeitraums der Vormittagsparkenden die Nachmittagsparkenden-Liste abgearbeitet. Bleibt ein Vormittagsparkender länger als der angegebene Zeitraum, wird er nur in die Nachmittagsparkenden-Liste hinzugefügt, wenn die Systemauslastung nicht zu hoch ist (konkretisieren!). Befindet sich nur sehr wenige Kund*in im Ladesystem, bekommen sie den gesamten Solarstrom und damit auch gegebenenfalls mehr als die Garantie-Maximum-Ladung.

Use Cases - Verbraucher:

- Neuer Verbraucher kommt hinzu
- Verbraucher verlässt System (zur angegebenen Zeit)
- Verbraucher verlässt System (vor angegebenen Zeit)

Use Cases - Solarstrom:

- kein Solarstrom
- Solarstrom unter Ladeobergrenze
- Solarstrom über Ladeobergrenze

6.1.2 Verteilungsalgorithmus via Prognose

Eine weitere Möglichkeit der Verteilung des Solarstroms ist die Berechnung einer Prognose für die Kund*innen. Dazu wird der versprochenen Solarstrom-Anteil beim Eintreffen an der Ladestation berechnet. Die Berechnung wird durchgeführt, indem die Angaben der Verbraucher*innen zum Ende des Ladezeitraumes verglichen werden. Die Verbraucher*innen mit frühestem Ende werden zu einem gewissen Prozentsatz (z.B. 80%) in den Vormittag gelegt und die mit spätestem Ende zum gleichen Prozentsatz in den Nachmittag.

6.2 Auswahl Optimierungsalgorithmus

6.3 Implementierung des Algorithmus

Kapitel 7

Auswertung und Ausblick

7.1 Auswertung Rentabilität und Machbarkeit

7.2 Ausblick

Umsetzung an der DH realistisch?

Literatur

- [1] Ariane Kujau. *Erneuerbare Energien – klimafreundlich und zukunftsfähig*. <https://reset.org/knowledge/erneuerbare-energien---klimafreundlich-und-zukunftsfaehig>. [Einsichtnahme am 18.10.2021].
- [2] Jingshuang Shen/Chuanwen Jiang/Bosong Li. »Controllable Load Management Approaches in Smart Grids«. In: Okt. 2015. DOI: 10.3390/en81011187.
- [3] Prof. Dr.-Ing. Rainer Hagl. *Informatik für Ingenieure - Eine Einführung in MATLAB, Simulink und Stateflow*. Hanser, 2017.