

# UMWELTAUSWIRKUNGEN VON GLEICHSTROMBASIERTEN LADEINFRASTRUKTURSISTEMEN

Christina KOCKEL<sup>11\*</sup>, Benedict MORTIMER<sup>2</sup>, Rik DE DONCKER<sup>2</sup>, Aaron PRAKTIKNO<sup>1</sup>

## Einführung

Der Wandel zu einem treibhausgasneutralem Energiesystem und die gleichzeitige Nutzung dieses Potential zur Dekarbonisierung anderer Sektoren stellt das elektrische Netz vor neue Herausforderungen. Der Abbau von zentralen, fossil betriebenen und frequenzstabilisierenden Kraftwerken und der starke Ausbau von erneuerbaren Erzeugungsanlagen, die direkt in das Nieder- und Mittelspannungsnetz speisen, kann zu Spannungsabweichungen und -instabilitäten führen [1]. Elektromobilität bietet als Sektorenkopplungstechnologien die Chance einen wichtigen Baustein zur Senkung der Treibhausgasemissionen beizutragen. Die dafür benötigte breitflächige Integration von Ladeinfrastruktursystemen kann allerdings zu weiteren Belastungen für bestehende Netze führen.

Da sowohl die im Fahrzeug zu ladenden Batterien als auch mögliche direkte Einspeisungen von Photovoltaikanlagen und stationären Batteriespeichern gleichstrombasiert funktionieren, ist eine vielversprechende Möglichkeit das Verteilnetz mit Gleichstrom (DC) anstelle von Wechselstrom (AC) zu betreiben. Vorteile von einer gleichstrombasierten Ladeinfrastruktur können die folgenden sein: (1) der Wegfall von Komponenten wie dem Gleichrichter und dem Netzfilter an jeder Ladesäule, (2) damit insgesamt verringerte Verluste und (3) eine vereinfachte Systemregelung. Damit ist das gleichstrombasierte Verteilnetz nicht nur technisch der wechselstrombasierten Variante überlegen, sondern birgt auch das Potential für ökologische und ökonomische Vorteile.

Unsere Studie zielt daher darauf die ökologischen Auswirkungen von gleichstrombasierten Ladeinfrastruktursysteme zu analysieren und die folgenden Forschungsfragen zu beantworten:

- 1) Welche Umweltauswirkungen haben gleichstrombasierte Ladeinfrastruktursysteme im Vergleich zu wechselstrombasierten?
- 2) Was sind die Haupttreiber für die Umweltauswirkungen?
- 3) Welche Auswirkungen haben verschiedene Ladestrategien und Einsatzorte?
- 4) Wie können die Ergebnisse in die Ausgestaltung von zukünftigen Ladeinfrastrukturen einfließen?

## Methodik

Für unsere Analyse vergleichen wir zwei Topologien für Ladeparks mit verschiedenen Nutzungen. Die erste Topologie ist eine herkömmliche basierend auf einem wechselstrombasierten Verteilnetz mit ac-Ladesäulen, die zweite Topologie besteht aus einem gleichstrombasierten Verteilnetz an dem dc-Ladesäulen angeschlossen sind.

Um die Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus zu analysieren, nutzen wir die Methodik der Ökobilanz gemäß DIN EN 14040 [2]. Dabei fokussieren wir unsere Untersuchungen insbesondere auf die Produktionsphase sowie die Nutzungsphase.

Für die Produktionsphase werden alle Komponenten, die sich für die beiden Topologien unterscheiden, modelliert. Das sind insbesondere der Netzanschluss, die Kabel des Verteilnetzes und die Komponenten der Ladestationen. Die Modellierung dieser Komponenten basiert unter anderem auf derecoinvent Datenbank [3], Kabus et al. [4], Nördelöf et al. [5] und [6], sowie Kockel et al. [7]. Bei

---

<sup>1</sup> Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN), Tel.: +49 241 80 49870, Fax: +49 241 80 649870, christina.kockel@eonerc.rwth-aachen.de, apraktikno@eonerc.rwth-aachen.de

<sup>2</sup> Institute for Power Generation and Storage Systems (PGS), Tel.: +49 241 80 49660, Fax: +49 241 80 49669, bmortimer@eonerc.rwth-aachen.de, post\_erc@eonerc.rwth-aachen.de,

<sup>1,2</sup> RWTH Aachen University, Mathieustraße 10, 52074 Aachen, <https://www.eonerc.rwth-aachen.de/>

unterschiedlicher Nutzung des Ladeparks wird auch eine unterschiedliche Anzahl an benötigten Ladestationen berücksichtigt.

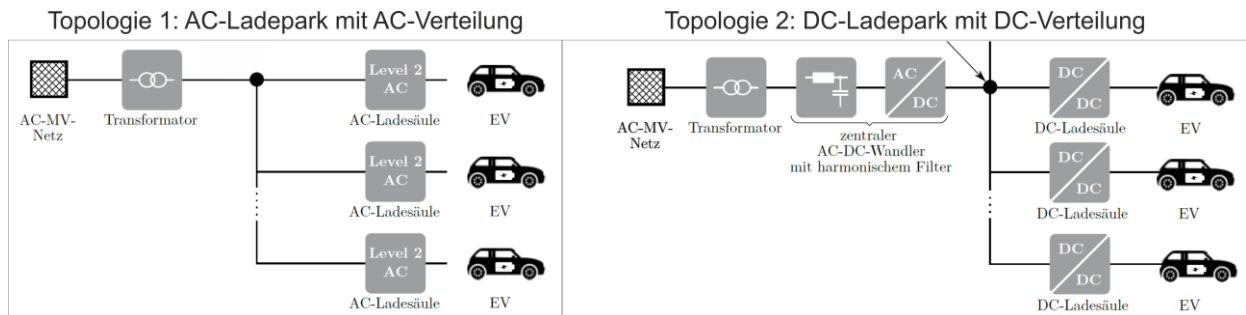


Abbildung 1: Schematische Darstellung der beiden untersuchten Netztopologien

Für die Nutzungsphase werden die Ladezeitreihen bei unterschiedlicher Nutzung der Ladeparks betrachtet und mit den Umweltauswirkungen des stündlichen deutschen Strommix analysiert. Die verschiedenen Nutzungen der Ladeparks sind: 1) Shoppingcenter, 2) Supermarkt, 3) Kino, 4) Fitnessstudio, 5) Restaurant, 6) Freizeitpark, 7) Tankstelle innerorts und 8) Autobahntankstelle. Für die Umweltauswirkungen des deutschen Strommixes wird ein stündlicher Dispatch aus dem JERICHOS-Strommarktmodells – beschrieben in Priesmann et al. [8] – zugrunde gelegt.

## Erwartete Ergebnisse

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Umweltauswirkungen insbesondere die Treibhausgasemissionen stark von den Ladeprofilen sowie dem Nutzungsgrad der zu errichtenden Ladeinfrastruktur abhängen. Welchen Mehrwert die Ausgestaltungen von Ladeinfrastrukturen als gleichstrombasiertes System mit verschiedenen Anwendungen bietet und welche Nutzungsweise aus gesamtenergiesystemischer Sicht einen ökologischen Nutzen bringen, werden wir in unseren Ergebnissen vorstellen.

## Referenzen

- [1] D. Kumar, F. Zare, and A. Ghosh, "DC Microgrid Technology: System Architectures, AC Grid Interfaces, Grounding Schemes, Power Quality, Communication Networks, Applications, and Standardizations Aspects," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 12230–12256, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2705914.
- [2] DIN, "ISO 14040:2006 - Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework," International Organization for Standardization, 2006. [Online]. Available: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=37456](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=37456)
- [3] G. Wernet, C. Bauer, B. Steubing, J. Reinhard, E. Moreno-Ruiz, and B. Weidema, "The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 21, no. 9, pp. 1218–1230, Sep. 2016, doi: 10.1007/s11367-016-1087-8.
- [4] M. Kabus et al., "Environmental Impacts of Charging Concepts for Battery Electric Vehicles: A Comparison of On-Board and Off-Board Charging Systems Based on a Life Cycle Assessment," *Energies*, vol. 13, no. 24, p. 6508, Dec. 2020, doi: 10.3390/en13246508.
- [5] A. Nordelöf, M. Alatalo, and M. L. Söderman, "A scalable life cycle inventory of an automotive power electronic inverter unit—part I: design and composition," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 24, no. 1, pp. 78–92, Jan. 2019, doi: 10.1007/s11367-018-1503-3.
- [6] A. Nordelöf, "A scalable life cycle inventory of an automotive power electronic inverter unit—part II: manufacturing processes," *Int. J. Life Cycle Assess.*, Jun. 2018, doi: 10.1007/s11367-018-1491-3.
- [7] C. Kockel, L. Nolting, R. Goldbeck, C. Wulf, R. W. De Doncker, and A. Praktiknjo, "A scalable life cycle assessment of alternating and direct current microgrids in office buildings," *Appl. Energy*, vol. 305, p. 117878, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.117878.
- [8] J. Priesmann, L. Nolting, and A. Praktiknjo, "Are Complex Energy System Models More Accurate? An Intra-Model Comparison of Power System Optimization Models," Montréal, Kanada, Jun. 2019.