

Vergleich von Umweltauswirkungen und Wirtschaftlichkeit von AC- und DC-basierten LKW-Ladeinfrastrukturen für Paketstationen (Masterarbeit)

Autor: Pascal Friedrich
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Christina Kockel, M.Sc.; David Neuen, M.Sc.

Kurzzusammenfassung

Die Bundesregierung hat sich zusammen mit der Europäischen Union im Zuge der “Energy Roadmap 2050” zum Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen drastisch zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, ist die Dekarbonisierung des Mobilitätssektors und im Zuge dessen eine (Teil-) Elektrifizierung verschiedener Fahrzeugklassen unerlässlich. Hierbei wird neben der Elektrifizierung der PKW auch die Elektrifizierung der LKW sowie anderer Verkehrsmittel des öffentlichen Verkehrs relevant.

Neben technischen Kriterien der verschiedenen Lade- und Netzinfrastrukturen gilt es auch, die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der verschiedenen Infrastruktursysteme zu untersuchen. Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit eine Ökobilanz erstellt, welche mithilfe der gemessenen CO₂-Äquivalente unterschiedliche Lade- und Netzsysteme auf Basis von Gleich- und Wechselstrom miteinander vergleicht. Zudem wird eine ökonomische Analyse der eingesetzten Materialien während des Produktionsprozesses durchgeführt, die sich auf die Analyse von zehn verschiedenen Metallen beschränkt und zukünftige Materialpreis-Entwicklungen bis zum Jahr 2030 für die Lade- und Netzinfrastruktur ableitet.

Die aufgestellte Ökobilanz zeigt, dass das verursachte Treibhauspotential während der Produktionsphase für die Ladesysteme stark von den eingesetzten Materialien und somit vom gewählten Ladegeräthersteller abhängt. Ein Ladesystem, welches auf Basis des Gleichstromnetzes errichtet wurde, verursacht 55 % weniger Treibhausgase. Für die betrachteten Netzsysteme gilt, dass die auf der Gleichstromtechnologie basierende Netzinfrastruktur, verglichen mit der der Wechselstromtechnologie in der Produktionsphase die dreifache Menge an Treibhausgasemissionen verursacht. Als Haupttreiber des Treibhauspotentials stellt sich jedoch die Nutzungsphase heraus. Aufgrund des höheren Wirkungsgrades der gleichstrombasierten Lade- und Netzinfrastruktur ist der Emissionsanteil nach spätestens fünf Jahren geringer als der der wechselstrombasierten Lade- und Netzinfrastruktur.

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Materialanalyse wird ersichtlich, dass die Infrastruktur auf Wechselstrombasis im Durchschnitt 75 % höhere Metallkosten verursacht als die Infrastruktur auf Gleichstrombasis. Zudem steigen in allen Preisszenarien der ökonomischen Auswertung die betrachteten Metallkosten für die Lade- und Netzinfrastrukturen von 2022 bis 2030 insgesamt um 20 % bis 75 % an.

Abstract

The German government, in conjunction with the European Union, has set itself the goal of significantly reducing greenhouse gas emissions in the "Energy Roadmap 2050". To achieve this goal, the decarbonization of the transportation sector and, as a result, the (partial) electrification of various vehicle classes are essential. In addition to the electrification of passenger cars, the electrification of trucks and other public transport vehicles is crucial.

Aside from technical criteria for the various charging and grid infrastructures, it is necessary to examine the ecological and economic impacts of various infrastructure systems. For this reason, in this scientific work an eco-balance was created, which compares different charging and grid systems based on direct current and alternating current using the measured CO₂-equivalents. Furthermore, an economic analysis of ten metals used in the production process is carried out, from which future material price developments up to the year 2030 for the charging and grid infrastructure are derived.

The established eco-balance shows that the global warming potential generated in the production phase of the charging systems depends heavily on the materials used and thus, on the chosen charging device manufacturer. A charging system based on the direct current grid causes 55% less greenhouse gases. For the considered grid systems, it is found that the direct current technology-based grid infrastructure causes three times more greenhouse gas emissions in the production phase compared to the grid infrastructure based on alternating current technology. However, the utilization phase proves to be the main driver of the global warming potential. Due to the higher efficiency of the direct current-based charging and grid infrastructure, the emission share after at least five years is lower than for the alternating current-based charging and grid infrastructure.

The material analysis performed in this study shows that the alternating current-based infrastructure has an average metal cost that is 75% higher than the direct current-based infrastructure. In addition, in all price scenarios of the ecological evaluation, the observed metal costs for charging and grid infrastructure increase by a total of 20% to 75% from 2022 to 2030.