

Comparing resource efficiency of charging options for battery electric vehicles (Master thesis)

Autor: Sascha Neu
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Christina Kockel, M. Sc.

Kurzfassung

Um die globalen Klimaziele zu erreichen, wird das Potenzial der erneuerbaren Energien durch Sektorkopplungstechnologien vom Stromsektor auf andere Sektoren übertragen. Konventionelle Netze sind für diese großräumige Integration oft nicht geeignet, daher sind innovative Konzepte gefragt, die auch hinsichtlich der Ressourceneffizienz nachhaltig sein sollten. Zu diesem Zweck werden in der folgenden Masterarbeit die relativen Ressourceneffizienzen eines Wechselstrom- (AC) und eines Gleichstrom- (DC) Infrastruktur-Ladesystems für Elektrofahrzeuge verglichen und analysiert. Bei den Vergleichssystemen handelt es sich um (1) ein AC-System mit 22 kW On-Board-Ladegeräten und (2) ein DC-System mit 50 kW Off-Board-Ladegeräten und zusätzlich 3,7 kW On-Board-Ladegeräten zur Sicherstellung der Haushaltsladung. Die Ermittlung der Anzahl der benötigten Fahrzeuge und Ladepunkte und damit der Ladegeräte- und Infrastrukturkomponenten für das Referenzjahr 2030 erfolgt unter Verwendung des "Stated Policies Scenario", das von der Internationalen Energieagentur entwickelt wurde und eine Empfehlung der EU-Richtlinie 2014/94/EU darstellt.

Die methodische Grundlage für die Berechnung der Ressourceneffizienz ist die ESSENZ-Methode. Der Fokus liegt dabei auf der Dimension "Verfügbarkeit", während die Dimension "gesellschaftliche Akzeptanz" in einem modifizierten Ansatz berücksichtigt wird. Der Vergleich zeigt, dass das DC-Ladesystem in jeder betrachteten Kategorie geringere Wahrscheinlichkeiten für eine begrenzte Ressourcenverfügbarkeit aufweist, mit im Mittel ca. 50 % geringeren Werten als das AC-System. Die höchsten Versorgungsrisiken treten in beiden Systemen in den Kategorien Handelshemmnisse, politische Stabilität und Nachfragewachstum auf.

In den beiden Kategorien, die in einer modifizierten Dimension der sozialen Akzeptanz betrachtet werden, macht das DC-System etwa 59 % der negativen Auswirkungen des AC-Systems aus. Die positiven Ergebnisse für das DC-System werden durch eine bereits vorhandene vergleichende Ökobilanz gestützt.

Das Transitionsmetall Tantal wurde als die kritischste benötigte Ressource identifiziert, was die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Versorgungsrisiken betrifft. Das Metall ist für die Herstellung des Tantalkondensators, der für die Treiberplatine benötigt wird, unverzichtbar und weist in sieben von zwölf in der ESSENZ-Methode betrachteten Verfügbarkeitskategorien signifikante Auswirkungen auf. Daher trägt es am meisten zu den resultierenden Wahrscheinlichkeiten des Versorgungsrisikos bei.

Abstract

In order to achieve global climate targets, the potential of renewable energies is transferred from the power sector to other sectors through sector coupling technologies. Conventional grids are often not suitable for this large-scale integration, thus innovative concepts are needed that should also be sustainable in terms of resource efficiency. For this purpose, the following master thesis compares and analyses the relative resource efficiencies of an alternating current (AC) and a direct current (DC) infrastructure charging system for electric vehicles. The comparative systems are (1) an AC system with 22 kW on-board chargers and (2) a DC system with 50 kW off-board chargers and additionally 3.7 kW on-board chargers to ensure domestic charging. The determination of the number of required vehicles and charging points, and therefore charger and infrastructure components, for the reference year 2030 is carried out using the “Stated Policies Scenario”, developed by the International Energy Agency and a recommendation from the EU Directive 2014/94/EU.

The methodical basis for the calculation of the resource efficiency is the ESSENZ-method. The focus is on the dimension of “availability”, while the dimension of “social acceptance” is considered in a modified approach. The comparison shows that the DC charging system scores lower probabilities of limited availability of resources in each category considered, with on average approximately 50 % lower values than the AC system. The highest supply risks in both systems occur in the categories: trade barriers, political stability, and demand growth.

In the two categories considered in a modified dimension of social acceptance the DC system accounts for approximately 59 % of the negative impacts of the AC system. The positive results for the DC system are supported by an already existing comparative life cycle assessment.

The transition metal tantalum was identified as the most critical resource required, regarding the probability of future supply risks. The metal is essential to produce the tantalum capacitor, required for the driver board and shows significant impact in seven of twelve availability categories considered in the ESSENZ-method. Therefore, it represents the main contributor to the resulting probabilities of supply risk.