

Master's Thesis

Statistical Modelling of German Traffic Behavior for the Evaluation of Charging Strategies of Electric Vehicles

**Statistische Modellierung des deutschen Verkehrsverhaltens zur Bewertung
der Ladesteuerung von Elektrofahrzeugen**

submitted by

Tapio Schmidt-Achert, B. Sc.

Matr. Nr. 03643445

submitted to

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Wagner

Chair of Energy Economy and Application Technology

In cooperation with the

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

Supervisors

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Mauch

Dipl.-Ing. Steffen Fattler

Abstract

The operational emissions of electric vehicles have been discussed controversially in science recently. In this thesis a methodology is developed to assess the CO₂ emission reduction potential of bidirectional controlled charging of battery electric vehicles in Germany for 2012 and 2030. For the year 2030 bidirectional charging leads to a specific emission of an average German middle class battery electric vehicle of -30 g/km. The emission reduction potential is assessed by first creating annual mobility profiles based on data from the German mobility surveys “Mobilität in Deutschland” and “Mobilitätspanel”. These annual mobility profiles are used as the main input for a second model that generates load profiles for uncontrolled, unidirectional and bidirectional controlled charging. Mobility behavior is shown to have a significant impact on emissions of bidirectional charging of battery electric vehicles. Full time working frequent drivers have highest specific CO₂ emissions of 7 g/km in 2030. Additionally, to the effect of mobility behavior, sensitivities of other factors are analyzed, e.g. increased charging power. In general, bidirectional charging leads to very low and even negative emissions, significantly increased battery cycles and higher and more frequent peak loads.

Kurzzusammenfassung

Die CO₂-Emissionen von batterieelektrischen PKW im Betrieb sind Gegenstand kontroverser Diskussionen in der Wissenschaft. In dieser Arbeit wurde eine Methodik zur Bewertung der CO₂-Emissionsreduktion durch bidirektional gesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen in den Jahren 2012 und 2030 entwickelt. Im Jahr 2030 führt bidirektionales Laden zu spezifischen CO₂-Emissionen von -30 g/km für ein durchschnittliches deutsches Fahrzeug. Zur Bestimmung des Emissionsreduktionspotentials werden zunächst Jahresfahrprofile generiert. Diese basieren auf den Daten der Mobilitätshebungen “Mobilität in Deutschland” und “Mobilitätspanel” und werden im zweiten Schritt als Eingangsdaten für einen Lastganggenerator genutzt, welcher Lastgänge für direktes ungesteuertes Laden, unidirektional- und bidirektional gesteuertes Laden berechnet. Mobilitätsverhalten hat einen signifikanten Einfluss auf des Emissionsreduktionspotential von bidirektionalem Laden von batterieelektrischen Fahrzeugen. Vollzeit arbeitende Vielfahrer haben die höchsten Emissionen aller Nutzergruppen von 7 g/km im Jahr 2030. Zusätzlich zum Einfluss des Verkehrsverhaltens, wurden Sensitivitäten anderer Einflussfaktoren untersucht, z. Bsp. der Einfluss erhöhter Ladeleistung. Im Allgemeinen führt bidirektionales Laden in dieser Arbeit zu sehr geringen bzw. negativen CO₂-Emissionen, erhöhten Zyklenzahlen der Batterie, sowie höheren und häufigeren Lastspitzen.