

Regional diffusion of electric vehicles in Sweden and Germany and the impact on the electric grids (Master thesis)

Autor: Daniel Theodor Rother
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Christina Kockel, M. Sc.

Kurzfassung

Um die globale Erwärmung zu begrenzen, haben sich die Länder verpflichtet, den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren. Da ein großer Teil dieser Schadstoffe auf den Verkehrssektor entfällt, haben sich die Länder das Ziel gesetzt, in den kommenden Jahren die Anzahl der Fahrzeuge, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, durch Elektrofahrzeuge zu ersetzen. Es wird erwartet, dass die steigende Anzahl von Elektrofahrzeugen und deren Aufladung die Spitzenlast und den Strombedarf in den Stromnetzen erhöhen wird. Vorhersagen über die Marktdiffusion von E-Fahrzeugen über nationale Regionen hinweg bieten eine Möglichkeit, die regionalen Auswirkungen des Ladens auf elektrische Netze abzuschätzen.

In dieser Masterarbeit wird die regionale Marktdiffusion von E-Fahrzeugen und ihre Auswirkungen auf das Stromnetz für Deutschland und Schweden für das Jahr 2030 modelliert. Zur Modellierung der regionalen Marktdiffusion wird ein multiples Regressionsmodell entwickelt, das auf vorangegangenen Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung basiert. Die Koeffizienten des Regressionsmodells werden mit der Methode der kleinsten Quadrate unter Verwendung regionaler historischer Daten über den Bestand an Elektrofahrzeugen, die Bevölkerungszahl, die Fläche, das Bruttoinlandsprodukt (BIP), die Anzahl der Beschäftigten, die Anzahl der Ladestationen und die Neuzulassungen von Fahrzeugen für beide Länder berechnet. Das Regressionsmodell wird dann verwendet, um den zukünftigen Anteil von E-Fahrzeugen vorherzusagen, indem Annahmen über die zukünftige Entwicklung der erklärenden Variablen des Regressionsmodells getroffen werden.

Die regionalen Auswirkungen des prognostizierten Anteils von E-Fahrzeugen auf das Stromnetz werden mit Hilfe eines bestehenden Referenznetzmodells modelliert, das von der Abteilung für Energietechnologie des Departments für Raumfahrt, Erde und Umwelt an der Chalmers University of Technology entwickelt wurde und in der Lage ist, synthetische elektrische Niederspannungsnetze zu erzeugen. Es wird ein direktes Ladeszenario unterstellt, bei dem alle E-Fahrzeuge zu Hause aufgeladen werden. Die häuslichen Ladeprofile der E-Fahrzeuge basieren auf mit dem Global Positioning System (GPS) gemessenen Fahrprofilen.

Die Analyse zeigt, dass die größte Marktdiffusion von E-Fahrzeugen in NUTS-3-Regionen mit einem hohen BIP und einer großen Bevölkerungszahl sowohl in Schweden als auch in Deutschland bis 2030 zu erwarten ist. Für das Jahr 2030 wird ein Szenario angenommen, bei dem 80 % der Neuzulassungen von E-Fahrzeugen auf konventionelle Fahrzeuge entfallen, wobei in beiden Ländern eine signifikante Diffusion in ländliche Gebiete beobachtet wird. Infolgedessen sind Netzverletzungen in beiden Ländern hauptsächlich in ländlichen und städtischen Gebieten zu finden, wobei in Schweden eine deutlich höhere Anzahl von Verletzungen als in Deutschland festgestellt wurde.

Abstract

In order to limit global warming countries have committed themselves to reduce their emission of greenhouse gases. With the transportation sector accounting for a large amount of these pollutants, countries have formulated targets to replace the number of fossil-fuel based vehicles by electric vehicles (EVs) in the coming years. The increasing number of EVs and their charging are expected to increase peak loads and electricity demand in electric grids. Predictions about the market diffusion of EVs across national regions offer one possibility to assess the regional impact of charging on electric grids.

In this master thesis the regional market diffusion of EVs and their impact on the electric grid for Germany and Sweden is modelled for the year 2030. To model the regional market diffusion a multiple regression model is developed based on previous research conducted by the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. The coefficients of the regression model are calculated with the least squares method using regional historical data on the EV stock, population size, area, gross domestic product (GDP), employment number, number of charging stations and new vehicle registrations for both countries. The regression model is then used to predict the future share of EVs by making assumptions on the future development of the explanatory variables of the regression model.

The regional impact of the predicted share of EVs on the electric grid is modelled using an existing reference network model developed by the division of Energy Technology, the department of Space, Earth and Environment at the Chalmers University of Technology, which is capable of generating synthetic electric low-voltage grids. A direct charging scenario is assumed, where all EVs get charged at home. The residential charging profiles of the EVs are based on Global Positioning System (GPS) measured driving profiles.

The analysis finds the largest market diffusion of EVs in NUTS-3 regions with a high GDP and large populations size for both Sweden and Germany by 2030. A scenario for 2030 of 80% new EV registrations to conventional car registration is assumed and a significant diffusion into rural areas for both countries observed. As a result, grid violations are mainly found in rural and urban areas for both countries, while Sweden shows a significantly larger number of violations than found for Germany.