

Prognostizierung von Elektrizitätslastprofilen im Verkehrssektor: Anwendung von Machine Learning auf Zeitreihenanalysen unter Einsatz von räumlich-zeitlichen Nutzenergiegedaten (Masterarbeit)

Autor: Tobias Endrigkeit
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Jan Priesmann, M. Sc.; Marius Tillmanns, M. Sc.

Kurzfassung

Die Umstellung von fossil betriebenen Verbrennungsmotoren auf elektrische, komponentenbasierte Mobilitätskonzepte stellt neue Herausforderungen an das Stromnetz. Zusätzlich erhöht die stetig steigende Nutzung unsteter erneuerbarer Energiequellen mit dem Ziel einer dekarbonisierten Gesellschaft bis 2045 die Komplexität und Dringlichkeit der Situation weiter. Um den Ausbau und die Funktionalität der Energiesysteme zu optimieren, sind Modelle zur Vorhersage der Nutzenergieverbräuche und ihrer zusätzlichen Stromlastprofile durch die Umstellung notwendig geworden. In diesem Zusammenhang haben sich in den letzten Jahren Ansätze des maschinellen Lernens als ein zunehmend wertvolles Werkzeug für die Planung und Optimierung von Energienetzen erwiesen.

Basierend auf dem JERICHO-E-Datensatz, der den Nutzenergieverbrauch der verschiedenen Sektoren im Jahr 2019 für Deutschland analysiert, wird in diesem Beitrag die Vorhersage von Stromlastprofilen mittels maschinellem Lernen untersucht. Zu diesem Zweck werden zunächst geeignete maschinelle Lernmodelle vorgestellt und miteinander verglichen. Mittels eines Monte-Carlo-Markov-Ketten-basierten Ansatzes werden die Nutzenergiegedaten dann in eine Zeitreihe umgewandelt, die die Lastprofilwahrscheinlichkeit beschreibt, die durch den Ladebedarf der Fahrzeuge entsteht. In einem weiteren Schritt werden mit Hilfe mehrerer Machine Learning Regressionsmodelle tagesgenaue Zeitreihen erzeugt. Schließlich wird die Vorausberechnung des Ladebedarfs auf der Grundlage einer Szenarioanalyse durchgeführt und mit räumlich aufgeschlüsselten Fahrzeugbestands- und Fahrleistungsdaten angereichert. Diese Ergebnisse werden mit anderen Modellen und Daten verglichen, um sie zu überprüfen.

Die Prognosen wurden mit dem TREMOD-Trendszenario und der Studie Agora Klimaneutrales Deutschland 2045 erstellt. Hierfür wurden Lastprofile für einen Landkreis, einen Stadtkreis und Deutschland insgesamt berechnet. Die Prognose zeigt, dass die Lastspitze des Ladebedarfs für Deutschland im Mai 2045 28 GW erreichen könnte, wenn die Annahmen zur Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor umgesetzt werden. Dies könnte auf mindestens 25 GW reduziert werden, wenn einfache Ladeanreize gesetzt werden.

Abstract

The switch from fossil fuel-powered internal combustion engines to electric component-based mobility concepts poses new challenges for the power grid. Additionally, the steadily increasing use of unsteady renewable energy sources with the goal of achieving a decarbonized society by 2045 further increases the complexity and urgency of the situation. In order to optimise the expansion and functionality of the energy systems, models for forecasting the useful energy

consumptions and their additional electricity load profiles resulting from the switchover have become necessary. In this context, machine learning approaches have proven to be an increasingly valuable tool for planning and optimising energy grids in recent years.

Based on the JERICHO-E dataset, which analyses the useful energy consumption of the different sectors in 2019 for Germany, this paper investigates the forecasting of electricity load profiles using machine learning. For this purpose, suitable machine learning models are first presented and compared with each other. Using a Monte Carlo Markov Chain based approach, the useful energy data are then converted into a time series describing the load profile probability created by the charging demand of the vehicles. In the following step, several Machine Learning regression models generate specific day type time series. Finally, the forecasting of charging demand is conducted based upon a scenario analysis and enriched by spatial disaggregated vehicle stock and mileage data. Those results are compared against other models and data for the purpose of verification.

Forecasts were made using the TREMOD trend scenario and the Agora Climate-Neutral Germany 2045 study. For this purpose, load profiles were calculated for a rural district, an urban district and Germany as a whole. The forecast shows that the charging demand load peak for Germany could reach 28 GW in May 2045 if the assumptions for achieving the climate goals in the transportation sector are implemented. This could be reduced to at least 25 GW if simple charging incentives are applied.