

## Kurzfassung

Die Notwendigkeit des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung zusammen mit den derzeitigen Entwicklungen im Verkehr indizieren dringenden Handlungsbedarf und die Erstellung von Umsetzungsstrategien. Der Beitrag, den die Elektromobilität hin zu einem klimaneutralen und effizienten Verkehr zu leisten vermag, ist derzeit unklar. Das erschließbare Reduktionspotenzial wird entscheidend durch das Ladeverhalten der Fahrzeugnutzer bestimmt. Hierzu fehlen derzeit belastbare empirische Erfahrungswerte. Das Ladeverhalten wird zusätzlich zu technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wesentlich durch das Mobilitätsverhalten geprägt. Dieses ist durch Lebensstile und Soziodemografie bestimmt, die einem Wandel unterliegen können. Ziel dieser Arbeit ist daher, einen Modellansatz für das Ladeverhalten unter Berücksichtigung von Lebensstilen und Soziodemografie zu entwickeln, der eine fundierte Quantifizierung des Potenzials der Elektromobilität im Gesamtenergiesystem ermöglicht.

Ausgangspunkt der vorliegenden Forschungsarbeit ist eine Analyse des Status Quo der Elektromobilität bezüglich Fahrzeugkonzepte, Marktbedingungen, Nutzeranforderungen an die Ladeinfrastruktur und Mobilitätsverhalten. Darauf aufbauend werden ein Modellansatz und ein Data-Mining-Verfahren entwickelt, das die Bildung von nutzungshomogenen Gruppen und deren Zuordnung zu soziodemografischen Merkmalen von potenziellen Elektrofahrzeug-Nutzern ermöglicht. Gegenüber derzeitigen Ansätzen hat der im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelte Ansatz den Vorteil, dass demografische Effekte und die Bildung von spezifischen Käuferschichten in der Modellierung der resultierenden Ladeleistung eines Elektrofahrzeugbestands berücksichtigt werden können.

Die ermittelten Tagesprofile des Ladeenergiebedarfs werden zusammenfassend dazu genutzt, Energieszenarien mit Berücksichtigung der Elektromobilität zu untersuchen. Hierzu wird ein bestehendes Bottom-Up-Modell verwendet, welches das Energieversorgungssystem sektorübergreifend abbildet. Die oft verwendete Kopplung der Elektromobilität mit Strommodellen greift dabei zu kurz, da variierende Ladeprofile die Emissionssituation in der Stromversorgung und damit auch das Kostenranking von Techniken und Maßnahmen in allen Sektoren beeinflussen. Die Analysen zeigen das hohe Potenzial der Elektromobilität für die Erfüllung von Klimaschutz- und Energieeinsparzielen im Verkehr. Weiterhin konnte der Einfluss von verschiedenen Zielregimen auf das Potenzial der Elektromobilität quantifiziert werden.

Weiterer Forschungsbedarf ist bei der Abbildung der generierten Ladebedarfsprofile in räumlich und zeitlich höher auflösenden Energiesystemmodellen und einer darauf aufbauenden Bewertung der Elektromobilität zu sehen. Zudem ist die Berücksichtigung neuer Mobilitätskonzepte wie zum Beispiel autonomes Fahren und Sharing-Konzepte bei der Bildung homogener Cluster bezüglich des Ladeverhaltens in den Blick zu nehmen.

## **Executive Summary**

The need for climate protection and resource conservation, in combination with current trends in transportation, requires urgent action and the implementation of viable strategies. Today the contribution of electric transportation towards a climate-neutral and efficient transport system is not clear, given that the reduction potentials are determined to a significant degree by the charging behavior of vehicle users. Thus far, sound empirical experiences of charging behavior has been lacking. The resulting energy demand from charging is not only characterized by technical and economic conditions, but also by user behavior. The mobility behavior is determined by lifestyles and socio-demographic aspects and their development over long periods. Therefore, the goal of this study is to develop a model approach that takes into account the lifestyles and socio demographic factors underpinning the charging behavior. This will provide a fact-based quantification of the effects achieved by electric vehicles in the total energy system.

The starting point of this research is an analysis of the status quo of electric vehicle concepts, market conditions, user requirements, charging infrastructure and mobility behavior. On the basis of that, a modeling approach for the charging demand of electric vehicles is developed. To allow for the socio-demographic mapping of mobility patterns, a data-mining method is developed to build homogeneous clusters of electric vehicle users. Compared to current models for charging profiles, this method has the advantage that demographic effects and the formation of specific groups of buyers can be taken into account.

In summary, the diurnal demand profiles for charging electric vehicles are used to analyze the impact and attainable effects of electric vehicles within the total energy system. On this, an existing bottom-up energy system model is adapted for the analysis across all sectors. The combination of charging load and power flow models is not sufficient, because varying charging profiles influence the emissions of the power sector and the cost ranking of techniques and measures in other sectors. The analyses show the high potential of electric vehicles to meet climate protection and energy saving targets. The significant impact of different target regimes in the scenarios on the application of electric vehicles could then be quantified.

To illuminate the impact of charging demand profiles on cost-optimized system designs, further research is needed using adapting models with higher spatial and temporal resolution. Furthermore, the impact of new mobility concepts such as, e.g., autonomous driving and sharing concepts, should be analyzed. The developed data-mining concept for clustering homogeneous user groups and the resulting charging profiles should also be applied to the possible change in mobility patterns.