

# Netz- und marktseitige Modellierung der Auswirkungen der Elektromobilität auf die Haushaltsstrompreise in Deutschland

Themenbereich 3 - Integrierte Netze der Zukunft

Matthias KÜHNBACH<sup>(1)</sup>, Judith STUTE<sup>(1)</sup>, Till GNANN<sup>(1)</sup>, Martin WIETSCHEL<sup>(1)</sup>, Simon MARWITZ, Marian KLOBASA<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

## Motivation und zentrale Fragestellung

Im Rahmen der Energiewende kommt dem Verkehrssektors, der für 18 % der deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich ist, eine zentrale Rolle zu [1]. Aufgrund hoher Fahrzeugeffizienzen wird die Elektromobilität diesbezüglich als wichtige technologische Option gesehen. Weltweit verzeichnen Elektrofahrzeuge derzeit deutliche Zuwachsraten [2]. Während auf diese Weise zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors beigetragen wird, ergeben sich technische und ökonomische Auswirkungen auf das Stromsystem. Einerseits besteht die Notwendigkeit, die zusätzliche Stromnachfrage von Elektrofahrzeugen zu decken. Gleichzeitig kann das zielgerichtete Laden von Elektrofahrzeugen einen Beitrag zur Integration von Erneuerbaren Energien leisten [3]. Aus Netzsicht stellen Elektrofahrzeuge einen neuen Verbraucher mit hohem Leistungsbedarf dar, durch den Investitionen in das Verteilnetz erforderlich werden können.

Um diese Teilauswirkungen und damit die Auswirkungen von Elektrofahrzeugen auf die Strompreise in Deutschland ganzheitlich zu bewerten, werden innerhalb dieser Studie verschiedene Modelle gekoppelt. Dabei werden folgende Fragestellung untersucht:

Nachfrageseitig:

- Wie verteilt sich die stündlich aufgelöste Last des Ladevorgangs von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung verschiedener Ladeleistungen?

Erzeugungsseitig:

- Welche Auswirkungen hat die Elektromobilität auf die Systemlast und in der Folge auf die Stromgestehungskosten?
- Inwieweit führt Lastmanagement zu einer Reduktion der Stromgestehungskosten?

Netzseitig:

- Welchen Einfluss nimmt der Ladevorgang von Elektrofahrzeugen auf die Investition in Netzausbau in elektrischen Verteilnetzen und die daraus resultierenden Netzentgelte?

## Methodische Vorgangsweise

Zur Modellierung des Einflusses der Elektromobilität auf den Haushaltstrompreis in Deutschland wurde am Fraunhofer ISI ein Modellansatz entwickelt, in welchem vier Modelle gekoppelt werden. Die Modellkopplung sowie das Vorgehen innerhalb der Studie sind in Abbildung 1 beschrieben.

Im Markthochlaufmodell *ALADIN* wird die zukünftige Diffusion privater Elektrofahrzeuge und deren Ladeverhalten am heimischen und am Arbeitsstandort simulativ abgebildet. Dabei werden verschiedene Ladeleistungen (3,7 kW, 11 kW oder 22 kW) unterstellt. Dies wird anschließend an das Simulationsmodell *eLOAD* übergeben, in welchem die Systemlast ermittelt und unter Berücksichtigung der Elektromobilität sowie weiterer relevanter Treiber in das Jahr 2030 projiziert wird. Darüber hinaus erlaubt das Modell *eLOAD* die Simulation des Lastmanagementeinsatzes von Elektrofahrzeugen auf Basis eines Residuallastsignals. Die Systemlast vor und nach Lastmanagement wird im nächsten Schritt an das Strommarktmodell *MiPU* übergeben, in welchem ein kostenminimaler Kraftwerksdispatch unter Berücksichtigung technischer und ökonomischer Kennwerte und somit stündliche Stromgestehungskosten ermittelt werden. Parallel wird die Last von Elektrofahrzeugen dem Modell *FLEX-GOLD* übergeben, in dem die an einem Niederspannungsnetz anliegende Last berechnet und Netzinvestitionen sowie daraus resultierende Netzentgelte über einen Netzausbaualgorithmus bestimmt werden. Im letzten Schritt werden die Haushaltstrompreise unter Beachtung von Steuern und Umlagen auf Basis der aus den Modellen entnommenen Teilergebnisse für die unterstellten Szenarien hinsichtlich Ladeleistung und lokaler Durchdringung berechnet.

<sup>1</sup> Jungautor, Breslauer Straße 48, D-76139 Karlsruhe, Deutschland, Telefon: +49 721 6809-147, [matthias.kuehnbach@isi.fraunhofer.de](mailto:matthias.kuehnbach@isi.fraunhofer.de), [www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de)

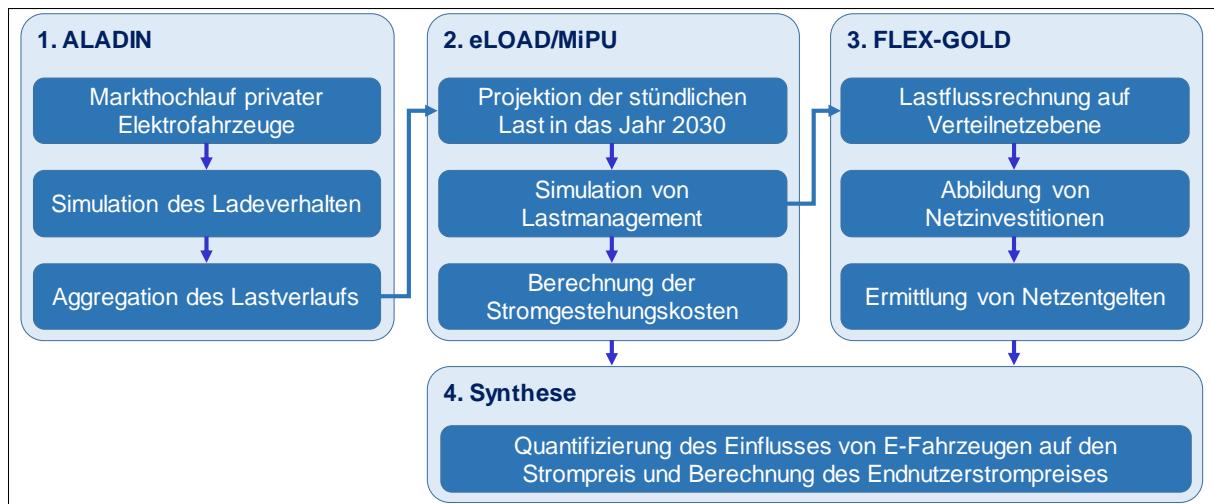


Abbildung 1: Ablauf der Modellkopplung und Ableitung der zentralen Ergebnisse

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Synthese der Modellergebnisse zeigt, dass die Diffusion privater Elektrofahrzeuge in Deutschland zu einer Reduktion der spezifischen Strompreise für Haushaltkunden führen kann (siehe Abbildung 2). Als wesentliches Ergebnis der Berechnungen im Verteilnetz lässt sich festhalten, dass relevante Netzinvestitionen nur dann anfallen, wenn eine hohe Ladeleistung mit ungesteuertem Laden zusammenfällt. Durch die zusätzliche Stromnachfrage wird die Netzauslastung insgesamt erhöht, wodurch die spezifischen Netzentgelte gesenkt werden können. Gegenläufig ist der Effekt auf die Stromgestehungskosten, da die zusätzliche Last dazu führt, dass Kraftwerke mit höheren Grenzkosten eingesetzt werden. Mehrkosten können jedoch durch ein optimiertes Ladenverhalten begrenzt werden. Insgesamt wird der Effekt steigender Stromgestehungskosten i. d. R. durch sinkende spezifische Netzentgelte überkompensiert. Als wesentliche Treiber der Auswirkungen der Elektromobilität konnte zum einen die lokal zu erwartende Durchdringung und zum anderen die Möglichkeit zum gesteuerten Laden von Elektrofahrzeugen identifiziert werden.

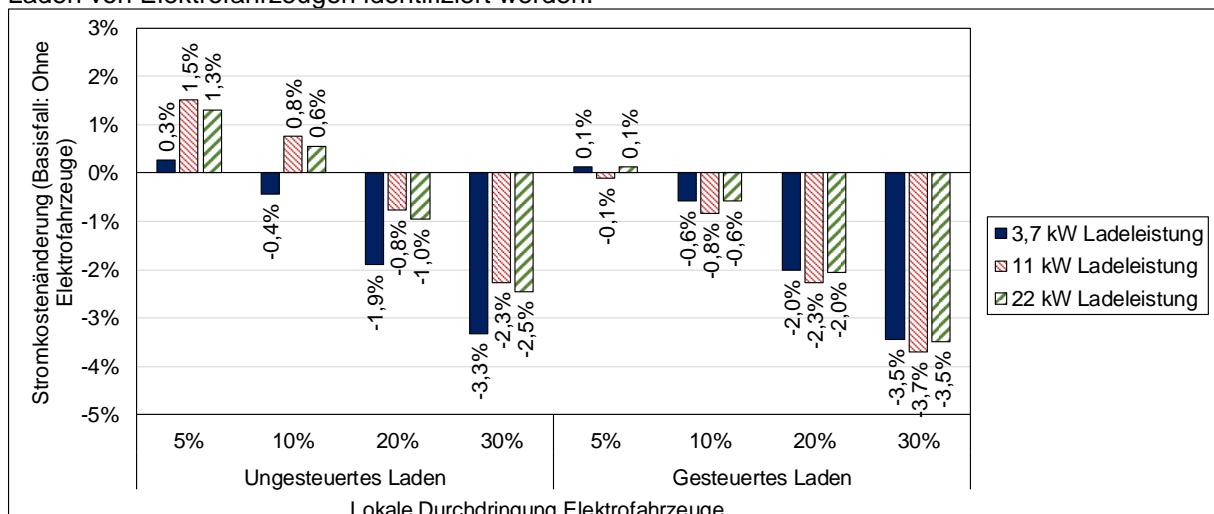


Abbildung 2: Änderung des Strompreises für Haushaltkunden durch private Elektrofahrzeuge

## Literatur

- [1] Umweltbundesamt (2018): Emissionsquellen. Download am 01.11.2018. Online verfügbar unter [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#textpart-1](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#textpart-1)
- [2] IEA (2017): Energy Technology Perspectives 2017. International Energy Agency (IEA), Paris.
- [3] Gnann, T.; Klingler, A.; Kühnbach, M. (2018): The load shift potential of plug-in electric vehicles with different amounts of charging infrastructure, Journal of Power Sources, Vol 390, p. 20-29, doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.04.029.