

NUTZUNG VON ELEKTROMOBILEN FLOTTEN ZUR LASTVERSCHIEBUNG

Katrin SEDDIG^{1,2*}, Patrick JOCHEM², Wolf FICHTNER²

¹ Energy Solution Center e.V. (EnSoC), Haid-und-Neu-Str. 7, D-76131 Karlsruhe, Deutschland, www.ensoc.de

² Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP), Hertzstr. 16, D-76187 Karlsruhe, Deutschland, www.iip.kit.edu und Karlsruher Service Research Institute (KSRI), Kaiserstr. 12, D-76131 Karlsruhe, Deutschland, www.ksri.kit.edu

*Korrespondierender Nachwuchsautor, k.seddig@ensoc.de, Telefon: +49 721 7540 3314, Fax: +49 721 7540 3310

Inhalt

Mit der zunehmenden Bedeutung von Elektromobilität wird in diesem Beitrag untersucht, inwieweit Flotten von Elektrofahrzeugen die Möglichkeit bieten, als gesteuerte Last genutzt zu werden. Dabei soll sowohl der zeitliche als auch mengenmäßige Energieverbrauch als flexible Größe untersucht werden. Nähere Betrachtung finden bei dem Lastverschiebepotenzial von Elektrofahrzeugen die verschiedenen Kunden sowie Flotten und die Auswirkungen von fünf verschiedenen Ladestrategien. Zur Analyse wird ein agentenbasiertes Modell genutzt, welches die betrachteten Flotten mit den technischen und zeitlichen Restriktionen abbildet.

Einhergehend mit der Energiewende in Deutschland sind die herausgegebenen Ziele, wie die Reduktion der CO₂-Emissionen durch die erhöhte Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien, vorgegeben. Hierbei sollen die Ziele nicht nur durch Effizienzsteigerungen in der Industrie und dem Zubau von Wind- oder Photovoltaikanlagen in der Energiewirtschaft umgesetzt werden, sondern auch im Transportsektor durch den höheren Anteil an Elektrofahrzeugen und alternativen Kraftstoffen.

Elektrofahrzeuge überzeugen insbesondere hinsichtlich ihrer deutlich höheren Energieeffizienz gegenüber konventioneller Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, verminderter lokalen Emissionen sowie ihrer höheren Flexibilität hinsichtlich der verwendbaren Ressourcen.

Mit zunehmendem Eintritt der Elektrofahrzeuge in den Markt muss eine zusätzliche Last im Energiesystem Berücksichtigung finden, insbesondere im Niederspannungsnetz. Beispielsweise verdoppelt sich der Energieverbrauch annähernd bei einem durchschnittlichen privaten Haushalt, wo hingegen sich die nationale Energienachfrage nur geringfügig ändert. (Vgl. [1] und [2]). Durch Demand Side Management (DSM) können Elektrofahrzeuge als flexible Last integriert werden. Dieses Lastverschiebepotenzial kann genutzt werden, um die fluktuierende Einspeisung durch erneuerbare Energien erheblich zu verbessern und so deren Integration in das Stromnetz zu erleichtern. Dieses führt zu einem stabileren und sicheren Energienetz.

Methodik

Für die Flotten von Elektrofahrzeugen werden verschiedene Ladestrategien analysiert. Die elektromobilen Flotten werden von einem Flottenmanagementsystem gesteuert und somit liegt ein Verteilungsproblem vor. Einschränkungen treten sowohl aufgrund einer begrenzten Energiemenge für das Laden der Elektrofahrzeuge auf oder durch technische Netzrestriktionen. Ist beispielsweise eine heute übliche Ladestrategie implementiert („ungesteuertes Laden“), werden die Autos sofort an der Ladesäule laden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind: das Fahrzeug muss einerseits komplett, inklusive Autorisierungsprozess angemeldet und über ein Kabel verbunden sein. Andererseits muss ausreichend elektrische Energie zum laden anliegen (unter Berücksichtigung der

Netzrestriktionen des Energiesystems). Falls die benötigte Energie nicht ausreicht, muss der Ladeprozess verschoben werden [3]. Für diesen Fall wird der Einfluss von fünf verschiedenen Ladestrategien näher untersucht: die erste ist ungesteuertes laden, also first come first serve unter Berücksichtigung der Netzlast (erstes Fahrzeug, welches nicht mehr laden kann fängt erst an zu laden, wenn seine gewünschte Leistung durch ein oder mehrere andere Fahrzeuge wieder verfügbar ist). Die zweite Strategie ist indirekt proportional zu dem Batteriestand (d. h. die Fahrzeuge mit einem geringeren Batteriestand haben eine höhere Priorität). Bei der dritten und vierten Strategie werden die Elektrofahrzeuge nach dem Batteriestand sortiert, einmal haben die Fahrzeuge mit niedrigerem Batteriestand eine höhere Priorität und als gegenläufiges Szenario werden die Fahrzeuge mit hohem Batteriestand bevorzugt geladen. Die fünfte Ladestrategie ist ein gewichtetes Mittel von der vorhandenen elektrischen Energie zum laden (d. h. alle Elektrofahrzeuge die in dem Zeitfenster laden müssen, laden mit der gleichen Leistung). Zwei unterschiedliche Lademodi werden betrachtet, zum einen Mode 2¹ (3,7kW) und zum anderen Mode 3 (22kW). Es wird zunächst angenommen, dass die Fahrzeuge diese Lastbeschränkung voll ausnutzen und jedes Fahrzeug einem Mode zugeordnet wird, aber innerhalb dieser mit variabler Ladeleistung laden kann.

Es wird ein multiagentenbasiertes Simulationsmodell auf der Simulationsplattform Repast eingesetzt. Diese Plattform findet bereits u. a. bei PowerACE [4] und COMIT [5] Anwendung. Dieses ermöglicht die Interaktion der verschiedenen Agenten miteinander darzustellen. Verschiedene Agenten sind dabei abgebildet, z. B. Elektrofahrzeuge, Fahrzeugnutzer mit verschiedenen Fahrtenprofilen, etc. Definierte Szenarien untersuchen mit statistischen Methoden die Auswirkungen auf die zugrunde gelegten Rahmenbedingungen (insb. Verteilnetz, E-Pkw-Verfügbarkeit, ...).

Zusammenfassung und Ergebnisse

Dieser Beitrag zeigt mögliche Lastverschiebepotenziale von elektromobilen Flotten unter verschiedenen Szenarien auf. Ersichtlich wird bei der Fahrzeugverfügbarkeit, dass fast alle der fünf untersuchten Ladestrategien jeweils bestimmte Bereiche besitzen, die zu einer besseren Auslastung der elektromobilen Flotten führen. Hierbei wird ein multiagentenbasiertes Simulationsmodell angewendet, um die Fragestellungen zu analysieren, konkrete Parameterbereiche zu identifizieren, sowie deren Einfluss auf die Ergebnisse zu quantifizieren.

Angelehnt an das Elektromobilitätsprojekt im Schaufenster Baden-Württemberg „LivingLab BW^e mobil“ „Integriertes Flottenladen“ werden auch Themen wie der Aufbau von einer fehlenden Ladeinfrastruktur und zu implementierende Geschäftsmodelle aufgegriffen.

Referenzen:

- [1] Jochem, P.; Kaschub, T.; Paetz, A.-G. und Fichtner, W. (2012): Integrating Electric Vehicles into the German Electricity Grid – an interdisciplinary Analysis, in proceedings of the Electric Vehicle Symposium 26 (EVS26), Los Angeles, CA.
- [2] Jochem, P.; Babrowski, S. und Fichtner, W. (2013): Electric Vehicle Market Penetration and Corresponding CO₂ Emissions: A German Case Study For 2030, IAEE-Konferenz-Proceedings, Düsseldorf.
- [3] Hahn, T.; Schönfelder, M.; Jochem, P.; Heuveline, V. und Fichtner, W. (2013): Model-based Quantification of Load Shift Potentials and Optimized Charging of Electric Vehicles, Smart Grid and Renewable Energy, 4 (5), pp. 398-408.
- [4] Genoese, M. (2010): Energiewirtschaftliche Analysen des deutschen Strommarkts mit agentenbasierter Simulation. Nomos Verlag, Baden-Baden.
- [5] Jochem, P. (2009): A CO₂-Emission Trading Scheme for German Road Transport – assessing the impacts using a meso economic model with multi-agent attributes, Nomos Verlag, Baden-Baden.

¹ Diese sind gemäß der Norm für Lademodi von Elektrofahrzeuge, der IEC 61851-1.