

Nutzung von elektromobilen Flotten zur Lastverschiebung

Katrin Seddig^{1,2}; Patrick Jochem²; Wolf Fichtner²

1 Energy Solution Center (EnSoC)

2 Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) und Karlsruher Service Research Institut (KSRI)

Graz, 14.02.2014 – 13. Symposium Energieinnovation



Agenda

-
- Einführung
 - Methodik
 - Ergebnisse
 - Zusammenfassung und Ausblick
-

Einführung

Ausgangslage

Ziel der Energiewende in Deutschland: Reduktion der CO₂-Emissionen u.a. durch

- Effizienzsteigerungen in der Industrie
- Zubau von Wind- oder Photovoltaikanlagen
- **höheren Anteil an Elektrofahrzeugen** und alternativen Kraftstoffen im Transportsektor

Herausforderung

Steigende Zahl von Elektrofahrzeugen bewirkt

- steigende Energienachfrage im Energiesystem
- höhere Lastspitzen im Niederspannungsnetz

Ziel des aktuellen Forschungsprojekts

Nutzung einer elektromobilen Flotte (Dienstfahrzeuge) zum Lastausgleich (Lastmanagement) im Stromnetz durch intelligentes Laden der Fahrzeuge

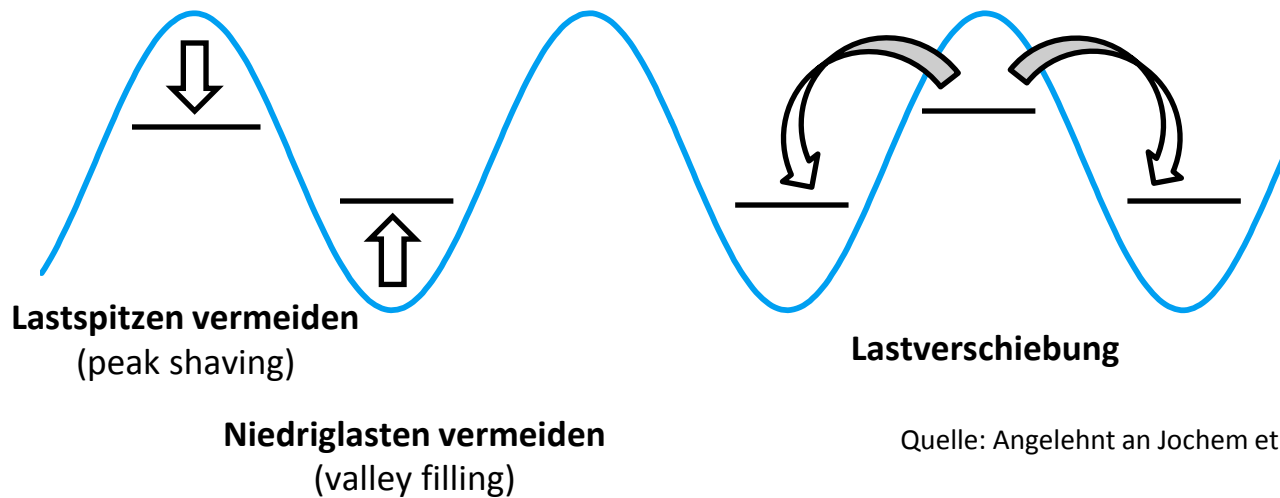
- Untersuchung verschiedener Ladestrategien
- Quantifizierung des Lastverschiebepotenzials



Demand Side Management

- Lastverschiebepotenziale nutzen, um die fluktuierende Einspeisung durch erneuerbare Energien erheblich effizienter nutzen zu können und so deren Integration in das Stromnetz zu erleichtern

Möglichkeiten Elektrofahrzeuge zur Lastverschiebung zu integrieren



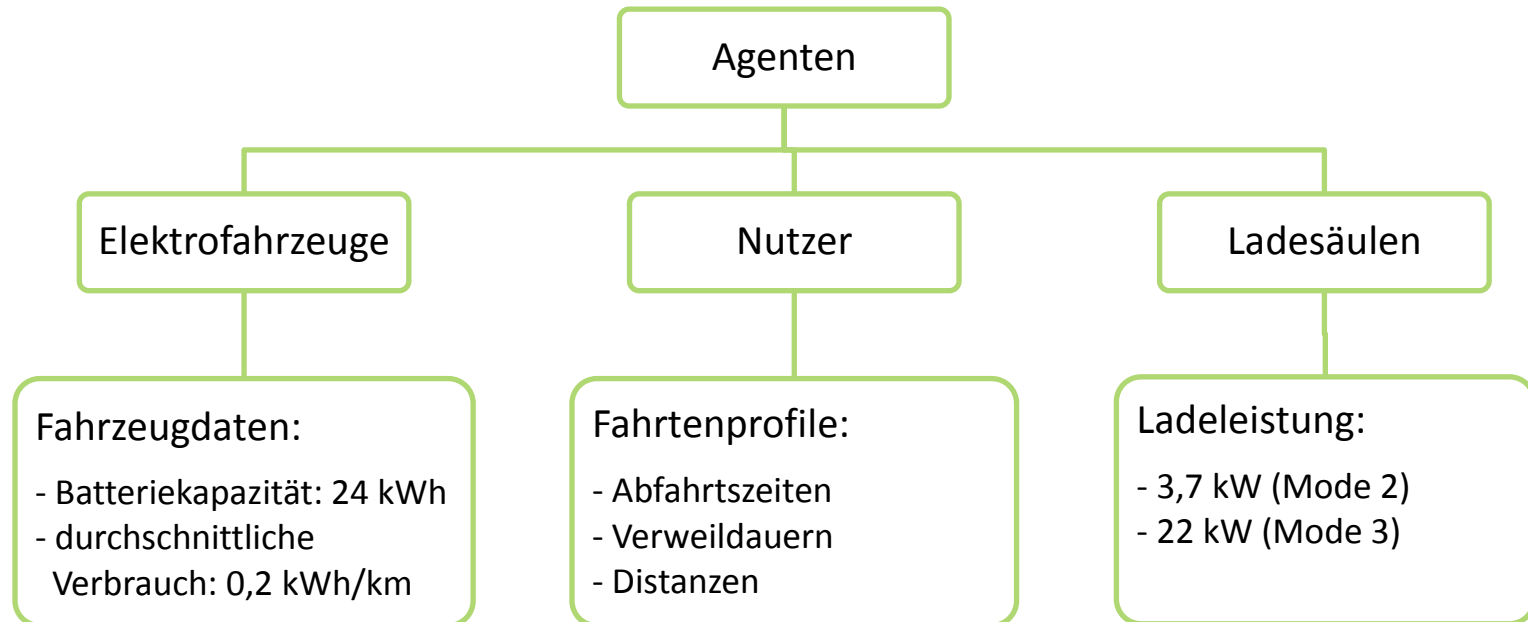
Quelle: Angelehnt an Jochem et al. (2013)

Weitere Möglichkeit

Elektrofahrzeuge als mobile Pufferspeicher zu nutzen

→ Einbindung als Rückspeisemöglichkeit in das Elektrizitätssystem („vehicle-2-grid“)

Überblick der Hauptagenten



Annahmen, z. B.:

- Jedes Elektrofahrzeug besitzt einen Ladepunkt
- Jedes Elektrofahrzeug wird einem Mode zugeordnet, aber innerhalb dieser kann mit variabler Ladeleistung geladen werden

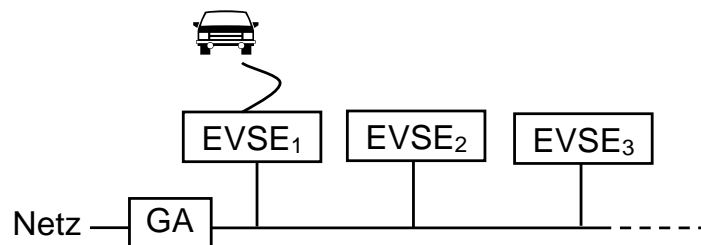


Modelaufbau

- Berechnungen erfolgen in einer 1-minütigen Auflösung ($t \in \{1, \dots, T\}$)
- Ist die maximale Gebäudeanschlussleistung P_{GA} des gesamten Fuhrparks größer als die maximale Gesamtladeleistung $P_{Ges} = n * P_{EVSE}$ aller Fahrzeuge an den Ladesäulen $i \in \{1, \dots, I\}$, so sind Ladestrategien offensichtlich irrelevant, da im Extremfall alle Fahrzeuge des Fuhrparks gleichzeitig mit voller Ladeleistung P_{EVSE} laden können.

$$P_{GA} > \sum_i P_{EVSE_{i,t}} \quad \forall t;$$

- Sobald P_{GA} jedoch kleiner ist als P_{Ges} , kann die Wahl einer Ladestrategie Auswirkung auf die Erfolgsquote der Buchungen haben
- Relative maximale Anschlussleistung P_{GA}/P_{Ges} als Modellparameter gewählt, d. h. mit einer steigenden Anzahl n an Fahrzeugen wächst die tatsächliche maximale Anschlussleistung P_{GA} linear mit n (bis technische Restriktionen erreicht sind)
- Begrenzung der Gebäudeanschlussleistung vorgesehen:



Legende

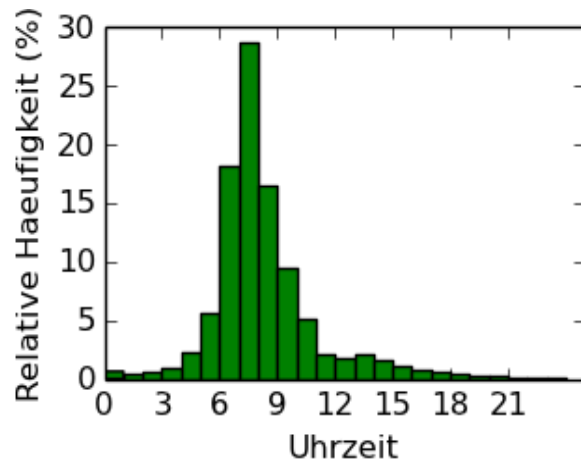
- P_{GA} maximale Leistung des Gebäudeanschlusses (Sicherheit)
- $EVSE_i$ Ladestation i (mit maximaler Ladeleistung P_{EVSE})



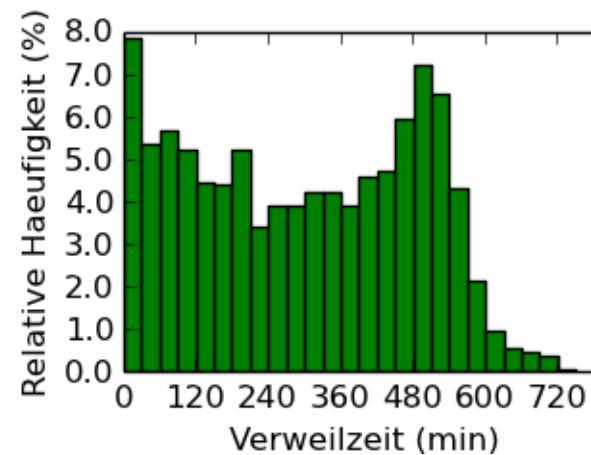
Nutzerverhalten

- Betrachtung von Werktagen (Montag bis Freitag) für die Dienstfahrten mit einem Abfahrtszeitfenster von 5 bis 18 Uhr
- Synthetische Fahrten auf Basis der Daten des „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (KiD) 2010“ von den Dienstfahrten erstellt






Verteilung der Abfahrtszeiten von Dienstfahrten im Tagesverlauf; Datenquelle [KiD]



Verteilung der Verweildauern von Dienstfahrten im Tagesverlauf; Datenquelle [KiD]



Übersicht der betrachteten Ladestrategien

Nummer der Ladestrategie	Beschreibung
1 	gleichgewichtetes Mittel der vorhandenen elektrischen Energie zum Laden (d. h. alle eingesteckten Elektrofahrzeuge, laden mit der gleichen Leistung)
2 	indirekt proportional zu dem Batteriestand (d. h. die Fahrzeuge mit einem geringeren Batteriefüllstand (SoC) haben eine höhere Priorität und die vorhandene Anschlussleistung wird, abhängig vom SoC, zwischen allen Fahrzeugen aufgeteilt)
3 	ungesteuertes Laden → ‚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 Beendigung des Ladeprozesses eines oder mehrerer anderer Fahrzeuge wieder verfügbar ist)
4 	Elektrofahrzeuge werden nach dem Batteriefüllstand sortiert; Fahrzeuge mit hohem Batteriestand haben eine höhere Priorität; Elektrofahrzeuge laden entsprechend ihres Ranges, immer mit maximaler Ladeleistung, bis die Anschlussleistung ausgeschöpft ist
5 	Elektrofahrzeuge werden nach dem Batteriefüllstand sortiert; Fahrzeuge mit niedrigerem Batteriestand haben eine höhere Priorität; Elektrofahrzeuge laden entsprechend ihres Ranges, immer mit maximaler Ladeleistung, bis die Anschlussleistung ausgeschöpft ist

Szenarien Ausgestaltung

- Parameterbereiche: Flottengröße zwischen
 - 5 bis 50 Fahrzeugen
 - 10 bis 350 Nutzer (proportional zur Anzahl der Buchungsanfragen)

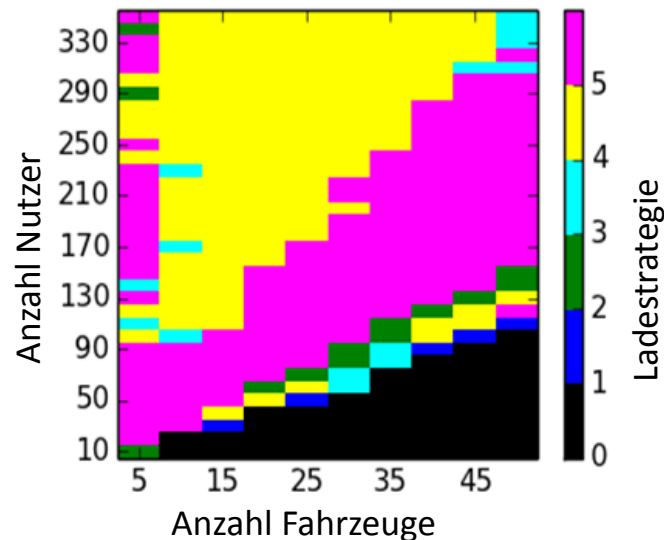
- Variierende Gebäudeanschlussleistung
- Fünf Ladestrategien
- 3,7 kW (Mode 2) oder 22 kW (Mode 3) Ladeleistung



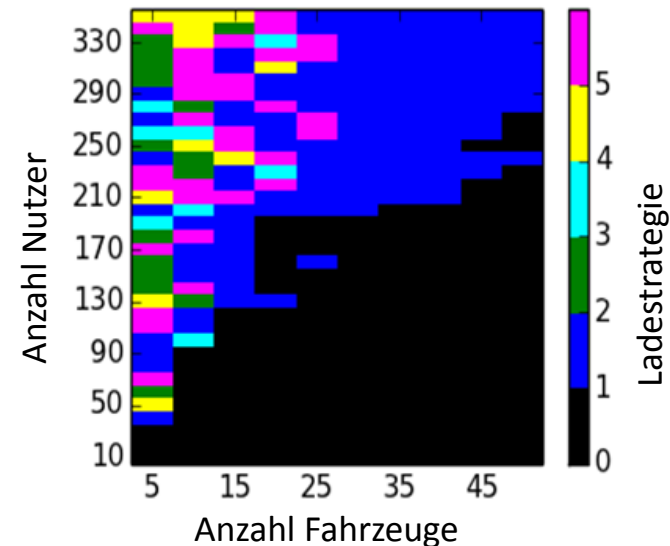
- Vorausgesetzt die Maximallast beim Laden mit 3,7 kW (Mode 2) ist begrenzt:
Unterscheiden sich die Flotten bei der Fahrzeugverfügbarkeit aufgrund der ausgewählten Ladestrategie und welche Ladestrategie wäre zu bevorzugen?

Dominierende Parameterbereiche der einzelnen Ladestrategien hinsichtlich Fahrzeugauslastung

Maximale Gebäudeanschlussleistung 18,5 kW



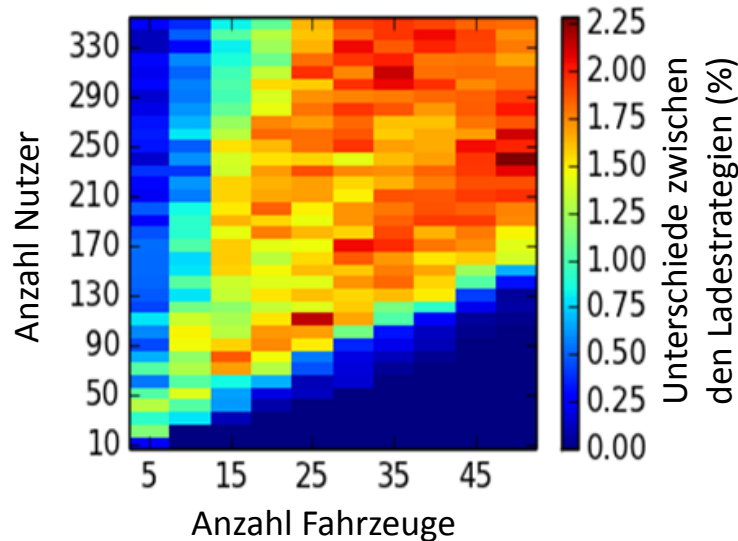
Maximale Gebäudeanschlussleistung 55,5 kW



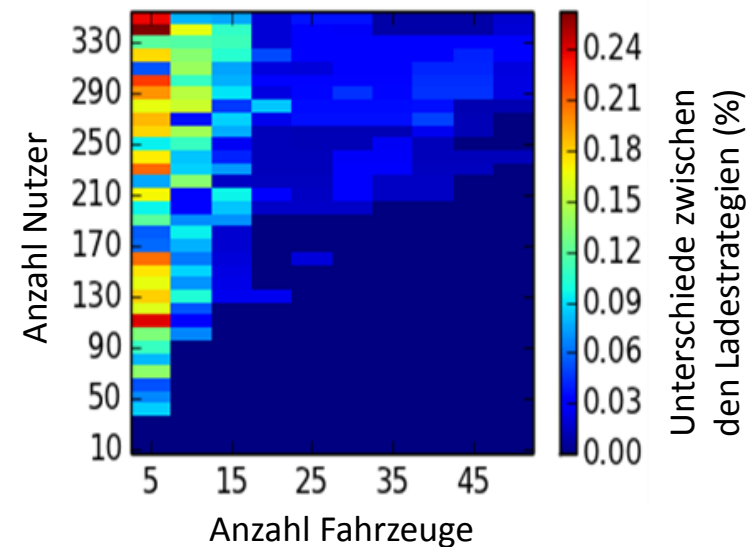
- Jede Ladestrategie besitzt einen Bereich, in dem sie dominierend ist und damit eine höhere Verfügbarkeit der Fahrzeuge ermöglicht
- Bei begrenzterer Anschlussleistung scheinen Strategien 4 und 5 besser geeignet zu sein

Auswirkungen der fünf Ladestrategien auf die Fahrzeugverfügbarkeit

Maximale Gebäudeanschlussleistung 18,5 kW



Maximale Gebäudeanschlussleistung 55,5 kW

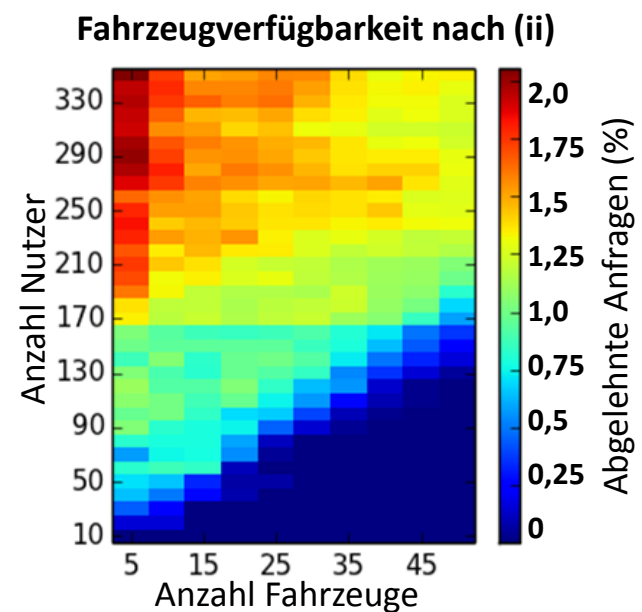
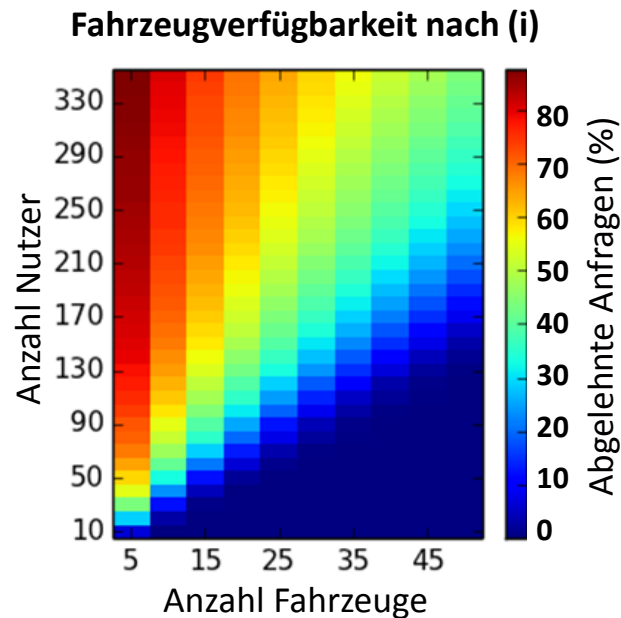


→ Bei diesen gewählten Parameterkonstellationen tragen die Ladestrategien nur einen sehr geringen Prozentsatz (max. 2%) zur erreichten Fahrzeugverfügbarkeit bei

Fahrzeugverfügbarkeit

Unterscheidung zwischen zwei Gründen für die Ablehnung der Nutzeranfragen:

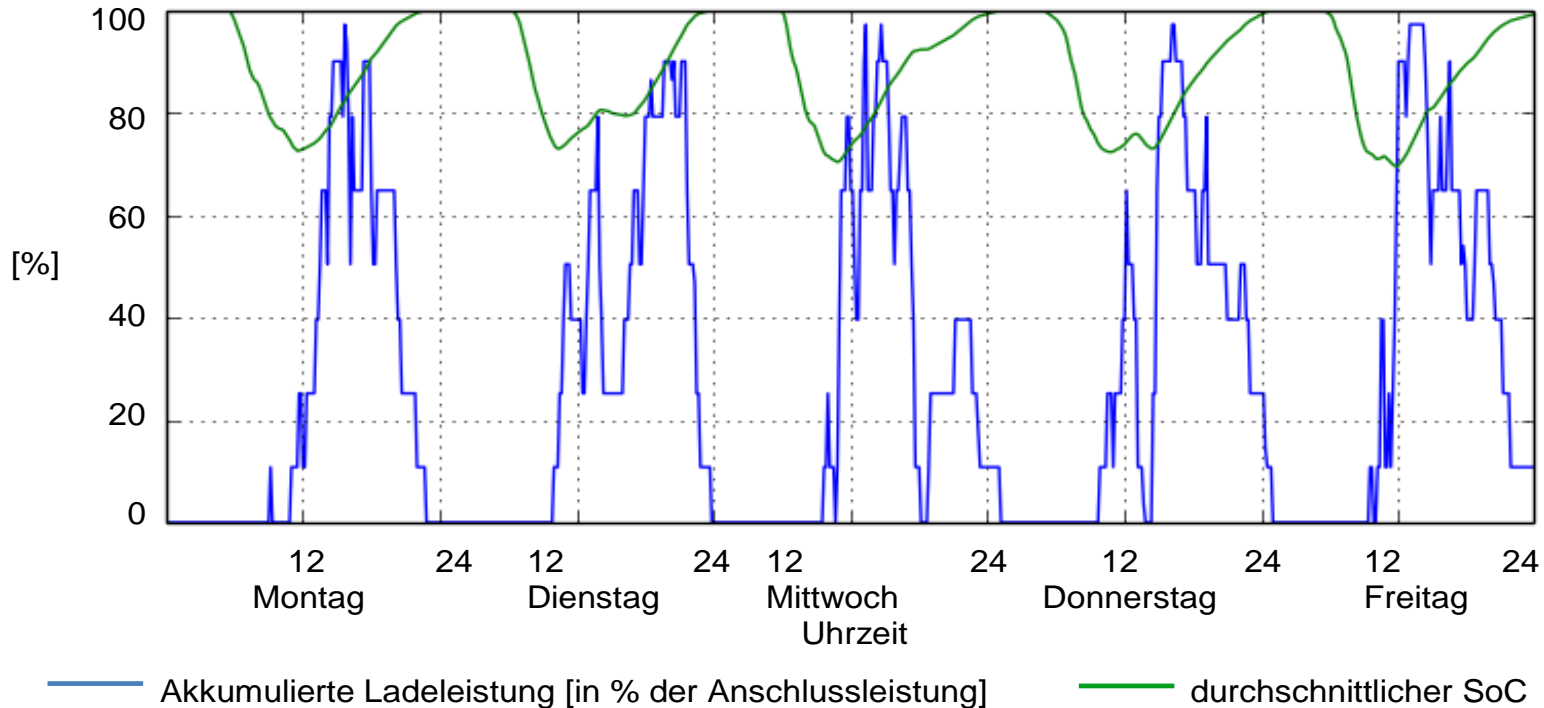
- (i) alle Elektrofahrzeuge sind ausgeliehen oder
- (ii) Fahrt nicht möglich, weil nicht ausreichend Energie verfügbar ist (d. h. es ist zwar ein Elektrofahrzeug vorhanden, jedoch kann kein Fahrzeug die geforderte Batteriekapazität für die angefragte Strecke bereitstellen)



→ Nahezu alle Ablehnungen von Nutzeranfragen erfolgen aufgrund von nicht verfügbaren Fahrzeugen und nicht, weil die Energie nicht ausreichend ist

Lastverschiebungspotenziale von elektromobilen Flotten

Zeitverlauf der kumulierten Ladeleistung und des Batteriefüllstands (SoC)



- Gewählte Parameterkonstellation von 25 Elektrofahrzeugen, 60 Nutzern, 27,5 kW Gebäudeanschlussleistung und einer maximalen Ladeleistung von 3,7 kW (Mode 2)
- Durchschnittliche SoC der Flotte der Elektrofahrzeuge liegt zwischen 70 und 100 %
- Insbesondere nachts Lastverschiebungspotenziale

Zusammenfassung

- Bei der Fahrzeugverfügbarkeit besitzen alle fünf untersuchten Ladestrategien jeweils bestimmte Bereiche, in denen sie den anderen Strategien überlegen sind
 - Vorteile sind jedoch für die betrachteten Flotten gering
 - nicht der Ladeprozess, sondern insbesondere die fehlenden Elektrofahrzeuge beschränken die Pkw-Verfügbarkeit der betrachteten dienstlichen Flotte

- Ergebnisse der Simulation zeigen:
 - eine Lastverschiebung in andere Tageszeitbereiche ist möglich
 - insbesondere nachts sind hohe Potenziale vorhanden
 - eine netzorientierte Lastverschiebung erscheint insbesondere bei einer hohen Flottenverfügbarkeit sinnvoll

- In nachfolgenden Untersuchungen die aufgezeigten Lastverschiebepotenziale näher spezifizieren

Ausblick

- Aus wirtschaftlichem Gesichtspunkt: Monetarisierung einführen (z. B. Batterieabnutzung, nicht erfüllbare Anfrage, Strompreis, ...)
 - Ladestrategien anpassen
 - Fragestellungen aus energiewirtschaftlicher Sicht besser darzustellen (z. B. Netzausbau und Kraftwerkseinsatzplanung)
- Fragestellungen und Geschäftsmodelle aus z. B. der Sicht eines Parkhaus-, Flottenbetreibers oder Energieversorgers untersuchen
- Flottenerweiterung:
 - synergetisches Laden betrachten, d. h. Ladesäulen, die frei zugänglich sind und sowohl von privaten Nutzern als auch von dienstlichen Elektrofahrzeugen genutzt werden können
 - verbesserte Auslastung von Ladesäulen durch die verschiedenen Aufenthaltsdauern der einzelnen Flotten



Projekt inFlott
Integriertes
Flottenladen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Katrin Seddig

Energy Solution Center (EnSoC) e. V.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Telefon: +49 721 754033-14

Email: k.seddig@ensoc.de

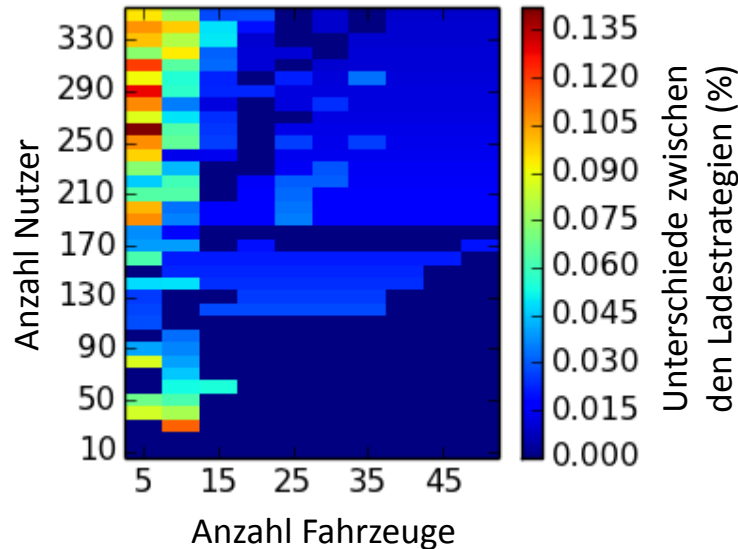
Quellen

- Waraich, R.A., M.D. Galus, C. Dobler, M. Balmer, G. Andersson und K.W. Axhausen (2013): Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Smart Grid: Investigations Based on a Micro-Simulation, Transportation Research Part C, 28, S. 74-86.
- Kaschub, T.; Jochem, P. und Fichtner, W. (2013): Steigerung des Elektrizitätseigenverbrauchs von Heim-Fotovoltaikanlagen durch Elektrofahrzeuge, in uwf UmweltWirtschaftsForum, Vol. 21, Heft 3 (2013), S. 243-250.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland [KiD] 2010, Braunschweig.
- Jochem, P.; Kaschub, T. und Fichtner, W. (2013): How to integrate electric vehicles in the future energy system? in: Hülsmann, M and Fornahl, D. (Eds.): Evolutionary Paths Towards the Mobility Patterns of the Future, Springer, Heidelberg.
- ADACautotest (2012): Nissan Leaf, <http://www.adac.de/_ext/itr/tests/Autotest/AT4719_Nissan_Leaf/Nissan_Leaf.pdf>, abgerufen am 22.01.2014.
- Pfriem, M. und Gauterin, F. (2013): Less range as a possible solution for the market success of electric vehicles in commercial fleets, Proceedings of EVS27-Conference, Barcelona.

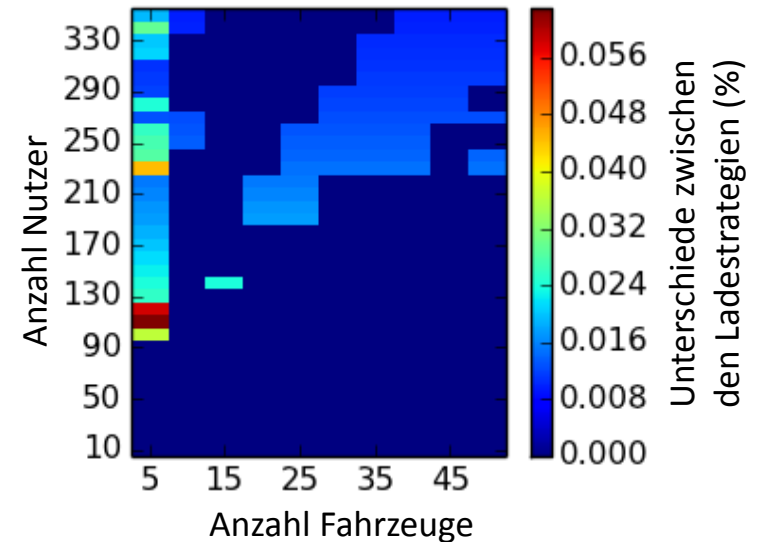
Back up

Auswirkungen der fünf Ladestrategien auf die Fahrzeugverfügbarkeit bei 22 kW (Mode 3) laden

Maximale Gebäudeanschlussleistung 110 kW



Maximale Gebäudeanschlussleistung 330 kW



→ Bei diesen gewählten Parameterkonstellationen tragen die Ladestrategien nur einen sehr geringen Prozentsatz (max. 0,135%) zur erreichten Fahrzeugverfügbarkeit bei