

DI Christoph Leitinger  
Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft  
Technische Universität Wien  
leitinger@ea.tuwien.ac.at  
<http://www.ea.tuwien.ac.at>



## Smart Electric Mobility – Algorithmen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen

### Abstract

Die zukünftige Netzintegration von Elektrofahrzeugen im Individualverkehr ist u.a. von drei wichtigen Faktoren geprägt: dem Nutzerverhalten, der Batterieverwendbarkeit und der Situation im elektrischen Energienetz. Dieser Tagungsbeitrag bezieht sich auf ein laufendes Forschungsprojekt, welches diese drei inhaltlichen Säulen zusammenführt und ausgehend von realem Nutzerverhalten die Ladeerfordernisse der Elektrofahrzeuge behandelt. Aufgrund der erwarteten relativ hohen Verfügbarkeit der Fahrzeuge am elektrischen Netz können unterschiedliche Ladestrategien und –algorithmen entwickelt werden, die den zusätzlichen Energieverbrauch netzfreundlich in das Energienetz integrieren lassen. Besonderen Stellenwert erhalten Ladestrategien zur direkten Nutzung lokalerzeugter erneuerbarer Energien.

### Rahmenbedingungen

Der Ausgangspunkt für die Verknüpfung von elektrischen Netzaspekten und Fahrzeugbatterien ist der Ladeprozess. Während konventionelle Fahrzeuge bei der Flüssigbetankung mit Treibstoff mit umgerechnet 9000 kW Leistung getankt werden, sind derartig hohe Leistungen bei Elektrofahrzeugen nicht möglich. Zum einen sind bestehende Netze nur für bescheidene Leistungswerte ausgelegt, sodass im konventionellen Haushalt Leistungen bis 22 kW schon beachtlich sind bzw. 45 kW (dreiphasig, 63 A) als derzeitige absolute Maximalgrenze anzusehen ist. Bedeutend ist für die zukünftige Anwendung von Elektrofahrzeugen, dass sich das Ladeverhalten im Vergleich zum Tankverhalten fundamental ändern wird. Während heute Tankvorgänge von wenigen Minuten an eigens dafür vorgesehenen Tankstellen stattfinden, ist zu erwarten, dass Elektrofahrzeuge aus diversen Gründen (Batterie, Netzkapazität) beim normalen Parken am Standplatz über eine deutlich längere Zeit ihre Energie aufnehmen. Deswegen spielt die Verfügbarkeit der Fahrzeuganbindung an das elektrische Netz eine wesentliche Rolle, die von den Stehphasen und dem Ausbaugrad der Ladeinfrastruktur abhängt. Je länger die Fahrzeuge angesteckt sind und je mehr Information über den Beginn der nächsten Fahrt vorliegt, desto einfacher fällt es, die Standzeit für Batterie und Netzerfordernisse ideal zu nutzen. Neben dieser Ladeart sind ergänzend auch eigens vorgesehene Schnellladestellen vorstellbar, die jene Fahrzeuge versorgen, die in kurzer Zeit Energie für eine gewisse

Reichweite bereitstellen sollen. Diese Ladestellen werden aber der Einschätzung nach die Minderheit bleiben.

Die langfristige Vision, das Speicherkollektiv der Elektrofahrzeuge zur Netzstützung durch Einspeisung im Engpassfall einzusetzen, wird wesentlich von der Weiterentwicklung der Batterien abhängig sein.

## **Nutzerverhalten**

Anders als die konventionelle Stichtagserhebung wurde im Projekt eine Erhebung von 33 herkömmlich fossil betriebenen Fahrzeugen mittels GPS-Tracking durchgeführt. Die Stichprobe setzt sich aus Fahrzeugen ausgewählter Größe, Fahrleistung und Wohngegend des Besitzers zusammen und sammelt Daten zu Fahrtageszeiten und Fahrdistanzen sowie Standtageszeiten und -orten.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die täglichen Stehzeiten über 23 Stunden (im Schnitt 23 Stunden und 8 Minuten) betragen. Unter der Annahme der Fortführung des konventionellen Fahrverhaltens, aber einer Umstellung der Antriebstechnologie der Fahrzeuge, lässt sich der Ladebedarf der Fahrzeuge bestimmen. Gemittelt beträgt dieser pro Tag 5,1 kWh pro Fahrzeug, was bei einer Wirkladeleistung von 3,0 kW im Bereich bis 80% des Ladestands (SOC) der Batterien einer täglichen Ladezeit von 1,7 Stunden entsprechen würde. Bei der erwähnten deutlich höheren Standzeit als erforderliche Ladezeit ist eine Verschiebung des Ladevorgangs innerhalb der Standphasen und in mit dem Fahrzeugbenutzer abzustimmendem Maße durchwegs denkbar.

## **Ladestrategien und -algorithmen**

Prinzipiell kann der einzelne Ladeprozess durch Steuerung der Ladeleistung bzw. durch Steuerung des Ladezeitpunkts beeinflusst werden. Geringerer Steuer- und Kommunikationsaufwand in der Umsetzung lässt sich für die Steuerung des Ladezeitpunkts durch Zu- und Wegschalten von einzelnen Fahrzeugen bzw. Fahrzeuggruppen erwarten, als bei einzelnen Fahrzeugen über den Gleichrichter die Ladeleistung zu variieren. Der Schwerpunkt wird in weiterer Folge auf die zeitliche Steuerung gelegt, die auf das einzelne Fahrzeug oder auf ein Kollektiv von Fahrzeugen angewendet wird und somit Gesamteffekte erzielt.

Der Kommunikationsbedarf steigt entsprechend an, je detaillierter man einzelne Verbraucher oder Verbrauchergruppen gesondert steuern möchte.

Ladestrategien selbst lassen sich in eine Vielzahl von Kriterien unterscheiden.

- Bei ungesteuerten Ladeprofilen wird ein unmittelbarer Ladeprozess nach Fahrtende beim Anstecken des Fahrzeugs an das elektrische Netz erwartet, um den Ladestand wieder auf den Maximalwert zurückzuführen.
- Gesteuerte Ladeprozesse können nach verbrauchsorientierter, netzorientierter und erzeugungsorientierter Steuerung unterschieden werden, deren Namen die Zielsetzungen der Beeinflussung andeuten und im lokalen Netzbereich aufgrund von technischen Kriterien besondere Bedeutung haben. Steuerung zur Folge wirtschaftlicher Modelle sind dem überlagert im gesamten Energiesystem zu betrachten und werden durch unterschiedliche Preissignale realisiert, die zu einem veränderten Ladeverhalten führen sollen.

Um signifikante Summeneffekte zu erzielen sind im lokalen Netzbereich relativ wenige Fahrzeuge, für das Gesamtenergiesystem aber sehr hohe Fahrzeugdurchdringungen erforderlich.

Besonderer Stellenwert wird auf Ladestrategien unter Einbindung erneuerbarer Energien gelegt. Erste Ergebnisse sind für erzeugungsorientierte Ladeprozesse mit Energieerzeugung aus Photovoltaik-Anlagen vorhanden. Sie zeigen, dass bei energetischem Gleichgewicht der Monats-Erzeugung mit dem Ladebedarf, zwischen 13 und 71 Prozent der Tagesenergie unmittelbar geladen werden kann. Gemittelt über ein Monat ergibt sich ein Wert von 54 Prozent unmittelbarer Deckung im Analysemonat Juni. Diese Werte stellen sich bereits bei ungesteuertem Ladeprofil ein. Ziel ist es nun jene Zeitbereiche genauer zu analysieren, in denen Erzeugungsleistung verfügbar ist und ein Ladebedarf verschoben und gedeckt werden kann. Neben der Evaluierung günstiger Ladestrategien, ist die Erhebung des Verhaltens des Batteriespeichers in diesem Projekt besonders wichtig, um die Auswirkungen auf die Lebensdauer in den unterschiedlichen Szenarien zu ermitteln.

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Aufgrund begrenzter Netzkapazitäten sind Ladeprozesse von Elektrofahrzeugen nur mit vergleichbar geringen Leistungen möglich. Dennoch können schon diese Leistungen zu Engpässen führen, sodass eine Ladesteuerung sinnvoll erscheint. Neben technischen Einschränkungen sind wirtschaftliche Geschäftsmodelle treibende Faktoren für die Entwicklung von Ladesteuerungsalgorithmen. Die lange Stehdauer der Elektrofahrzeuge bei erwarteter Netzkopplung kann durch die Nutzungserhebung bestätigt werden. Sie stellt den Spielraum für Ladekonzepte zur Verfügung. Die Definition der Kriterien und Algorithmen der Ladesteuerung und die Erprobung mit realen Daten finden derzeit im Projekt für erzeugungsorientiertes Laden statt.