

Smart Electric Mobility – Speichereinsatz für regenerative elektrische Mobilität und Netzstabilität

DI Christoph Leitinger, DI Andreas Schuster*, DI Markus Litzlbauer*

Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Technische Universität Wien,
Gußhausstraße 25 / 373-1, 1040 Wien, Österreich; Tel.: +43 1 58801 37335;
E-Mail: leitinger@ea.tuwien.ac.at; Web: www.ea.tuwien.ac.at

Kurzfassung:

„Smart Electric Mobility“ ist ein laufendes Forschungsprojekt, das die energietechnischen Herausforderungen und Chancen der Elektromobilität im Individualverkehr erarbeitet und Lösungskonzepte dafür entwickelt. Es wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert.

Der Fokus liegt im Einsatz der Batteriespeicher der Fahrzeuge, die neben dem Mobilitätsnutzen zur Bilanzierung fluktuierender erneuerbarer Energien genutzt werden (ein- und bidirektional, Vehicle-to-Grid-Konzept). Weiters wird der Thematik der Schnellladung von Fahrzeugbatterien Bedeutung beigemessen, um die Auswirkungen auf die elektrische Netzinfrastruktur und die Ausbauerfordernisse der Ladeinfrastruktur zu erfassen. Beide zentralen Aspekte werden in Abstimmung mit den Bedürfnissen der FahrzeugnutznerInnen analysiert und in Szenarien technisch und wirtschaftlich erarbeitet.

Dieser Konferenzbeitrag geht einleitend auf die Struktur und Inhalte des Projekts ein und beschäftigt sich weitergehend mit den bisherigen Vorarbeiten zu den Schwerpunkten bzgl. der Energiebereitstellung und Netzanbindung der Elektromobilität. Die Erfordernisse und Eigenschaften des mobilen Energiespeichers werden ebenfalls in dieser Arbeit andiskutiert.

Keywords: Elektromobilität, Netzintegration, gesteuerter Ladeprozess, Batteriespeicher, Nutzerverhalten

1 Einleitung

Die Wichtigkeit eines Paradigmenwechsels im motorisierten Individualverkehr ist aufgrund der gegebenen globalen und lokalen Problemstellungen (Treibhausgase, Schadstoffe, etc.) evident und die Entwicklung hin zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs vorgezeichnet. Will man die Emissionen nachhaltig im Verkehrsbereich, der derzeit etwa 25 % der gesamten CO₂-Emissionen verursacht, reduzieren, müssen erneuerbare Energien für die Stromerzeugung eingesetzt werden.

Andererseits stellt die Nutzung und Netzintegration erneuerbarer und nachhaltiger Energien bereits heute und in verstärktem Maße in Zukunft die zentrale Herausforderung der Energieversorgung dar. Die Kapazitäten erreichen signifikante Anteile der Gesamtenergieerzeugung, wobei die Dargebots-Fluktuation von Wind und Photovoltaik einen gleichwertigen Ersatz von konventionellen Kraftwerken durch erneuerbare Anlagen verhindert bzw. dämpft. Durch den Einsatz von effizienten und intelligenten Gesamtsystemen aber auch durch Speicherkonzepte, könnte in Zukunft eine verbesserte Anpassung der erneuerbaren Energien an den Verbrauch möglich sein. Gerade die Batterien von Elektrofahrzeugen besitzen die positive Eigenschaft im Regelfall nicht unmittelbar geladen werden zu müssen, sodass eine verschiebbare Last größeren Ausmaßes entsteht und die obige Problematik in der Lösung unterstützt. Unklar ist bislang, ob die zusätzlichen Ladezyklen die Batterien in ihrer Lebensdauer (unvertretbar) einschränken bzw. welche Durchdringungsszenarien und Ladestrategien erforderlich sind, um einen deutlichen Beitrag der Elektromobilität zum stabilen Netzbetrieb leisten zu können. Die Verfügbarkeit der Fahrzeuge am elektrischen Netz aufgrund des Nutzerverhaltens und des Ladeinfrastrukturausbaus muss ebenso berücksichtigt werden.

2 Struktur und Schwerpunkte des Forschungsprojekts

Das vorliegende Projekt zielt auf diese Fragestellungen ab und entwickelt Lösungskonzepte für die regenerative Elektromobilität, die durch Speichereinsatz zur elektrischen Netzstabilität beiträgt. Drei Säulen sind in diesem Projekt zentral:

- Die Entwicklung innovativer Netzintegrationskonzepte von Elektromobilität und erneuerbaren Energien. (Vehicle-To-Grid, Grid-For-Vehicle)
- Die Bestimmung fahrzeugseitiger Anforderungen in Form des Fahrzeugspeichers für beide Zwecke der Mobilität und Energiespeicherung
- Die Einbeziehung der Nutzerbedürfnisse und des Nutzerverhaltens zur korrekten Definition von Anforderungen und Schnittstellen

In Abbildung 1 wird das abstrakte Konzeptbild des Projekts gezeigt. Die Kernfragen werden von erweiterten Projektinhalten umgeben.

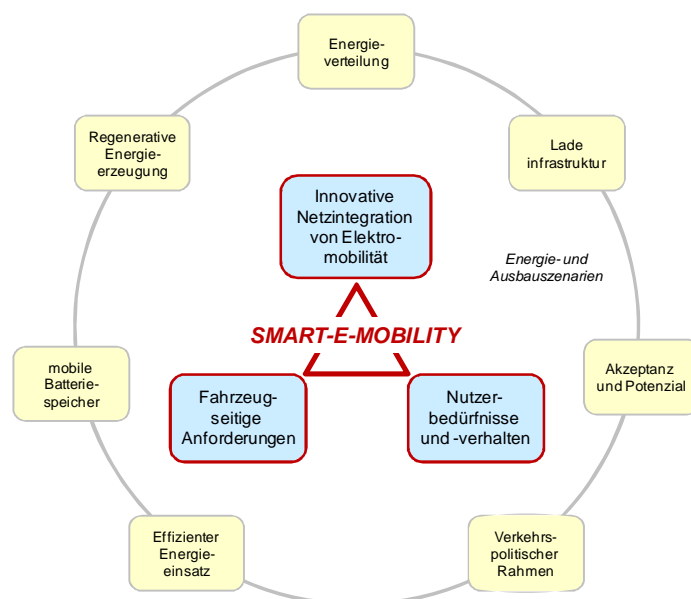


Abbildung 1: Abstraktes Konzeptbild des Projekts Smart Electric Mobility

3 Ausgangspunkt für Analysen

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, sinnvolle Maximalleistung anzusehen ist. Bedeutend ist für die zukünftige Anwendung von Elektrofahrzeugen, dass sich das Ladeverhalten im Vergleich zum Tankverhalten fundamental ändern wird. Während heute mit beispielsweise 35-Liter-Tanks ein Tankvorgang alle 1-2 Wochen erforderlich wird, ist es aus Gründen der Batterieschonung und Batteriekapazität nötig, so häufig wie möglich, zumindest einmal täglich die Fahrzeugbatterie zu laden. Je kleinere Batteriezyklen sich ergeben, desto besser. Je niedrigere Ladeleistungen angewendet werden, desto geringere thermische Belastungen werden der Batterie zugemutet.

Typische Ortsnetztransformatoren besitzen eine maximale Leistungsbelastungsgrenze von 630 bzw. 800 kVA. Zusätzlich zu der normalen Transformatorbelastung und einer notwendigen Reserve bietet sich für Schnellladestellen mit an die 45 kW nur geringer Spielraum. Derartige Leistungen können nicht im normalen Versorgungsnetz in Siedlungen in hoher Stückzahl angeboten werden. Allgemein ist für den Ladeprozess der Zusammenhang zwischen

- Ladeleistung und
- Ladezeit

wichtig und hervor zu streichen, wie in Abbildung 2 verdeutlicht wird. Für die Ladung einer bestimmten typischen Tagesenergiemenge besteht entweder das Erfordernis ausreichend Zeit mit gleichzeitig nur niedrigen Ladeleistungsanforderungen zur Verfügung zu haben. Dies spricht gegen das konventionelle und gewohnte Kundenverhalten des Tankens. Andererseits,

um in ausreichend kurzer Zeit die Ladung vorzunehmen, sind hohe Ladeleistungen erforderlich, was derzeit aus Gründen der Batterietechnologie und der besonderen, nicht verfügbaren Ladeinfrastruktur auf technische Hürden stößt. Des Weiteren wird, wie bereits erwähnt, in diesem Fall die derzeitige Netzstruktur rasch ihre Grenzen erreichen.

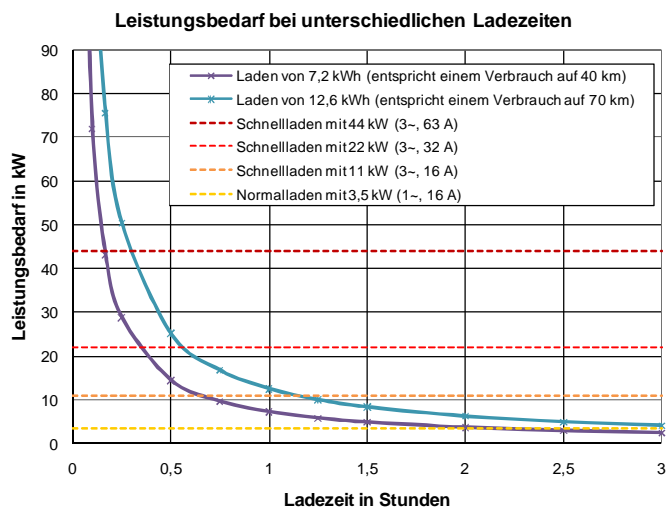


Abbildung 2: Ladeleistungsbedarf als Funktion der Ladezeit

Um die eingesetzten Betriebsmittel nicht außerordentlich zu belasten, wird das gesteuerte Batterieladen voraussichtlich nur für niedrige Leistungswerte unter 20 kW relevant sein. Ein Modell zur Bestimmung der Batteriebelastungen wird derzeit vom Projektpartner Austrian Institute of Technology (AIT) erstellt. Gemeinsam mit einem bereits existierenden Fahrzeugmodell mit Elektroantrieb wird die Grundlage für die Simulationen der später folgenden Ladestrategien durch die TU Wien gelegt.

Eine wesentliche Rahmenbedingung stellt die Verfügbarkeit der Fahrzeuge am elektrischen Netz dar. Diese ist wiederum einerseits vom Verkehrsverhalten respektive den Standzeiten der zukünftigen Elektrofahrzeuge abhängig. Andererseits spielt der Ausbaugrad der Ladeinfrastruktur eine bedeutende Rolle. Anfangs könnte die Ladeinfrastruktur vorwiegend bei den „Zu-Hause“-Standorten anzutreffen sein. Zu späterem Zeitpunkt wäre eine flächendeckende Ladeinfrastruktur an annähernd jedem Abstellplatz eines Fahrzeugs denkbar. Die Unterschiede der Netzverfügbarkeit sind gerade in den Zeiten zwischen 7 und 19 Uhr beträchtlich, wie Abbildung 3 zeigt. In Summe befinden sich zu jeder Tageszeit zumindest 89 Prozent aller Fahrzeuge im abgestellten Zustand. Betrachtet man jedoch die einzelnen Standorte, lässt sich festhalten, dass bestenfalls 35 Prozent der Fahrzeuge tagsüber am „Zu-Hause“-Standort (bei der anfänglichen Ladeinfrastruktur) anzutreffen sein würden. Diese Analysen basieren derzeit auf Daten einer Stichprobenerhebung des BMVIT für das Mobilitätsverhalten und werden innerhalb des Projekts durch eigene Erhebungen der Experten des Instituts für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur präzisiert. Ein ausgewähltes Sample von konventionellen Fahrzeugen ermöglicht dem Projektpartner die Bestimmung von Nutzerverhalten hinsichtlich Fahrstrecken, Standzeit- und Standortverteilung.

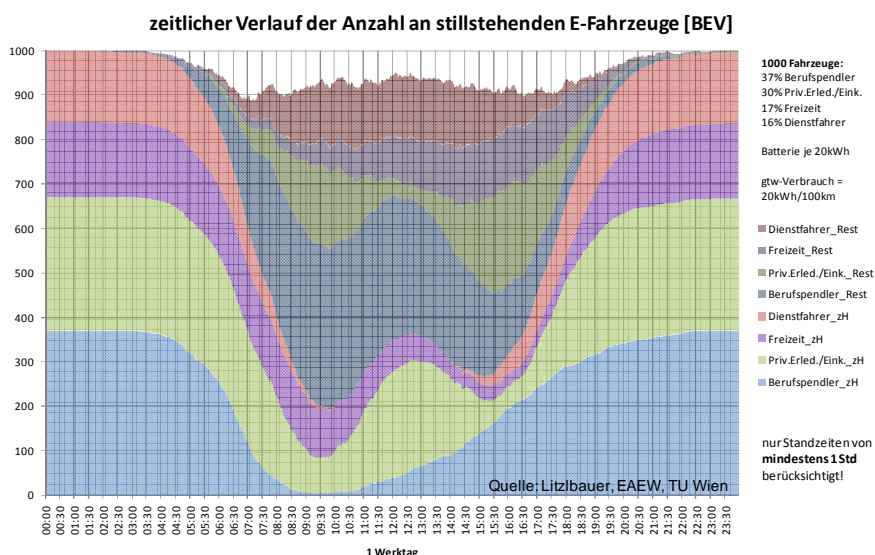


Abbildung 3: Maximal mögliche Verfügbarkeit der E-Fahrzeuge am elektrischen Netz

4 Gesteuerte Ladeprozesse

Für die Entwicklung eines synthetischen, für die Netzsituation optimalen Lastprofils, welches die Summe der Ladeprozesse nachbildet, ist die Einflussnahme auf den Ladeprozess durch Steuerung mitentscheidend. Prinzipiell kann der einzelne Prozess folgend beeinflusst werden:

- Steuerung der Ladeleistung
- Steuerung des Ladezeitpunktes (Laden unmittelbar, zeitlich verschoben, getaktet)

Hierbei können die Maßnahmen auf das einzelne Fahrzeug (kommunikationsintensiv) oder auf ein Kollektiv von Fahrzeugen angewendet und somit Gesamteffekte erzielt werden.

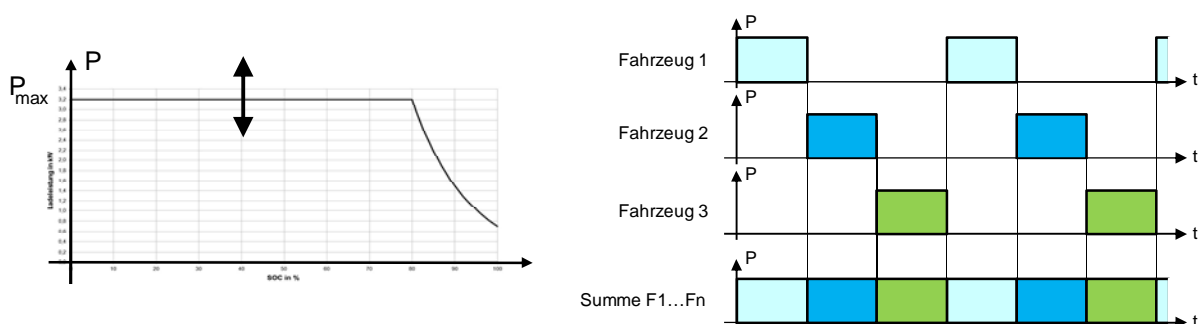


Abbildung 4: Steuerungsmöglichkeiten des Ladeprozesses, links: Steuerung der maximalen Ladeleistung durch den Laderegler im Fahrzeug, rechts: simplifizierte Taktung der Ladezeitpunkte eines Fahrzeugkollektivs

Grundsätzlich gibt es eine Vielzahl von Einteilungsmöglichkeiten von Ladestrategien. Durch ein vorausgehendes Projekt kann auf folgende Grobstrukturierung in Abbildung 5 aufgebaut werden.

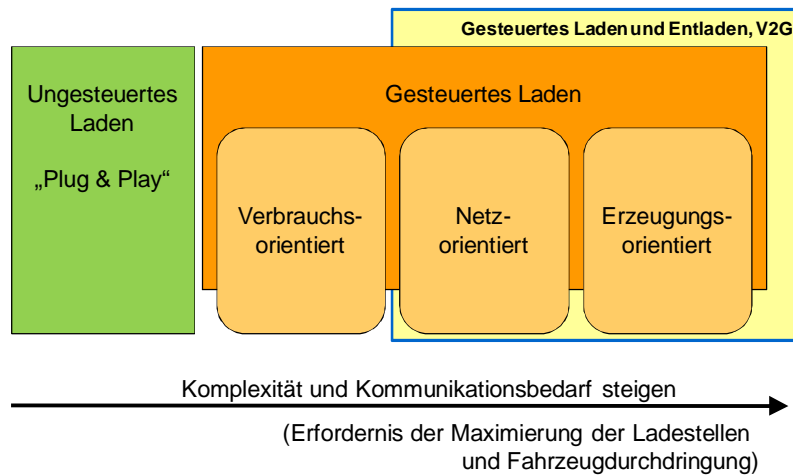


Abbildung 5: Grobstrukturierung der Ladestrategien von Elektrofahrzeugen

Ungesteuertes Laden bezieht sich auf die Situation, dass Fahrzeuge direkt nach Fahrtende an die Ladeinfrastruktur ankoppelt werden und eine Ladung unverzüglich startet, um den Ladestand wieder auf den Maximalwert zurückzuführen.

Gesteuertes Laden wurde bislang dahin gehend unterteilt, dass der Ladezeitpunkt verschoben oder getaktet wird, um in einem betrachteten Netz

- den resultierenden Gesamtverbrauch zu glätten (verbrauchsorientierte Ladung)
- Netzparameter lokal einzuhalten (netzorientierte Ladung)
- das Laden am momentanen Dargebot erneuerbarer Energien auszurichten (erzeugungsorientiertes Laden)

Letztere beide Kategorien können in einem weitergedachten Szenario dahin gehend ergänzt werden, dass die Batteriespeicher zu Zeitpunkten mit Verbrauchsspitzen Energie in das Netz liefern und somit nicht nur einen gesteuerten Verbraucher, sondern eine steuerbare Erzeugung darstellen. Dieses vielfach als „Vehicle to Grid“-Konzept (V2G) bezeichnete Verfahren könnte durch die Mehrfachverwendung der Batterien für Mobilität und Netzdienstleistung Vorteile im Netzbetrieb ermöglichen und eventuell einen Netzausbau verschieben. Weiters sind unterschiedliche Tarife für den Energieverbrauch zu unterschiedlichen Tageszeiten denkbar, die durch intelligentes Speichermanagement zu kostenoptimalen Lösungen führen könnten.

Qualitativ kann bislang festgehalten werden, dass für umfassendere Ladestrategien folgende Rahmenbedingungen wichtig sind:

- hohes Maß an Kommunikation (zuerst gering für kollektive Steuerung, dann fahrzeugexakt)
- hohe Durchdringungsraten an Elektroautos bei niedrigen Ladeleistungen, um signifikante Summeneffekte zu erzielen
- große Dichte von mono- oder auch bidirektionalen Ladestellen, um eine hohe Online-Rate von Fahrzeugen am Netz und somit Verfügbarkeit für Steuerungsprozesse zu erreichen.

Neben der Evaluierung günstiger Ladestrategien, ist die Erhebung des Verhaltens des Batteriespeichers in den unterschiedlichen Szenarien in diesem Projekt besonders wichtig, um die Auswirkungen auf die Lebensdauer zu ermitteln.

Die zweite Phase des Projekts wird durch die Entwicklung von E-Mobilitätsszenarien im Zusammenhang mit Ladeinfrastrukturerfordernissen und Marktpotential aus technischer und wirtschaftlicher Betrachtungsweise geprägt sein. Erst daraus lässt sich für die elektrische Netzanalyse der Schritt von der Punktbetrachtung des Netzes auf verteilte regionale Betrachtung setzen. Diese ganzheitliche Systembetrachtung - vom Endkunden bis zum Energiesystem - stellt eine Besonderheit des Projekts dar und wird Handlungsempfehlungen für die unterschiedlichen Zielgruppen liefern können.

5 Ausblick

Das Projekt befindet sich in der Startphase und liefert noch keine endgültigen Aussagen. Erste Erkenntnisse sowie Vorerhebungen zeigen, dass die Ansprüche an Ladeinfrastruktur vom Nutzer, Batterieentwickler und von Seiten der Energieversorgung deutlich unterschiedliche Optima besitzen werden und Kompromisse erfordern. Während für den Nutzer an wenigen Standorten Ladestellen ausreichend sein könnten, ist für Batterie- und Energieexperten eine hohe Rate an Netzanbindung der Fahrzeuge ideal. Besonders die Verknüpfung mit erneuerbaren Energien, die hohe Fluktuationen aufweisen und nur zu eingeschränkten Tageszeiten zur Verfügung stehen (Bsp. PV), wird weitere Rahmenbedingungen für die Ladestellenerfordernisse, Netzanbindung und Kommunikation vorgeben.

6 Literatur

Brauner G., Leitinger C.: Solare Mobilität 2030 – Machbarkeitsstudie zur solaren Vollversorgung im Verkehrsbereich 2030, Auftragsstudie, Wien, 2008

Duvall M.: Batteries for Plug-In-Hybrid Electric Vehicles, The Seattle Electric Vehicle to Grid (V2G) Forum, Juni 2005

Leitinger C., Litzlbauer M.: Effizienter Energiebedarf für regenerative Mobilität, Endbericht des Arbeitspakets 4 von ADRES-Concept, Wien, Dezember 2009