

Netzintegration und Ladestrategien der Elektromobilität

C. Leitinger OVE, M. Litzlbauer OVE

Die individuelle Elektromobilität wird nicht nur auf den Straßen zu grundlegenden Veränderungen führen, sondern auch das elektrische Energiesystem mit verändern. Eine hohe Durchdringung von Elektrofahrzeugen führt zu gleichzeitigen bzw. überlappenden Ladeprozessen, die in Summe – sofern sie ungesteuert vor sich gehen – signifikante Zusatzbelastungen und Lastspitzen im Verteilernetz verursachen werden. Dieser Beitrag beschäftigt sich deshalb mit der Fragestellung, wie die Elektromobilität unter netzfreundlichen Bedingungen in das Energiesystem integriert werden kann. Dabei wirken die Rahmenbedingungen des Nutzerverhaltens, der Fahrzeug- und Batterieanforderungen sowie der netztechnischen Voraussetzungen wesentlich zusammen. Neben dem ungesteuerten Laden werden die Optionen der Ladesteuerung dargestellt. Des Weiteren erfolgt ein Einblick in das, für die Ladestrategie zu berücksichtigende, Batterieverhalten.

Schlüsselwörter: Netzintegration; Nutzerverhalten; Ladestrategie; Batteriealterung

Grid integration and charging strategies for e-mobility.

Individual e-mobility will not only change the view of mobility, it will also change the electric energy supply structure as well. A high penetration of electric vehicles leads to simultaneous and overlapping charging processes. If they are uncontrolled, they will in sum result in significant additional load peaks in the grid. This article covers the question of grid-friendly conditions for integration of e-mobility into the energy system. Major topics are an analysis of the user's behavior and battery demands as well as grid conditions, at locations where charging occurs. Besides uncontrolled charging, the options of charging control and aspects of battery ageing are brought up within this paper.

Keywords: grid integration; user behaviour; charging strategy; battery ageing

Eingegangen am 13. Oktober 2010, angenommen am 28. November 2010
© Springer-Verlag 2011

1. Einleitung

Die Entwicklung der Elektromobilität beschäftigt diverse Fachgremien, sei es die Fahrzeugentwicklung an sich, die Energiebereitstellung des Treibstoffs „Strom“ bis hin zur ganzen Strukturkette dazwischen. Ein wichtiges Glied in dieser Kette ist das Verhalten der Fahrzeuge bei Batterieladung und Netzkopplung, das in diesem Beitrag detailliert behandelt wird.

Elektrofahrzeuge im Individualverkehr stellen gegenüber dem elektrischen Netz eine besondere Verbrauchergruppe dar. Unter anderem sind folgende Eigenheiten feststellbar:

- ▶ Das Verbrauchsgerät „Elektrofahrzeug“ verfügt über einen Speicher. Die Dienstleistung des Verbrauchers als Verkehrsmittel wird an sich immer zur nicht angesteckten Zeit erbracht. Die Netzkopplung erfolgt zur Speicherladung und ist dadurch mit der Dienstleistungszeit für den Kunden invers.
- ▶ Ein und dasselbe Fahrzeug tritt im Normalfall durch das Laden regelmäßig an mehreren Orten als Verbraucher im elektrischen Netz auf.
- ▶ Durch die deutlich höhere Standzeit im Vergleich zum Fahren (ca. ein Verhältnis von 23:1) ist die Ladephase des Akkumulators nicht zwangsweise unmittelbar nach dem Anstecken durchzuführen, wengleich ein frühzeitiges Laden und dadurch eine hohe Akkuverfügbarkeit für die nachfolgende Fahrt wünschenswert sind. Ein verzögertes Laden, gesteuert durchgeführt, kann die Netzbelastung deutlich entschärfen.
- ▶ Weiterführende Ideen gehen sogar von einer Entnahme eines Anteils des Energieinhalts aus und ermöglichen ein Anbieten von

Netzdienstleistung und Leistungseinspeisung durch Elektrofahrzeuge in das Netz. Aufgrund des relativ großen Energiespeichers des gesamten Fahrzeugkollektivs sind diese Konzepte nicht außer Acht zu lassen.

Für all diese Aspekte greifen die Faktoren Nutzerverhalten, Batterieverhalten und Netzintegration ineinander, weshalb im Projekt Smart Electric Mobility der Schwerpunkt auf diese drei Säulen gelegt wird.

Aufgrund der Tatsache, dass die Netzintegration der Elektromobilität tendenziell ein Leistungsproblem und kein Energieproblem darstellen wird, scheint eine Bottom-up-Betrachtung als günstig. Der agglomerierende Energieverbrauch der Ladeprozesse wird in erster Linie im Niederspannungsnetz auftreten. Je nach Durchdringung und Ladeleistungen sind die elektrischen Netze höherer Spannungsebenen bzw. das Gesamtsystem betroffen. Zur Analyse der Netzintegrationsaspekte ist es erforderlich, das Nutzerverhalten, die Fahrzeuganforderungen (inkl. Batterie) sowie die netztechnischen Aspekte der Zukunft möglichst realitätsnah abzuschätzen und zu modellieren.

2. Nutzerverhalten

In erster Stufe, um das reale zu erwartende Bild des Ladebedarfs zu erhalten, werden Verkehrsstatistiken ausgewertet und eine

Leitinger, Christoph, Dipl.-Ing., Litzlbauer, Markus, Dipl.-Ing., Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25/370-1, 1040 Wien, Österreich (E-Mail: leitinger@ea.tuwien.ac.at)

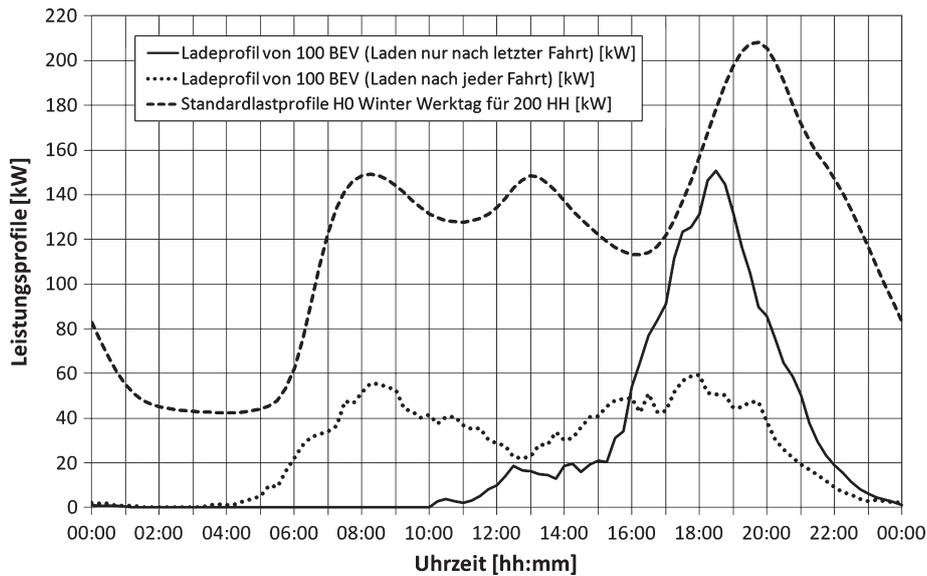


Abb. 1. Ungesteuertes Ladeprofil eines Fahrzeugkollektivs bei unterschiedlichen Ladeinfrastrukturverhältnissen

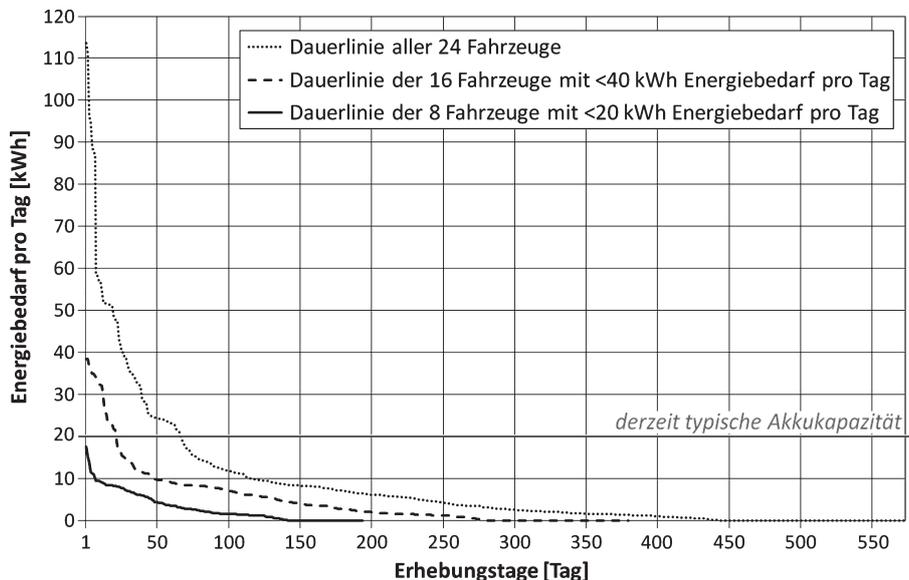


Abb. 2. Tagesenergiebedarf von Fahrzeugen der Verhaltenshebung

Verhaltenshebung durch Projektpartner durchgeführt.¹ Die Daten des Nutzerverhaltens der Fahrzeughalter werden somit im Zeitverlauf ermittelt. Erste, sehr gute Abschätzungen sind mittels der statistischen Daten von klassischen Verkehrserhebungen des Verkehrsverhaltens² (Herry, Sedlacek, Steinacher, 2007) möglich und führen anhand eines umfangreichen Matlab-Modells zu synthetischen Tagesladeprofilen (Litzlbauer, 2009). Abbildung 1 zeigt die Zusammenhänge für eine Anzahl von 100 Elektroautos gemäß der statistischen Verteilung auf Nutzungsgruppen bei unterschiedlichem Ausbaustand der Ladeinfrastruktur (Laden nur nach letzter Fahrt, Laden nach jeder Fahrt) sowie ungesteuertem Ladeprozess, der unmittelbar nach dem Verbindungsvorgang zum Netz startet. Das entwickelte Modell ermöglicht die Variation der Fahrprofile, Ladeinfrastruktur-

verteilung und die Einstellung von den meisten Ladeparametern. Das Diagramm zeigt die Relation des Leistungsbedarfs von 200 Haushalten im Verhältnis zu den Elektrofahrzeugen. Ungesteuertes Laden ausschließlich nach der letzten Fahrt führt zu einer erheblichen Verbrauchsspitze, die sich im Verteilernetz dem Haushaltsverbrauch überlagern würde. Ladeinfrastruktur verteilt an allen Standorten der Fahrzeuge (auch tagsüber) führt hingegen annähernd zu einer gleichmäßigen Zusatzbelastung über die Tagesstunden.

Im Gegensatz zu den wegweckbezogenen Daten können fahrzeugbezogene Daten durch konkrete Erhebungen von Fahrzeugen ermittelt werden, bei denen der Tagesverlauf von Fahrtstrecken und Standzeiten bzw. -orten über mehrere Wochen mitprotokolliert wird. Im Forschungsprojekt Smart Electric Mobility erfolgte eine derartige Erhebung mit 33 Fahrzeugen über etwa je drei Wochen. Diese Daten stellen zwar nur ein kleines Sample mit berücksichtigter Durchmischung unterschiedlicher Fahrzeuggrößen dar, jedoch erfolgt hierbei kein Mittelungsprozess im Vergleich zu

¹ Im vorliegenden Beitrag wird auf die Projekte ADRES und Smart Electric Mobility Bezug genommen.

² Stichtagserhebung von mehreren tausend Befragten.

Stichtagserhebungen. Beiden Datenmodellen ist die Voraussetzung gemein, dass nach Transformation zu elektrischen Antrieben gleiches Fahrverhalten der Nutzer wie bei konventionellem Fahrzeugantrieb unterstellt wird.

Für die zukünftige Ladung der Elektrofahrzeuge wird es wesentlich sein, die entsprechende Ladeinfrastruktur für die jeweiligen Bedürfnisse bereitzustellen, damit alle gewünschten Fahrten mit dem E-Fahrzeug ohne Einschränkung erfüllt werden können und die auftretende Gleichzeitigkeit des Ladebedarfs beherrscht werden kann (Leitinger, Litzlbauer, 2010). Grob kann folgende Kategorisierung erfolgen:

- ▶ **Tageslader:** Für Tagesentfernungen bis etwa 100 Kilometer ist eine Ladung am Hauptstandort des Fahrzeugs ausreichend, ohne untere Grenzbereiche der Batterie zu benötigen.
- ▶ **Zwischenlader:** Für Tagesentfernungen bis etwa 200 Kilometer kann sich das Laden auf wenige Standorte mit langer Parkdauer zusätzlich zum Hauptstandort beschränken.
- ▶ **Schnelllader:** Für Langstrecken über etwa 150 Kilometer von zumindest einem Weg am Tag wird eine Ladung erforderlich, die die Fahrt unterbricht und deswegen rasch durchzuführen ist, um den Fahrer zeitlich nicht einzuschränken. Im Gegensatz zu den ersten beiden Varianten, bei denen niedrige Ladeleistungen (bis 10 kW) voraussichtlich ausreichen, sind bei den Viel- und Langfahrern hohe Ladeleistungen (von 20 kW und mehr) zur Schnellladung nötig.

Diese Einschätzungen beziehen sich auf die Mindestanforderungen bei derzeitiger Batterietechnologie und -dimensionierung und beinhalten einen Reservebereich für etwaige flexible Zusatzfahrten.

Die Erhebung der berücksichtigten Fahrzeuge zeigt, dass ein großer Teil der Autos mit Tages- und Zwischenladung ein Auslangen findet (Abb. 2). Acht Fahrzeuge besitzen an allen Erhebungstagen einen täglichen Ladebedarf geringer als deren Akkukapazität und sind somit tauglich für eine einmalige Tagesladung. Weitere acht Fahrzeuge übersteigen mit ihrer benötigten Tagesenergie zwar die Akkukapazität, können aber durch eine oder zwei Zwischenladungen ihr volles Spektrum an Fahrten absolvieren. An Orten langen Aufenthalts müssen deshalb Ladestellen entstehen. Die verbleibenden Fahrzyklen der Erhebung beinhalten mehrere Tage sehr großer Entfernungen. Für diese wenigen sind für eine elektrische Betriebsweise der Automobile Schnellladestellen unausweichlich.

3. Ladesteuerung

Um den Ladeprozess der Fahrzeugbatterien beeinflussen zu können, sind grundsätzlich mehrere Möglichkeiten vorhanden. Zum einen kann eine Anpassung der Ladeleistung im Ladegerät des Fahrzeugs

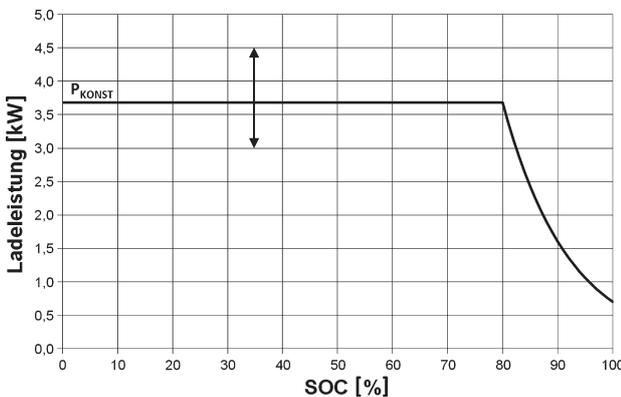


Abb. 3. Steuerung der Ladekennlinie des einzelnen Fahrzeugs

bzw. der Ladestelle erfolgen und die Kennlinie des Prozesses verschieben, wie in Abb. 3 dargestellt.

Der Zugriff auf die Leistungselektronik des Ladereglers im Fahrzeug oder die Steuerung eines stationären Umrichters erscheint aufwändig, wodurch die Steuerungsmöglichkeit des Ladezeitpunkts und zeitliche Verschiebung günstiger erscheint. Im Besonderen kann das Schalten oder Takten den Zeitpunkt des Ladens variieren und auf ganze Fahrzeugkollektive angewendet werden, wenn man die Ladeinfrastruktur beispielsweise von einzelnen (oder Teilen von) Parkdecks eines Parkhauses oder von einzelnen Straßen zu- oder wegschaltet. Derartige Kollektive von zu ladenden Fahrzeugbatterien können in Summe je nach Schaltsituation ebenfalls eine variable Summenleistung ergeben oder eine gleichmäßige Last erzeugen, wie in Abb. 4 skizziert.

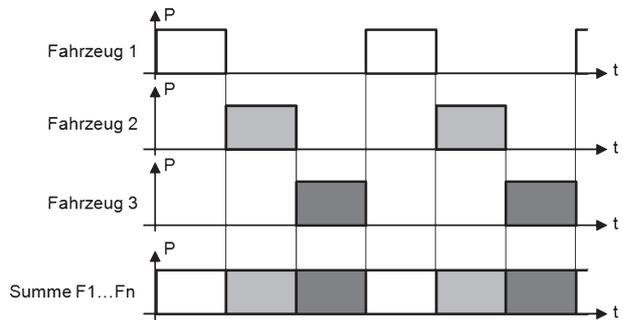


Abb. 4. Zeitliche Steuerung der Summenleistungskurve einzelner Fahrzeuge oder von Fahrzeugkollektiven

Fahrzeugexakte Steuerung hat den Vorteil, den Ladestand des einzelnen Fahrzeugs in eine Steuerung einfließen zu lassen, beispielsweise um Prioritäten und Reihungen vornehmen zu können. Des Weiteren können individuelle Geschäftsmodelle mit einzelnen Kunden vereinbart werden. Das detaillierte fahrzeugbezogene Wissen erfordert umgekehrt einen erhöhten und sicheren Informationsaustausch zwischen Energiesystem und Fahrzeug.

Die Ladesteuerung kann unterschiedliche Ursprünge haben. Wie eingangs erwähnt, soll die neue Verbrauchsgruppe der Elektrofahrzeuge keine weiteren Verbrauchsspitzen verursachen, weshalb die Ladeprozesse auf die lokalen oder globalen Verbrauchsverhältnisse Bezug nehmen soll (*verbrauchsorientierte Ladestrategie*). Dadurch können vorwiegend lokale Engpässe oder Überlastungen von Netzkomponenten (Transformatoren, Leitungen etc.) vermieden werden.

Ein weiterer Schwerpunkt wäre, den Ladeprozess an der Einhaltung der Netzkennwerte (Spannungsband, Blindleistungsver-

Tabelle 1. Ungesteuerte und gesteuerte Ladeprozesse (Ladestrategien)

| | |
|--|---|
| Ungesteuertes Laden – Plug and Play | Unmittelbarer und nicht beeinflusster Ladeprozess nach Anstecken des Fahrzeugs |
| Verbrauchsorientierter Ladeprozess – Spitzenlastvermeidung | Vermeidung von Komponentenüberlastung und von erweitertem Einsatz zusätzlicher Kraftwerke, Verlustreduktion |
| Netzorientierter Ladeprozess – Einhaltung von Netzparametern | Berücksichtigung des Spannungsbands, Blindleistungssituation etc. |
| Erzeugungsorientierter Ladeprozess | Unmittelbare Nutzung lokal verfügbarer, fluktuierender reg. Energiequellen (bspw. Wind, Photovoltaik) |

hältnisse, Bilanzsituation) auszurichten (*netzorientiertes Laden*). Das Dargebot von lokal verfügbaren erneuerbaren Ressourcen zur direkten und zeitgleichen Nutzung stellt eine zusätzliche Kategorie der Einteilung dar (*erzeugungsorientierte Ladestrategie*). Tabelle 1 zeigt eine Übersicht zu diesen Optionen.

Deutlich wird, dass eine umfassende Steuerung des Ladeprozesses mehr Information über die Netzsituation und die Fahrzeugsituation (Verfügbarkeit am Netz, Ladebedarf) benötigt und somit auch der Kommunikationsaufwand zwischen den beteiligten Komponenten wesentlich ansteigt (Leitinger, 2009).

Das laufende Projekt Smart Electric Mobility prüft derzeit anhand realer Daten die unterschiedlichen Ladestrategien auf ihre Einsetzbarkeit.

4. Batterieverhalten

Das unterschiedliche Nutzerverhalten und der Ladeprozess wirken gemeinsam auf das Verhalten der Batterie und deren Lebensdauer ein. Im Allgemeinen unterscheidet man bei Batterien zwischen der kalendarischen und der zyklischen Alterung, welche je nach Ge-

brauch und Batterietyp unterschiedlich stark ausfällt. Die Batteriealterung verursacht einen Anstieg des Innenwiderstandes der Batterie und äußert sich durch ein kontinuierliches Absinken der maximalen Klemmenspannung und folglich durch den Verlust von Kapazität. Fällt diese einnehmbare Batteriekapazität unter einen spezifischen

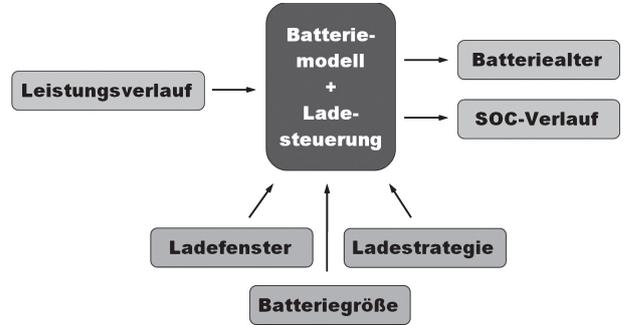


Abb. 5. Parameter des Batteriemodells mit Ladesteuerung

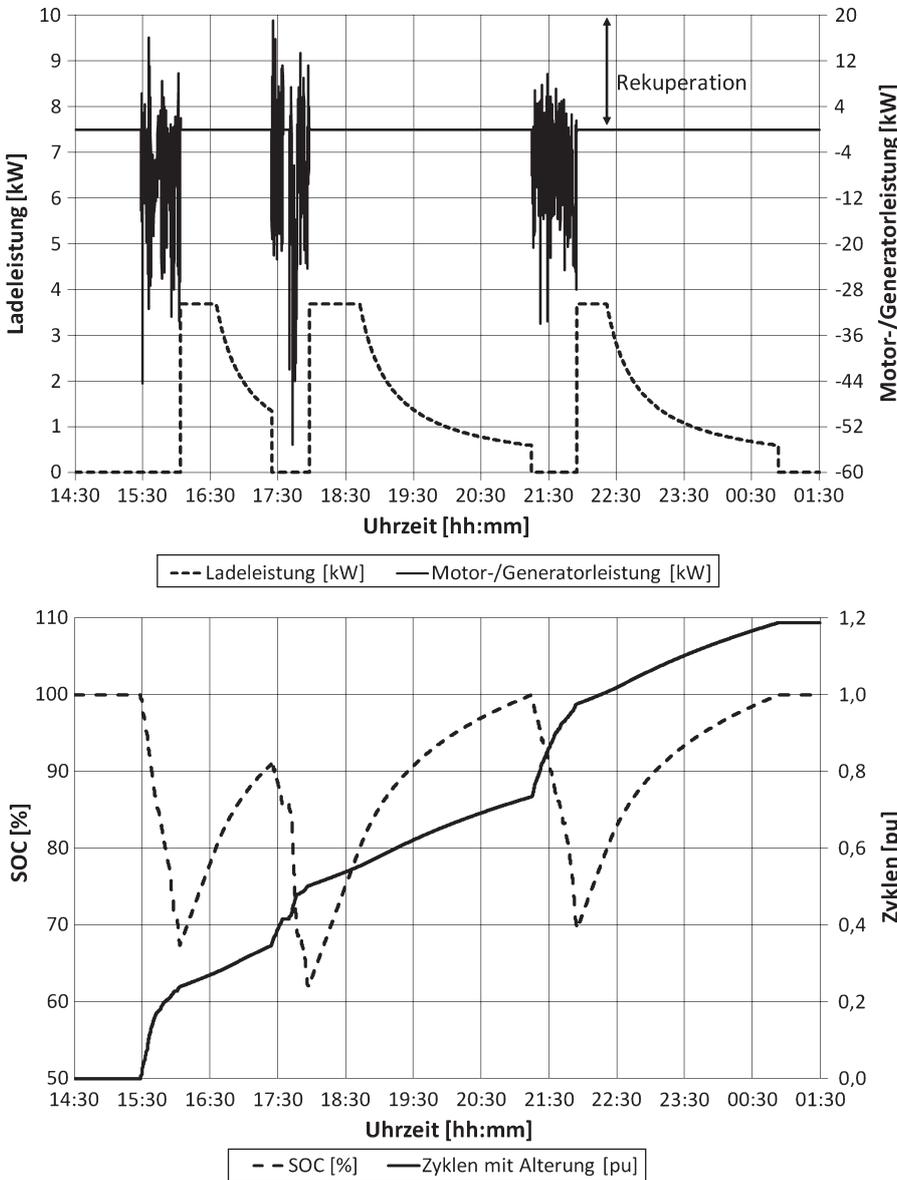


Abb. 6. Motor- und Ladeleistungsverlauf wie auch SOC- und Zyklen-Verlauf für ein repräsentatives Elektrofahrzeug über mehrere Stunden

Tabelle 2. SOC-abhängige Anzahl der Zyklen für ausgewählte Fahrzeuge und Szenarien

| Ladestrategie | Laden nach jedem Stopp (Dauer egal) | Laden nach jedem Stopp (Dauer egal) | Laden nur nach letzter und vor erster Fahrt (Dauer egal) | Laden nach jedem Stopp (Dauer egal) | Laden nach jedem Stopp (Dauer egal) | Laden nur nach letzter und vor erster Fahrt (Dauer egal) |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Laden / Entladen | 0 % bis 100 % der Batteriekapazität | 0 % bis 100 % der Batteriekapazität | 0 % bis 100 % der Batteriekapazität | 0 % bis 80 % der Batteriekapazität | 0 % bis 80 % der Batteriekapazität | 0 % bis 80 % der Batteriekapazität |
| Batteriegröße [kWh] | 16,8 kWh | 33,6 kWh | 33,6 kWh | 16,8 kWh | 33,6 kWh | 33,6 kWh |
| Ladeleistung [kW] | 3,68 kW | 3,68 kW | 3,68 kW | 3,68 kW | 3,68 kW | 3,68 kW |
| simulierte SOC-abhängige Anzahl der Zyklen (hochgerechnet auf ein Jahr) | | | | | | |
| Fahrzeug 1 | 113 | 69 | 57 | --- | 24 | --- |
| Fahrzeug 2 | 275 | 177 | 126 | 96 | 49 | 47 |
| Fahrzeug 3 | 213 | 123 | 99 | 69 | 35 | 33 |
| Fahrzeug 4 | 123 | 68 | 51 | 33 | 17 | 16 |
| Fahrzeug 5 | --- | 217 | --- | --- | 71 | --- |
| Fahrzeug 6 | 92 | 48 | 45 | 23 | 11 | 11 |

Teil des Nennwertes, ist deren nutzbare Lebensdauer erreicht. Die zyklische Alterung wird als Anzahl von Zyklen angegeben und ist von mehreren Einflussfaktoren abhängig. Dazu gehören:

- ▶ Temperatur [°C]
- ▶ Stromstärke [A]
- ▶ SOC (State-of-Charge = Ladezustand) [%]

Wobei das in weiterer Folge betrachtete Batteriemodell per Annahme nur den SOC-abhängigen Alterungsprozess berücksichtigt. Dafür wurde ein Ageing-Faktor in Form einer Wannenkurve implementiert, der vor allem im SOC-Bereich über 80 % und unter 20 % hohe Werte erreicht. Je größer der Ageing-Faktor, desto stärker ist der negative Einfluss auf die Lebensdauer. Abhängigkeiten von der Stromstärke bzw. der Temperatur wurden aufgrund des Detaillierungsaufwands und noch unsicherer Parameterwerte nicht betrachtet.

Im Projekt Smart Electric Mobility wurden 33 konventionelle Fahrzeuge mit GPS-Loggern ausgestattet und deren Fahrten über etwa drei Wochen aufgezeichnet. Für die Betrachtung der Elektromobilität wird davon ausgegangen, dass das Nutzerverhalten des Fahrzeugs ident bleibt. Aus den gemessenen GPS-Fahrdaten der beteiligten Probanden wurden vom Projektpartner AIT mittels speziellen Elektrofahrzeugmodells – abhängig vom jeweiligen Fahrzeugtyp – die passenden elektrischen Motorleistungsverläufe inklusive Rekuperation generiert. Diese berechneten Leistungsverläufe umfassen den gesamten Betrachtungszeitraum und sind als Sekundenwerte gespeichert. Gemeinsam mit den drei variablen Größen Ladestrategie, Batteriegröße und Ladefenster bilden sie die Eingangsparameter für das Batteriemodell (siehe Abb. 5).

Das vereinfachte Batteriemodell wurde vom AIT mit der Programmiersoftware Dymola realisiert, in MATLAB/Simulink eingebettet und von der TU Wien mit einer Ladesteuerung erweitert. Die Simulation arbeitet den zeitlichen Leistungsverlauf sukzessive ab und erzeugt für jeden Rechenschritt den dazugehörigen SOC-Wert wie auch die aktuelle Anzahl der durchlaufenen Zyklen. Diese lässt auf das Alter der Batterie rückschließen. Abbildung 6 zeigt für ein repräsentatives Elektrofahrzeug über mehrere Stunden die Verläufe von Motor-, Ladeleistung, SOC-Wert und Anzahl der Zyklen.

Tabelle 2 zeigt anhand einiger Szenarien die SOC-abhängige Batteriealterung für sechs ausgewählte Fahrzeuge. In diesen Analysen wird die kalendarische Alterung nicht betrachtet. Die Zellen, die keinen Zahlenwert beinhalten, stellen jene Fälle dar, bei denen die zugrundegelegte Batteriegröße, zur Bewältigung aller Fahrten, nicht ausreicht (d. h. der SOC-Wert der Batterie wird zu irgendeinem Zeitpunkt gleich null). Die Ergebnisse der Simulationen lassen drei Kernaussagen zur SOC-abhängigen Batteriealterung zu:

- ▶ Die Lebensdauer steigt bei Verwendung einer größeren Batteriekapazität.
- ▶ Wird die Batterie nur in einem SOC-Bereich von 20 % bis 80 % betrieben, ist die Lebensdauer am längsten.
- ▶ Bei den vorliegenden sechs Fahrmustern ist die Lebensdauer größer, wenn nur nach der letzten Tagesfahrt geladen wird, als bei Ladevorgängen nach jeder Fahrt.³

Punkt 1 wird damit begründet, dass bei gleichem Fahrverhalten, aber größerer Batteriekapazität, die Anzahl der Zyklen sinkt. Die Aussage von Punkt 2 lässt sich damit erklären, dass beim Laden nach jeder Fahrt der problematische SOC-Bereich von 80 % bis 100 % vermehrt benutzt wird, und somit die Batterie schneller altert. Diesen Effekt kann man vermeiden, indem nur der SOC-Bereich unter 80 % verwendet wird. Die längste Lebensdauer wird dann erzielt, wenn überhaupt nur der SOC-Bereich von 20 % bis 80 % Verwendung findet. Dies verringert jedoch deutlich die mögliche Reichweite pro Fahrt.

Zeitlich gesteuertes Laden führt dazu, dass die Batterie zumeist später geladen wird und somit die Batterie in niedrigeren SOC-Bereichen betrieben wird, was a priori keine erhöhte SOC-Alterung bedeutet, sofern sie im mittleren Bereich (20 bis 80 % SOC) stattfindet. Gesteuertes Laden kann auch zur Verringerung der Alterung beitragen.

³ Dies gilt für das Laden auf 100 % SOC. Wenn man im 20–80 %-Fenster bleibt und hohe Reichweite verfügbar haben möchte, ist ein Zwischenladen tagsüber auf 80 % SOC alterungstechnisch nicht schlechter gestellt.

Wird hingegen der Batterie für eine Netzdienstleistung ein Anteil des Energieinhalts entnommen, treten zusätzliche Entlade-/Ladeprozesse auf, die zu einer rascheren Alterung führen. Um Kunden für derartige Netzdienstleistungsmodelle gewinnen zu können, sind monetäre Anreize und Kompensationen zu schaffen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Elektromobilität wird aufgrund der Ladeprozesse zusätzliche Lastspitzen im elektrischen Netz verursachen, wenn der Ladeprozess ungesteuert auftritt und die Infrastruktur nur an wenigen Hauptstandorten der Autos vorhanden ist. Dies wird einerseits durch statistische Daten wie auch durch Fahrzyklenerhebungen mit konventionellen Fahrzeugen gezeigt. Die realen fahrzeugbezogenen Daten unterstützen den Ansatz, dass zwischen Tagesladern, Zwischenladern und Schnellladern unterschieden werden sollte, um die Erfordernisse betreffend Ladestellen bestmöglich einordnen zu können.

Für die Ladesteuerung sind mehrere Varianten möglich. Die Verschiebung des Ladezeitpunkts wird als günstiger eingestuft, als die Steuerung der Ladeleistung am Ladegerät oder am Umrichter selbst vorzunehmen. Neben dem Ziel der Spitzenlastvermeidung sind aber auch andere Motive für die Ladesteuerung (Netzparametersteuerung, erzeugungsorientiertes Laden) Gegenstand der Forschung und werden die weiteren Untersuchungen prägen. Bedeutend ist dabei, das Verhalten der Fahrzeugbatterie einzubeziehen

und die Auswirkungen unterschiedlicher Ladestrategien auf die Batterie zu berücksichtigen.

Der umfassende Datenbestand der Fahrzyklenerhebung wird nach vollständiger Analyse und darauf aufbauender Simulation für Aussagen zu besonders geeigneten Ladestrategien sorgen und zu einem sinnvollen Ladestellenausbau beitragen können. Beides wird die praktische Umsetzung der mittel- bis langfristigen Wachstumsziele der Elektromobilität durch Handlungsempfehlungen unterstützen.

Literatur

- Brauner, G., Leitinger, C. (2008): Solare Mobilität 2030 – Machbarkeitsstudie zur solaren Vollversorgung im Verkehrsbereich 2030. Auftragsstudie des Lebensministeriums. Wien.
- Clement, K., Haesen, E., Driesen, J. (2008): The Impact of Uncontrolled and Controlled Charging of Plug-in Hybrid Electric Vehicles on the Distribution Grid, EET-2008 European Ele-Drive Conf., Geneva, Swiss.
- Herry, M., Sedlacek, N., Steinacher, I. (2007): Verkehr in Zahlen – Österreich, Ausgabe 2007. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, November 2007.
- Leitinger, C. (2009): Leistungsbedarf und Ladestrategien elektrischer Mobilität für zukünftige Energiesysteme. Smart Grids Fachtagung 2009, Salzburg, Mai 2009.
- Leitinger, C., Litzlbauer, M. (2010): Effizienter Energiebedarf für regenerative Mobilität. Endbericht zum Arbeitspaket 4 des Projekts ADRES-CONCEPT, Jänner 2010.
- Litzlbauer, M., (2009): Erstellung und Modellierung von stochastischen Ladeprofilen mobiler Energiespeicher in MATLAB. Diplomarbeit, TU Wien, Oktober 2009.
- Zhong, X., Cruden, A., et al. (2009): Assessment of Dual Use of Electric Vehicles in the UK Electricity Market, Smart Grids and Mobility. Würzburg, June 2009.

Autoren



Christoph Leitinger

wurde 1979 in Wels, Oberösterreich, geboren. Er studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Energietechnik an der Technischen Universität Wien und KTH Stockholm und schloss das Studium im Juni 2005 mit Auszeichnung ab. Seither arbeitet er am Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (AG Elektrische Anlagen) der TU Wien an seiner Dissertation und an Projekten, die

sich u. a. mit dezentralen Energiesystemen, Energiespeichern sowie der zukünftigen Energieversorgung und Netzintegration der Elektromobilität beschäftigen.



Markus Litzlbauer

wurde 1981 in Waidhofen/Ybbs, Niederösterreich, geboren. Er studierte an der Technischen Universität Wien Elektrotechnik im Studiengang Energietechnik und verfasste seine Diplomarbeit zum Thema „Erstellung und Modellierung stochastischer Ladeprofile mobiler Energiespeicher mit MATLAB“. Nach dem erfolgreichen Abschluss seines Studiums mit Auszeichnung wurde er im

November 2009 als Projektassistent am Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (AG Elektrische Anlagen) an der Technischen Universität angestellt. Sein derzeitiger Arbeitsschwerpunkt liegt im Bereich der Netzintegration von Elektromobilität.