

# Kurzbericht zum Forschungsvorhaben „Geschäftsmodelle und IKT-basierte Dienstleistungen für Elektromobilität“



**FZI Forschungszentrum Informatik**

und



**Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation**

Version 3.0

Datum: 21.05.2014

Ansprechpartner:

Sebastian Gottwalt  
FZI Forschungszentrum Informatik  
76131 Karlsruhe  
gottwalt@fzi.de

Marius Brand  
Fraunhofer IAO  
70569 Stuttgart  
marius.brand@iao.fraunhofer.de

## 1. Motivation und Zielstellung

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs ist ein wichtiger Bestandteil zukunftsfähiger Mobilität. Sie ermöglicht unter anderem lokale Emissionsfreiheit, eine größere Unabhängigkeit der Rohstoffversorgung und eine bessere Integration der Fahrzeuge in ein multimodales Verkehrssystem. Die von der Bundesregierung ins Leben gerufene Nationale Plattform Elektromobilität hat das Ziel ausgegeben, Deutschland zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität bis 2020 zu entwickeln. Einen wichtigen Beitrag hierzu leisten die „Schaufenster Elektromobilität“, indem sie Ressourcen bündeln und innovative Technologien und Lösungen in der gesamten Systemkette vorstellen und besser vermarktbar machen. Baden-Württemberg beteiligt sich daran mit dem Living Lab BWe mobil. Im Rahmen der projektübergreifenden Forschung des Living Labs BWe mobil untersucht das Forschungsvorhaben „Geschäftsmodelle und IKT-basierte Dienstleistungen für Elektromobilität“ attraktive Geschäftsmodelle für die Marktakteure und IKT-basierte Dienstleistungen zur Integration der Elektrofahrzeuge in das Energiesystem. Für den langfristigen Erfolg der Elektromobilität über die Marktvorbereitungs- und Markthochlaufphase hinaus sind diese beiden Themen von zentraler Bedeutung. Das Forschungsvorhaben wurde im Auftrag des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft Baden Württemberg durchgeführt und mit Mitteln der Baden-Württemberg Stiftung finanziert.

Endkunden und Unternehmen sind beim Einsatz von Elektrofahrzeugen und dem Aufbau der Infrastruktur noch sehr zurückhaltend. Einigen Marktakteuren mangelt es noch an profitablen Geschäftsmodellen was in der Folge dazu führt, dass relevante technische Entwicklungen nicht den Markt erreichen und somit langfristig wirkungslos bleiben. Durch den systemischen Charakter der Elektromobilität greift speziell das traditionelle Geschäftsmodell der Automobilindustrie zu kurz, welches das Fahrzeug als Produkt in den Mittelpunkt stellt. Es bedarf daher insbesondere neuartiger Geschäftsmodelle mit einem Fokus auf Mobilität als Leistungsgegenstand. Zusätzlich müssen für alle Beteiligten Anreize gefunden werden, damit ein funktionsfähiger Markt für Elektromobilität generiert werden kann.

Die flächendeckende Versorgung vieler Elektrofahrzeuge zur gleichen Zeit kann kurzfristig zu sehr hohem Strombedarf und Engpässen im Stromnetz führen. Es ist daher erforderlich, die aus den Ladevorgängen entstehenden Lasten bei der Netzsteuerung zu berücksichtigen. Gleichzeitig kann durch Elektrofahrzeuge eine aktive Reaktion auf die Einspeisung von erneuerbaren Energien erfolgen. Da es außer prototypischen Ansätzen einiger Projekte bislang keine etablierten und geeignet gestalteten IT- und Energiesysteme gibt, erfordert dies eine neuartige Infrastruktur und intelligente Verfahren, die deutlich über eine einfache großflächige Bereitstellung von Ladepunkten hinausgehen. Für den Fahrzeugnutzer können auf dieser Basis neue Dienstleistungen angeboten werden.

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse des Projektes kurz vorgestellt. Dabei wird zunächst auf die bereits vorliegenden Erfahrungen zur Marktentwicklung aus anderen Netzindustrien eingegangen. In einem weiteren Schritt werden die Anreize einzelner Marktakteure sowie die dahinterliegenden Marktstrukturen analysiert. Anschließend werden die Lastverschiebepotentiale von E-Fahrzeugen in einem City-Parkhaus und einem Car-sharing Szenario auf Basis empirischer Daten untersucht. Darüber hinaus werden die IT-Architektur und die Schnittstellen zur aktiven Integration der Nutzer in die Ladesteuerung beschrieben.

## 2. Projektergebnisse

### 2.1 Marktalogien

Das Projekt befasste sich mit der Untersuchung von Märkten, die eine ähnliche Struktur wie der Markt für Elektromobilität aufweisen. Hierzu musste der Markt für Elektromobilität definitorisch abgegrenzt werden. Um eine möglichst breite Erfahrung aus den Marktvergleichen zu ziehen, wurden die Märkte Mobilfunk, Elektrizität und Eisenbahnverkehr gewählt. Netzindustrien wurden abgegrenzt und die Netze von Strom-, Bahn-, und Mobilfunkmarkt als Konkretisierungen von Energie-, Telekommunikation- und Mobilitätsmarkt dargestellt.

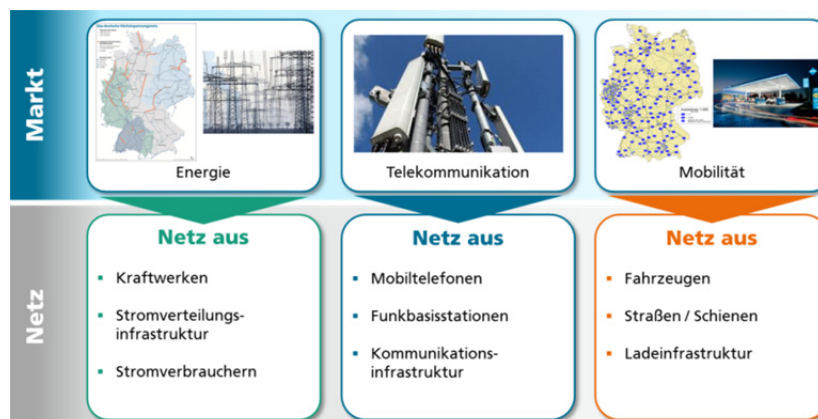


Abbildung 1: Netzindustrien

Für die ausgewählten Märkte spricht die Abhängigkeit von Infrastruktur. Die Märkte sind außerdem in einem Stand der Marktreife, so dass auf eine breite Erfahrungsbasis zurückgegriffen werden kann. Darüber hinaus sprechen marktspezifische Gründe für die Auswahl. Die Entwicklung der Märkte wurde auf mehrere Fragestellungen hin untersucht, die zentrale Herausforderungen beim Aufbau von netzabhängigen Märkten darstellen:

- Wann ist eine staatliche Regulierung sinnvoll bzw. notwendig?
- An welcher Stelle ist diese Regulierung sinnvoll?
- Wann sind staatliche Subventionen notwendig bzw. sinnvoll?
- Welchen Einfluss hat staatliches Eingreifen allgemein auf die Entwicklung des Marktes?
- Wie wichtig sind kundengruppenspezifische Angebote in der Entstehungsphase?
- Welcher Akteur ist für die Standardisierung verantwortlich?
- Wie war der räumlich/zeitliche Verlauf des Marktaufbaus?

Zu diesen Fragen wurden Thesen aufgestellt, die dann an den Erfahrungen aus den Märkten gespiegelt wurden. Neben den marktübergreifenden Thesen wurden Einzelerkenntnisse aus jeweils einem Markt abgeleitet. Beispielhaft soll dies anhand einer These dargestellt werden:

**These:** Die Innovatoren hatten während der Netzaufbauphase ausschließliche Angebotsrechte (für ein Gebiet).

- Strom: Konzessionsverträge garantierten Gebietsmonopole.
- Bahn: Einzelne Strecken in Privatbesitz, kein Nutzungsrecht für Konkurrenten.
- Mobilfunk: Bis einschließlich C-Netz Deutsche Bundespost alleiniger Anbieter.

**Folgerung:** Zeit des eingeschränkten Wettbewerbs war in Analogiemärkten typisch und erhöhte Investitionssicherheit

Grundsätzlich waren im Strommarkt Industrieunternehmen die ersten großen Abnehmer, die Elektrizität als „Kraftstrom“ nutzten und damit menschliche Arbeitskraft substituierten. Dieser Prozess verlief ökonomisch ähnlich zur Einführung von Elektrofahrzeugen als Substitut für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor: Eine hohe Investition in Maschinen (bzw. Elektrofahrzeuge) war nötig, um von den erheblich geringeren laufenden Stromkosten im Vergleich zu Arbeitskosten (Kraftstoffkosten) profitieren zu können. Die Kraftstromabnehmer waren in der Entstehungsphase des Strommarktes erfolgskritisch, da sie aufgrund hoher Abnahme die Investitionen der Energieanbieter rechtfertigten. In ähnlicher Weise können Flottenkunden zum Erfolg der Elektromobilität beitragen und den Weg für Privatanutzer ebnen. Die Märkte Mobilfunk und Bahn wurden in ähnlicher Weise untersucht.

## 2.2 Wertschöpfungsstrukturen und Anreizsysteme

Folgend wurden Marktstrukturen und die Anreize der Marktakteure untersucht. Während den Recherchen sowie durch die Erfahrungen in anderen Schaufensterprojekten wurde klar, dass die Henne-Ei-Problematik (HEP) der Akteure in der Elektromobilität die zentrale ökonomische Herausforderung darstellt. Aufgrund der Heterogenität der Marktteilnehmer im Markt für Elektromobilität muss die Markttransparenz erhöht werden, um Geschäftsmodelle abzuleiten, die für alle Marktteilnehmer profitabel sind.

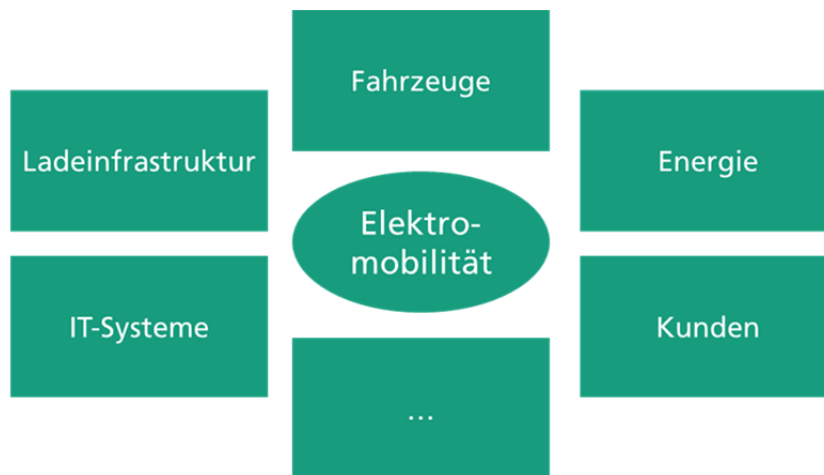


Abbildung 2: Henne-Ei-Problem der Elektromobilität

Es besteht also die Herausforderung, mehrere heterogene Akteure in einem funktionsfähigen Geschäftsmodell zu kombinieren. Dabei muss die typische Trägheit des Marktes überwunden werden (Farrell und Saloner, 1985), die sich durch Marktintransparenz einstellt (Akerlof, 1970). Dafür muss die jeweilige Industriearchitektur visualisiert und analysiert werden können. Nur dann kann eine kreative Auseinandersetzung mit Geschäftsmodellausprägungen erfolgen (Kett u.a., 2012).

Zur Erreichung dieses Ziels wurde eine Methode entwickelt, die es Unternehmen ermöglicht, ihre Position im Markt bzw. ihre Abhängigkeiten zu sonstigen Akteuren zu analysieren. Kern der Methode ist ein auf MS Excel basierendes Tool, das Wertströme und Verbindungen von Unternehmen analysiert und visualisiert. Die Kompatibilität zu MS Excel garantiert, dass das Werkzeug mit minimalen Einstiegshürden in Unternehmen verwendet werden kann. Außerdem können die berechneten Einzelkennzahlen, sowie Matrizen und Tabellen unter Verwendung aller Funktionen von MS Excel weiterverwendet werden.

Als Datengrundlage dient eine Auflistung der geplanten und bereits existierenden Leistungen der involvierten Unternehmen mit geschätzten bzw. gemittelten Preisen. Erst durch die Nutzung derartiger Daten und die Durchführung der ebenfalls im Rahmen der Methode entwickelten Potentialanalyse kann eine aussagekräftige Marktuntersuchung erarbeitet werden. Da die Leistungen und deren Werte unternehmensspezifisch sind, werden diese von allen zu analysierenden Akteuren benötigt. Diese Daten werden durch ein separates, vom Auswertungssys-

tem getrenntes Tool, in die benötigte Form transformiert. Eine Auswertung kann für einzelne Unternehmen oder den gesamten Markt erfolgen.

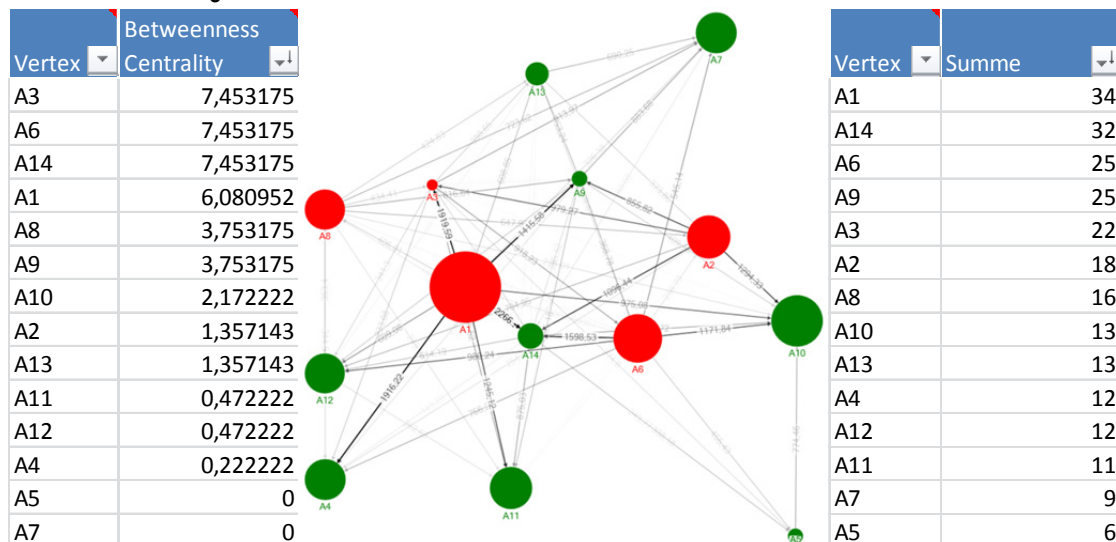


Abbildung 3: Beispiel einer Wertschöpfungsstrukturvisualisierung inkl. Teilauswertung

Die Abbildung stellt ein beispielhaftes Gefüge von Unternehmen im Markt für Elektromobilität dar. Bereits aus diesem ist ersichtlich, dass die rot markierten Akteure nicht von der Teilnahme am Markt profitieren, die profitierenden Akteure (grün) jedoch auf diese angewiesen sind. Dies zeigt die Tabelle rechts, da der rot markierte Akteur A1 die meisten Verbindungen im Netzwerk aufweist und mithin für dieses zentral ist. Die bestätigt die linke Auswertung (Betweenness Centrality). Diese stellt dar, welche Akteure zu Flaschenhälsen im Netzwerk werden können.

### 2.3 Lastverschiebepotential in Geschäftsmodellen für Elektromobilität

Ein weiteres zentrales Thema für den langfristigen Erfolg der Elektromobilität ist die Integration der Elektrofahrzeuge in das Energiesystem. Um Potentiale zur Netzunterstützung der Elektrofahrzeuge zu bewerten, wurde das Lastverschiebepotential in relevanten Szenarien der Elektromobilität quantifiziert. Hierbei wurde zunächst eine Erfassung von potentiellen Anwendungsszenarien und deren Geschäftsmodelle vorgenommen. Im Anschluss wurden zwei relevante Szenarien für die simulationsbasierte Analyse der Lastverschiebepotentiale ausgewählt und untersucht.

Neue Geschäftsmodelle in der Elektromobilität müssen so entworfen werden, dass sie sich an den Bedürfnissen und Wünschen der Kunden orientieren. Eine wesentliche Voraussetzung ist dabei die Nutzerfreundlichkeit: Der Anwender sollte die Leistung möglichst einfach in Anspruch nehmen können (vgl. Kasperk und Drauz, 2013). Hierfür eignen sich Geschäftsmodelle, die den Nutzer in den Mittelpunkt stellen und Mobilität als abrufbaren Service anbieten. Als zwei relevanten Szenarien werden im Folgenden Ergebnisse für das Lademanagement in einem City Parkhaus sowie die Ladekoordination in einem stationsbasierten Carsharing Ansatz dargestellt.

Als Datengrundlage für die simulationsbasierte Analyse der Ladelast und deren Verschiebungspotential werden empirische Fahrprofile des Deutschen Mobilitätspanels verwendet (BMVBS, 2008). Neben den Angaben zum Mobilitätsverhalten fließen die technischen Eigenschaften aktueller E-Fahrzeuge wie dem z.B. Nissan Leaf mit ein (22 kWh Batteriekapazität, 0,15 kWh/km Verbrauch). Das Analysemodell umfasst die beiden Ladestrategien „as fast as possible“ – AFAP – sowie „as late as possible“ – ALAP. AFAP lädt dabei das Fahrzeug ohne Verzögerung sofort nach Ankunft am Ladeort bis zur Nennkapazität wieder auf. ALAP führt hingegen den Ladevorgang mit maximal möglicher Verzögerung durch, so dass die Batterie erst zum Abfahrtszeitpunkt voll ist.

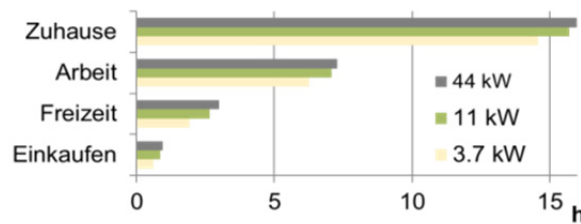


Abbildung 4: Zeitliche Verschiebungspotentiale bei verschiedenen Ladeleistungen und Ladeorten.

Alle anderen Ladestrategien bewegen sich zeitlich zwischen diesen beiden Alternativen. Die Spanne zwischen diesen Ladestrategien stellt somit die maximale zeitliche Verschiebbarkeit der Ladevorgänge dar. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass es in City-Parkhäusern ein bedingtes Lastverschiebepotenzial gibt (vgl. Abbildung 4), das hauptsächlich von Anliegern und Arbeitnehmern zur Verfügung gestellt wird. Diese Lastverschiebepotentiale können beispielsweise zur kurzfristigen Erhöhung des Eigenverbrauchs genutzt werden. Als Anwendungsbeispiel kann hier die Nutzung von verfügbarem Strom aus einer Photovoltaikanlage vom Parkhausdach genannt werden. Höhere Ladeleistungen spielen bei kürzeren Ladezeiten eine erhebliche Rolle, müssen aber nicht flächendeckend eingesetzt werden.

Auf Basis der individuellen Fahrprofilen wurden für das Carsharing Analyseszenario einzelne Routen, bzw. Buchungen generiert. Zur Validierung der Ergebnisse wurde die zufällige Zusammenstellung der städtischen Fahrprofile für die simulierte Carsharing Station mehrfach als Monte-Carlo-Simulation durchgeführt. Auf Basis dieser Daten wurde anschließend das Lastverschiebepotential unter den zuvor beschriebenen Ladestrategien

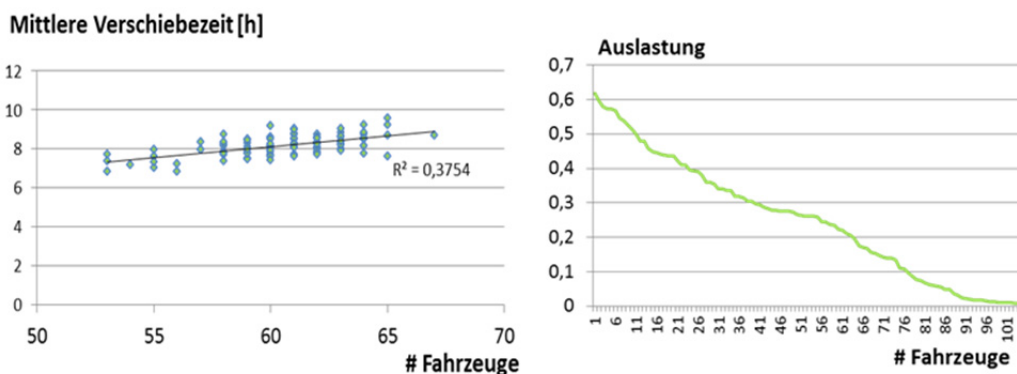


Abbildung 5: Mittlere Verschiebungszeit i.A. der Fahrzeuganzahl sowie der Kapazitätsauslastung

analysiert. Um eine möglichst realistische Abschätzung der Lastflexibilität zu erreichen, wurden Fahrzeuge mit einer (Buchungs-)Auslastung unter 20% von der Betrachtung ausgenommen. In diesem Fall steht ein potenzieller Kunde ggf. vor dem Problem, zu Stoßzeiten kein Fahrzeug zu erhalten. Abbildung 5 (rechts) zeigt die Auslastung der Carsharing Flotte beispielhaft für eine der untersuchten Buchungsmengen (sog. Sample). Links ist die mittlere Verschiebezeit der Ladevorgänge dargestellt. Diese wächst mit der Anzahl der Fahrzeuge, die in den verschiedenen Samples für die zufällig gewählten städtischen Routen innerhalb einer Woche benötigt werden. Grundsätzlich lässt sich dabei ein robustes Verschiebepotenzial von ca. sieben bis neun Stunden feststellen, das für verschiedene Anwendungen, wie der Maximierung der Eigenversorgung, zur Verfügung steht. Insgesamt gilt es für den Carsharinganbieter zu entscheiden, welche Kapazität er vorhalten möchte sowie welche Flexibilität der Fahrzeuge er im Gegenzug nutzen möchte.

## 2.4 IKT-basierte Dienstleistungen zur Ladesteuerung

Um die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Lastverschiebepotentiale zu realisieren, müssen von den beteiligten Akteuren wie Mobilitätsnutzer, Parkhausbetreiber, Netzbetreiber, Energieversorger und Abrechnungsdienstleister eine Vielzahl von Informationen ausgetauscht werden. Der Parkhausbetreiber kann hierbei als Koordinationsinstanz der Informationsflüsse dienen und die Ladevorgänge lokal zentral koordinieren. Maßgeschneiderte IKT-Dienste können einen wesentlichen Beitrag zur Nutzung der Flexibilitätspotentiale leisten. Diese Dienste reduzieren die Komplexität, automatisieren die Prozesse so weit wie möglich und reduzieren die für die Entscheidung erforderlichen Informationen für den Anwender auf das hierfür notwendige Maß.

Dem Datenmanagement kommt eine maßgebliche Rolle bei Lade- und Abrechnungsdiensten für Elektrofahrzeuge zu. Auf der rechtlichen Seite sind zum einen die gesetzlichen Anforderungen des Eichrechts für die Messung und Kommunikation von eichpflichtigen Messdaten relevant. Da aufgrund des Personenbezugs der Messdaten die Bildung von Verhaltens- und Bewegungsprofilen theoretisch möglich wäre, müssen auch die Vorgaben des Datenschutzrechts beachtet werden. Neben den allgemeinen Vorgaben des Bundesdatenschutzgesetzes ist ein neues bereichsspezifisches Schutzprogramm nach dem Vorbild des Telekommunikationsrechtes erstrebenswert (vgl. Raabe u.a., 2011). Auf der technischen Seite muss die Datenkommunikation zwischen dem Elektrofahrzeug und der Ladesäule, zwischen der Ladesäule und den übergeordneten externen Instanzen sowie zwischen den verschiedenen Parteien in einem Roaming-Netzwerk ausgestaltet werden. Der Standardentwurf ISO/IEC 15118-2 sowie die Protokolle OCPP und OICP können integriert operieren und ermöglichen somit eine interoperable und kundenfreundliche Ladeinfrastruktur (vgl. Mültin u.a., 2013).

Neben den oben diskutierten Zielen des Lademanagements mit dem Fokus auf der zeitlichen Verschiebbarkeit von Ladevorgängen, kann aus der Perspektive eines Infrastrukturanbieters die Anzahl und die Leistungsfähigkeit von Ladepunkten ein entscheidender Faktor für die wirtschaftliche Tragfähigkeit sein. Untersucht wurde daher, wie durch die Steuerung der Ladevorgänge die Anzahl der Ladepunkte in einem Parkhaus reduziert werden kann. Bei einer Grundgesamtheit von 300 Stellplätzen zeigt sich, dass bei ungesteuertem Laden im Wohnparkhaus je nach Ladeleistung 71 Ladepunkte (3,7 kW) bzw. 21 Ladepunkte (44 kW) benötigt werden. Durch eine optimale Steuerung der Ladevorgänge kann diese Zahl auf 17 (3,7 kW) bzw. sogar drei (44 kW) Ladepunkte reduziert werden. Alle Einsparungen die mit Bezug auf die Ladeinfrastruktur in dieser Potentialanalyse erreicht werden können, gehen jedoch auf Kosten der weiteren Verschiebbarkeit der einzelnen Fahrzeuglasten und erschweren eine effektive Nutzung lokaler PV-Erzeugung oder die Kompensation von Erzeugungsspitzen im Netz. Die Nutzung der Flexibilität zur Reduktion der Ladepunkte und die energiewirtschaftliche Optimierung müssen daher gegeneinander abgewogen werden.



Abbildung 6: Interface zur Nutzerinteraktion bzw. Auswahl verschiedener Ladestrategien für den Ladevorgang im Parkhaus.

Bei der Entwicklung eines Prototyps zur Nutzerinteraktion bei der Ladung von Elektrofahrzeugen stand die Frage im Fokus, auf welchem – möglichst intuitiven und effizienten – Weg die Präferenzen des Nutzers abgefragt werden können, um eine Ausschöpfung der Ladeflexibilität und damit auch der Flexibilität des Nutzers zu erreichen. Da der Nutzer mit seiner Vorgabe von Randbedingungen und seiner Zahlungsbereitschaft bei der Ermittlung einer optimalen Ladung zumindest implizit eine Vielzahl von Entscheidungen treffen muss, wird hier auch von einem Entscheidungsunterstützungssystem gesprochen (vgl. Abbildung 6).

Bei der Optimierung von Ladevorgängen bilden die Ankunftszeit und die Abfahrtszeit des Elektrofahrzeuges den zeitlichen Freiheitsgrad zur Einplanung der Ladung. Zusätzlich kann zwischen verschiedenen Ladestrategien gewählt werden. Hierbei können ökonomische oder ökologische Zielsetzungen priorisiert werden. Optional kann durch eine Angabe der geplanten Aufenthaltsdauer und der gewünschten Energiemenge/Reichweite eine angepasste optimierte Ladung erfolgen, die dem Nutzer einen vergünstigten Energiebezug ermöglicht. Ist der E-Fahrzeugnutzer regelmäßig an wiederkehrenden Orten, so können lernende Systeme die Nutzbarkeit weiter vereinfachen und dem Nutzer Vorschläge auf Basis früherer Entscheidungen unterbreiten um so das nutzbare Flexibilitätspotential zu heben.

### 3. Quellenverzeichnis

- Akerlof, G. (1970). The market for 'lemons': quality uncertainty and the market mechanism. *Quarterly Journal of Economics*, 84 (August), (1970): 488-500.
- BMVBS (2008). German Mobility Panel (Deutsches Mobilitätspanel), Panelauswertung 2007. Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Online verfügbar: <http://mobilitaetspanel.ifv.uni-karlsruhe.de>
- Farrell, J., und G. Saloner (1985). "Standardization, compatibility, and innovation." *The RAND Journal of Economics*: Vol. 16 No. 1, 70-83.
- Kasperk, G. und R. Drauz (2013). Geschäftsmodelle entlang der Elektromobilen Wertschöpfungskette. In: *Elektromobilität*, S. 103-148. Springer, Berlin
- Kett, H., Weiner, N. und J. Falkner (2012). Die Grundlagen zu Geschäftsmodellen und Cloud-Anwendungen. In: Spath, D., Weiner, N., Renner, T. und Weisbecker, A. (Hrsg.): *Neue Geschäftsmodelle für die Cloud entwickeln*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, S. 20-38.
- Mültin, M., C. Gitte und H. Schmeck (2013). Smart Grid-Ready Communication Protocols And Services For A Customer-Friendly Electromobility Experience. In: *Smart Grid Workshop der Gesellschaft für Informatik*.
- Raabe, O. und E. Weis (2011). Datenschutz- und eichrechtliche Anforderungen an das Smart Grid. Workshop zum Energierecht: Smart Grids. Institut für Energie- und Regulierungsrecht Berlin.
- Spath, D., Weiner, N., Renner, T. und A. Weisbecker (2012): *Neue Geschäftsmodelle für die Cloud entwickeln*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart.