

# Nutzerverhalten beim Laden von Elektrofahrzeugen

Dipl.-Psych. Katharina Papendick, Dipl.-Ing. Ulrich Brennecke, M. Sc. Juan Sebastián Sánchez Márquez,  
Prof. Dr.-Ing. Barbara Deml

Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb (IAF),  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Deutschland  
katharina.papendick@ovgu.de, 0391-67-18619

## Kurzfassung

In dieser Studie wird das Verhalten beim Laden von Elektrofahrzeugen untersucht, um eine Prognose des zukünftigen Ladeverhaltens abgeben zu können. Die Ergebnisse basieren auf zwei Befragungen, die insbesondere den Ladekomfort bezüglich induktiver und konduktiver Ladetechnik beleuchten. Die Ergebnisse zeigen, dass die überwiegende Mehrheit der Befragten dem Elektrofahrzeug positiv gegenüber steht und sowohl konduktives als auch induktives Laden gleichermaßen akzeptiert werden. Für den Komfortgewinn des induktiven Ladens waren, unabhängig vom Experteniveau, 62% der Befragten bereit, mehr Geld (Md = 1.000€) im Vergleich zum konduktiven Laden auszugeben. Ein Nachteil der konduktiven Ladetechnik besteht in der Handhabung des Ladens, indem das Ladekabel in das Elektrofahrzeug und die Ladesäule gesteckt werden muss. Dies erscheint den Nutzern bei kurzen Aufenthalten nicht lohnenswert. Vergleicht man die Antworten bezüglich des Ladeverhaltens beim Elektrofahrzeug und beim Mobiltelefon, so zeigt sich ein ähnliches Ladeverhalten. Hingegen würden die Befragten ihr Elektrofahrzeug eher bei jeder Gelegenheit, anstatt bei niedriger Batterieanzeige, laden.

Schlüsselwörter: Elektrofahrzeug, Ladekomfort, induktiv, konduktiv, Akzeptanz

## 1. Einleitung

Der überwiegende Teil der heutigen Straßenfahrzeuge wird durch Verbrennungsmotoren angetrieben, die fossile Kraftstoffe verbrauchen. Laut Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes werden in Deutschland 2011 rund 72,1% der Kraftfahrzeuge mit Benzin angetrieben [1]. Die zunehmende Nachfrage und steigende Mobilität der Bevölkerung, lassen einen jährlichen Zuwachs des Bestandes an Personenkraftwagen verzeichnen [1].

Elektrofahrzeuge (EFZ) nehmen am Gesamtfahrzeugbestand nur einen sehr geringen Teil ein. Im Jahr 2011 gibt es in Deutschland knapp 40.000 Fahrzeuge, die mit Hybrid- oder Elektro-Antrieben fahren, davon sind lediglich 2.307 Elektroautos (gleich 0,005% an den Gesamtfahrzeugen).

Von entscheidender Bedeutung für die Marktentwicklung der Elektroautos ist die Akzeptanz der Nutzer. Elektroautos führen eine viele Vorteile mit sich: keine Emissionen durch Nutzung erneuerbarer Energien, leiser Betrieb und eine voraussichtliche Kosteneinsparung für den Endnutzer durch den Strombetrieb [2, 3, 4]. Die Nutzerakzeptanz wird durch mehrere Faktoren bestimmt: Anschaffungs- und Betriebskosten, Wirkungsgrade, Reichweiten, Umweltfreundlichkeit oder auch der Komfort im Ladevorgang [8].

Um aus heutiger Sicht eine belastbare Akzeptanzprognose abgeben zu können, muss vor allem auch das Verbraucherverhalten prädiert werden. Ein wesentlicher Unterschied im Verbraucherverhalten im Vergleich zum Kraftstofffahrzeug, zeigt sich in der täglichen Ladung des EFZ, statt wie bisher sein Fahrzeug nur ein- bis zweimal im Monat zu betanken [6]. Daher stellt der Ladekomfort einen wesentlichen Faktor für die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen dar [6].

### 1.1 Konduktive und Induktive Ladevorgänge

Der heutige Stand der Ladetechniken beim Elektrofahrzeug zeichnet sich hauptsächlich durch zwei Vorgänge aus: der konduktive und der induktive Ladevorgang.

Der konduktive Ladevorgang bezeichnet die konventionelle Art, bei der mittels Kabel, Stecker und Buchse das Fahrzeug geladen wird. Dazu muss der Nutzer das Ladekabel entnehmen und anschließen, die Ladestation bedienen und abschließend das Kabel trennen und verstauen. Diesen Vorgang müssen die Nutzer dann täglich (evtl. mehrmals täglich zur Batteriepflege) durchführen.

Neben dem konventionellen Laden mit Kabel und Stecker wird auch das induktive, kabellose Laden diskutiert [6]. Dabei muss das Elektrofahrzeug über einer Induktionsspule geparkt werden, wodurch der gesamte

Ladevorgang automatisiert und ohne elektrischen Kontakt zwischen der Ladestation und dem Anwendungsteil abläuft. Solch eine Ladestation kann beispielsweise unterflurig auf der Fahrbahn installiert sein. Dies würde sich daher auch, wie die Ladesäule, für den privaten Gebrauch in Garagen, Carports oder auf öffentlichen Parkflächen anbieten [6]. Das Prinzip der induktiven Ladung ist dem Nutzer auch im Haushalt, durch die Aufladung der elektrischen Zahnbürste, bekannt [6, 8, 7]. Auch im Industrieanlagenbau wird die Induktionsladung zunehmend genutzt [6].

Viele Hersteller, wie Vahle GmbH & Co KG, SEW-Eurodrive GmbH & Co KG oder Conductix-Wampfler AG, behaupten, dass die kontaktlose und eingriffsfreie Energieübertragung, im Vergleich zur konventionellen Methode, die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen verbessert [2, 6]. Die Bereitschaft potentieller Nutzer, mehr Geld für die induktive Ladung auszugeben, hängt von der Einstellung der Nutzer ab, welchen Mehrwert bzw. welche Nachteile sie in der induktiven Ladung sehen[9].

Die konduktive Ladetechnik hat den entscheidenden Vorteil, dass die Nutzer die Art der Ladetechnik kennen und verstehen. Dazu ist die benötigte Infrastruktur bereits in Ansätzen vorhanden und die Technik bereits weit fortgeschritten. Dem gegenüber stehen auch Nachteile, die sich besonders in dem mangelnden Ladekomfort bei widrigen Wetterverhältnissen, wie Regen oder Schnee, zeigen [2]. Gerade kurze Parkdauern erscheinen dem Nutzer womöglich mühselig, da das Ein- und Ausstecken an einer Ladesäule für lediglich wenige Minuten Parkdauer, zu aufwendig ist. Gleichzeitig wird die Sicherheit kritisiert, die beispielsweise bei feuchten Händen in Verbindung mit offenen Starkstromanlagen oder Kriechströmen über Nässefilme, als gefährdet wahrgenommen wird [2, 6, 9].

Bei der induktiven Ladung entfällt dagegen die Handhabung mit Kabel und Stecker, wodurch das EFZ auch bei kurzen Standzeiten automatisch geladen wird. Durch häufigere Ladungen, wird zudem die Lebensdauer der Batterie verlängert [6]. Dazu bietet die Technik Schutz vor Vandalismus, Verschleiß und Witterungseinflüssen. Nachteile können durch einen geringen Wirkungsgrad entstehen, wenn die Spulen nicht optimal positioniert werden. Desweiteren können Beeinträchtigungen durch auftretende elektromagnetische Felder nicht ausgeschlossen werden und erhöhte Anschaffungskosten sind nicht zu vernachlässigen[9].

## **1.2 Motivation dieser Studie**

Es gibt bisher wenige Studien, die sich mit der Nutzerakzeptanz von EFZ beschäftigt haben. Hidrué und Kollegen untersuchten 2011 die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten in Bezug auf fünf verschiedene Eigenschaften von EFZ (Reichweite, Ladedauer, Bezinskosteneinsparung, Minderung der Schadstoffbelastung und Fahrverhalten) [10]. Deren Ergebnisse zeigten, dass die Konsumenten besonders für Zeitersparnisse im Laden (bis zu 3250 \$ für eine Stunde Zeitersparnis), lange Reichweiten (bis zu 75 \$ pro Meile) und Minderungen in der Schadstoffbelastung, bereit sind mehr zu zahlen.

Auf der Basis einer Online-Umfrage des Electric Power Research Institute (EPRI) in Kalifornien wurden 2010 das Interesse und die Erwartung zur Infrastruktur elektrischer Fahrzeuge unter 879 Teilnehmern befragt [3]. Die Ergebnisse lassen eine Tendenz zur höheren Zahlungsbereitschaft im amerikanischen Markt erkennen.

Ebenfalls führten Krems und Kollegen internationale Feldversuche zur Nutzerakzeptanz von EFZ durch, wobei die Nutzer die EFZ zur Erprobung für einen längeren Zeitraum nutzen sollten [4, 11].

In allen Studien wurde jedoch nicht zwischen konduktiver und induktiver Ladetechnik unterschieden. Daher soll im Rahmen dieser Studie, die Nutzerakzeptanz im deutschen Markt bezüglich der EFZ erhoben werden, um eine Prognose des zukünftigen Ladeverhaltens von Elektrofahrzeugfahrern abgeben zu können. Da der Ladekomfort einen wichtigen Faktor der Nutzerakzeptanz darstellt [9], soll zudem abgefragt werden, ob die Nutzer dem induktiven Ladevorgang, einen Mehrwert einräumen. Dazu werden zum einen die Ergebnisse einer Befragung auf der Hannover Messe Industrie (HMI) und zum anderen Ergebnisse einer bereits in 2010 durchgeführten Onlinebefragung zum Nutzerverhalten beim Laden von Elektrofahrzeugen vorgestellt.

## **2. Methode**

### **2.1 Befragungsmethoden**

Um eine möglichst umfassende Prognose zum Ladeverhalten geben zu können, wurden zwei sich ergänzende Befragungsmethoden eingesetzt, um einen möglichst repräsentativen und vielseitigen Nutzerkreis zu befragen.

Zum einen wurde 2011 eine face-to-face Befragung auf dem Stand des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) auf der HMI durchgeführt. Auf dem Stand wurden die neuesten Forschungsergebnisse aus dem BMU-Förderprogramm für Elektromobilität vorgestellt. Auf diese

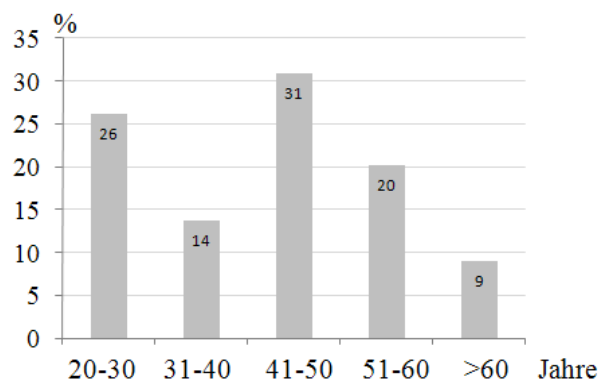
Weise nahmen vor allem Personen an der Umfrage teil, die an Elektrofahrzeugen interessiert sind. Zu den Befragten zählten nach eigener Einschätzung interessierte Privatpersonen, darunter Studenten aus einschlägigen Studienrichtungen, Aussteller und branchenspezifische Besucher aus der Industrie.

Zum anderen wurde 2010 eine Onlinebefragung zum Nutzerverhalten beim Laden von Elektrofahrzeugen durchgeführt. Durch die Verbreitung der Umfrage über soziale Netzwerke wurde vor allem die jüngere Generation (mehrheitlich Studenten) erreicht. Diese junge Altersklasse ist für eine Prognose besonders interessant, da sie den zukünftigen Käufer- und Nutzerkreis repräsentiert.

## 2.2 Beschreibung der Stichproben

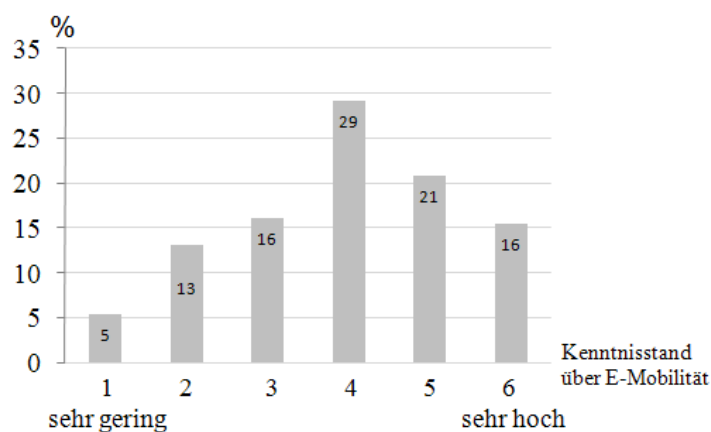
### HMI:

Insgesamt nahmen an der Befragung auf der HMI 170 Personen teil, davon 158 Männer und 12 Frauen. In Abb. 1 ist die Altersstruktur der Befragungsteilnehmer dargestellt.



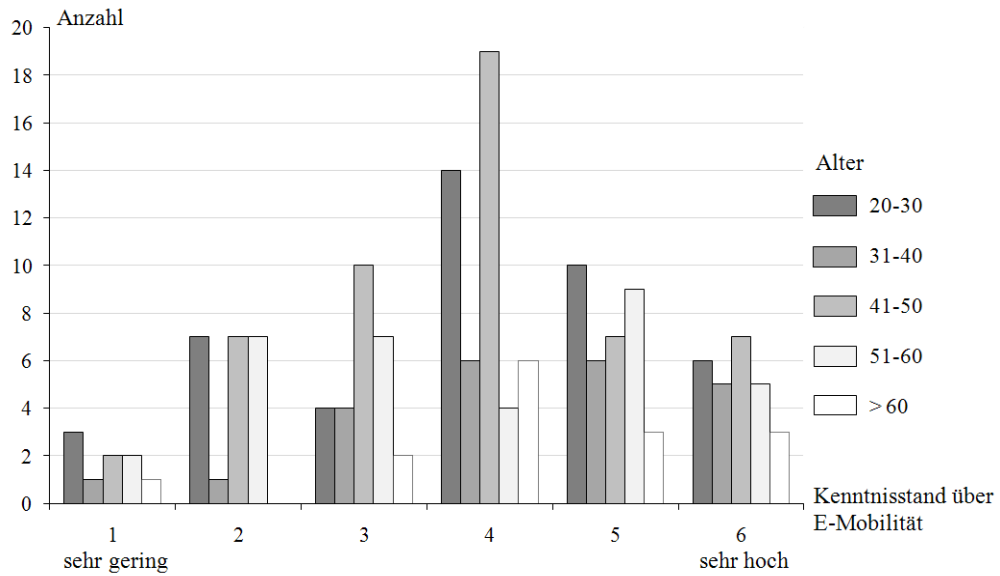
**Abbildung 1: Prozentuale Verteilung des Alters der Befragungsteilnehmer - HMI**

Es sind alle Altersgruppen vertreten, wobei die größte Gruppe, die 41-50-Jährigen bilden, gefolgt von den 20- bis 30-Jährigen. Der Kenntnisstand bezüglich der Elektromobilität der befragten Personen befindet sich eher im überdurchschnittlichen Bereich (Abb. 2).



**Abbildung 2: Kenntnisstand der Befragten bezüglich Elektromobilität - HMI**

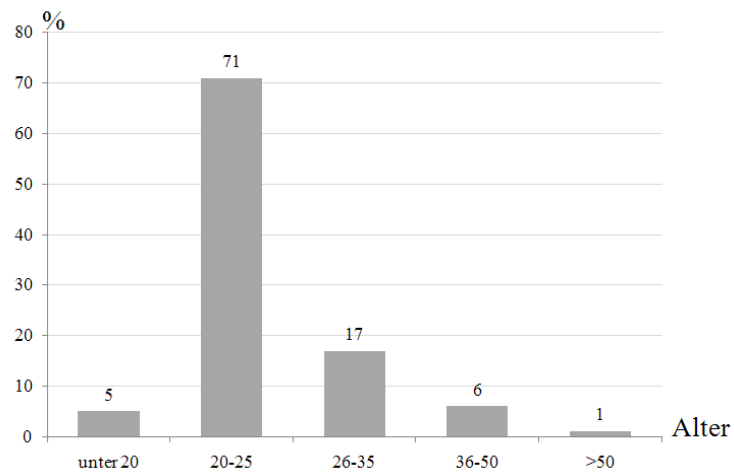
Abb.3 zeigt die Altersstruktur der Befragungsteilnehmer sortiert nach Expertisegruppen. In jeder Expertisegruppe sind alle Altersgruppen vertreten. Ein direkter Zusammenhang zwischen dem Alter der Befragten und dem selbst eingeschätzten Kenntnisstand bezüglich Elektromobilität ist nicht vorhanden ( $r = 0,0$ ). So befanden sich unter den Befragten auch jüngere Personen mit hoher Expertise, wie z. B. Studenten einschlägiger Fachrichtungen.



**Abbildung 3: Altersstruktur der Befragungsteilnehmer sortiert nach Expertisegruppen - HMI**

### Onlinebefragung:

An der Onlineumfrage nahmen insgesamt 729 Personen teil, davon 541 Männer und 188 Frauen. Die Altersstruktur ist in Abb. 4 dargestellt. Es wurden vor allem die jüngere Generation bis 35 Jahre mit einem Prozentsatz von 93 Prozent erreicht.



**Abbildung 4: Altersstruktur der Teilnehmer - Onlineumfrage**

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Einstellung zur Elektromobilität allgemein

78% der Befragten wären bereit, für die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs mehr Geld auszugeben, als für einen Neuwagen gleicher Kategorie mit Benzinmotor. Auf die Frage nach dem „wie viel mehr die Befragten

bereit wären, für ein Elektrofahrzeug zu zahlen“ lag die Antwort bei durchschnittlich 20 % mehr. Dabei besteht kein Zusammenhang zwischen der Bereitschaft zu einer höheren Investition für ein EFZ und dem Experteniveau der Befragten ( $r = 0,1$ ).

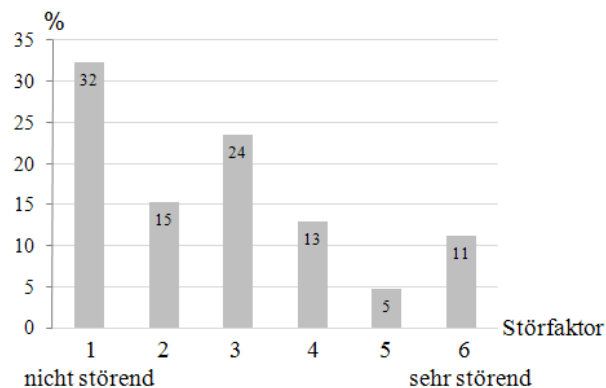
Das Befragungsergebnis der HMI weicht nur geringfügig vom Ergebnis der Onlineumfrage ab, in der fast 68 % der Befragten (466 Personen) angaben, sie könnten sich vorstellen bis zum Jahr 2020 ein Elektrofahrzeug zu kaufen. Dazu wurden Gründe für und gegen den Kauf eines EFZ genannt, die in Tab. 1 dargestellt sind.

**Tabelle 1: Gründe für und gegen den Kauf eines EFZ - Onlineumfrage**

Gründe für den Kauf eines EFZ:	Gründe gegen den Kauf eines EFZ:
- Umweltfreundlichkeit	- noch nicht ausgereifte Technik bzw. Infrastruktur
- Erschöpfung der Rohstoffreserven	- zu hohe Kosten
- steigende Spritkosten	- Affinität zu Verbrennungsmotoren (z.B. Akustik)
- generelles Technikinteresse	
- geräuscharmer Antrieb	

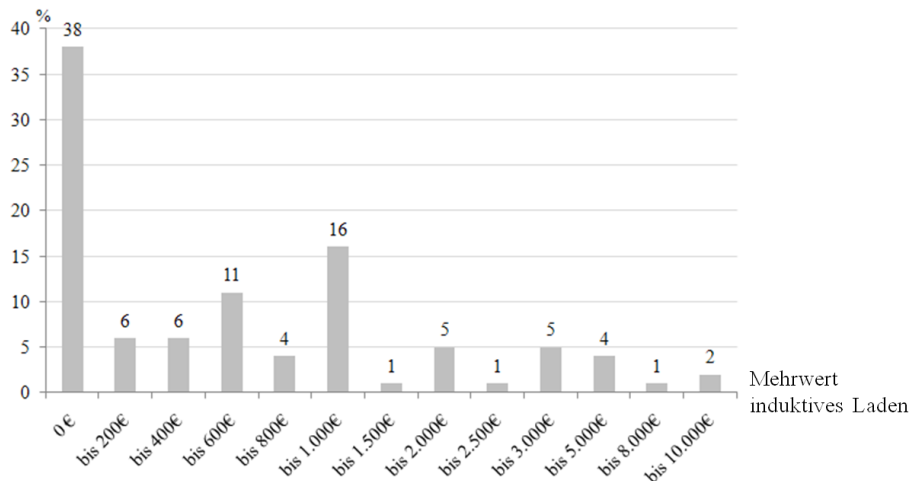
### 3.2 Einstellung zur Ladeart (konduktiv/induktiv)

Auf die Frage, ob das Hantieren mit dem Ladekabel beim konduktiven Laden ein Grund sei, kein EFZ zu kaufen, bejahten nur knapp 14 % der Befragten. Von der überwiegenden Mehrheit (über 86 %) wird das konduktive Laden als „nicht störend“ eingeschätzt. Auch das Laden bei widrigen Wetterverhältnissen würde die Befragten eher nicht stören (Abb. 5).



**Abbildung 5: Störfaktor des konduktiven Ladens bei widrigen Witterungsverhältnissen (prozentuale Verteilung) - HMI**

38% der befragten Personen wären nicht bereit, für den Komfortgewinn durch die induktive Ladetechnik mehr Geld auszugeben (Abb. 6). Als Argument wird angeführt, dass die Kosten für ein EFZ schon über denen für ein konventionelles Fahrzeug liegen. Zudem zweifeln einige der Befragten die Wirksamkeit des induktiven Ladens an.



**Abbildung 6: Mehrwert (in Euro) des Komfortgewinns durch das induktive Laden - HMI**

Bei den verbleibenden 62 % der Befragten, die bereit sind, im Vergleich zum konduktiven Laden mehr zu bezahlen, liegt die eine Hälfte unter und die andere Hälfte über dem Betrag von 1.000 € (Md = 1.000 €).

Zwischen dem von den Befragten eingeschätzten Mehrwert des induktiven Ladens und dem Kenntnisstand bezüglich Elektromobilität besteht kein Zusammenhang ( $r = -0,1$ ).

Um den geschätzten Mehrwert der Teilnehmer, für den Komfortgewinn des induktiven Ladens, nicht nur als fiktiven Wert zu betrachten, sollten die Teilnehmer zudem angeben, wie viel sie bereit wären für einen Parkassistenten zu bezahlen. Diese Belastbarkeitsprobe soll zeigen, ob die geschätzten Preise für die induktive Ladetechnik realistischen Angaben entsprechen, da der Preis für einen Parkassistenten bekannt ist.

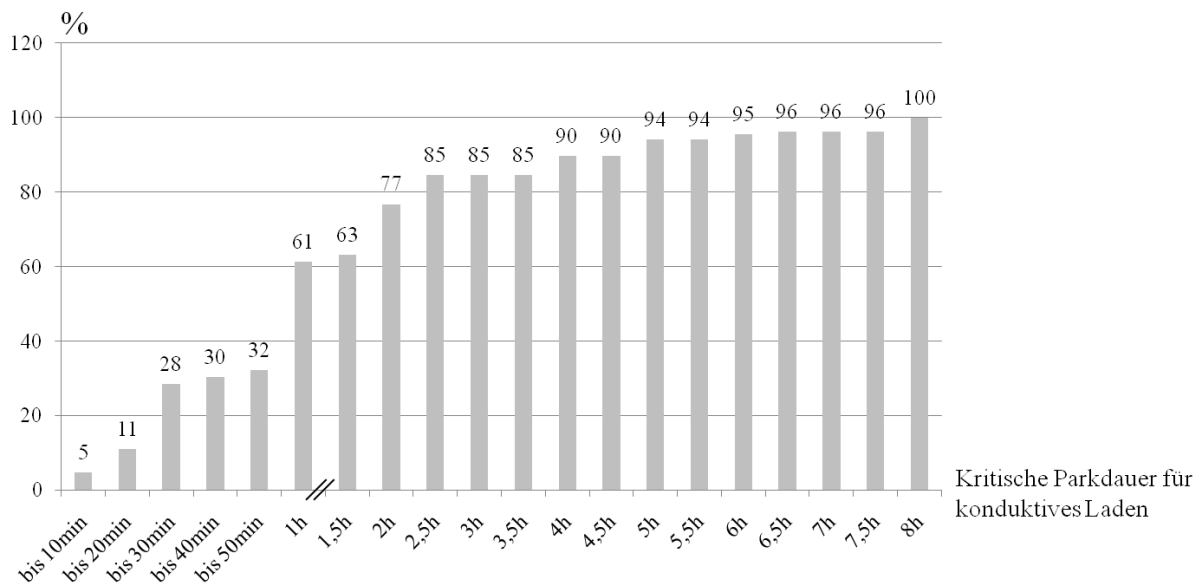
55 % der befragten Personen wären nicht bereit, für den Komfortgewinn durch einen Parkassistenten mehr Geld auszugeben. Als Argument wird angeführt, dass die Befragten (mehrheitlich männlichen Personen) ohne technische Hilfen einparken können und diese nicht brauchen. Bei den verbleibenden 45 % der Befragten, die bereit sind für einen Parkassistenten mehr zu bezahlen, liegt der Median bei 300 €. Dies entspricht dem tatsächlichen durchschnittlichen Preis für einen Parkassistenten.

### 3.3 Einstellung zum Ladeverhalten

In der Nutzung von räumlichen Lademöglichkeiten für das Elektrofahrzeug zeigt sich, dass ein Kurzaufenthalt, wie beispielsweise an einem Geldautomaten, von kaum einem der Befragten zum Laden mit Stecker und Kabel genutzt werden würde (5 %). Die überwiegende Mehrheit der Befragten würde ihr EFZ zu Hause (98 %) oder beim Arbeitgeber laden (94 %).

Da alle Antworten zum Ladeverhalten beim EFZ nur Einschätzungen zukünftigen Verhaltens sind, soll es mit dem aktuellen Ladeverhalten beim Mobiltelefon verglichen werden. Daher wurde für die Frage nach dem Ladeort für konduktives Laden, am Ende der Befragung das Ladeverhalten beim Mobiltelefon abgefragt. Hier wird ebenfalls das eigene Heim als meist genutzter Ort zum Aufladen des Mobiltelefons genutzt (knapp 95 %), gefolgt von dem Arbeitgeber (52 %). Das Auto wird hingegen eher selten zum Aufladen des Mobiltelefons genutzt, egal ob auf Lang- (34 %) oder Kurzstrecken (16 %).

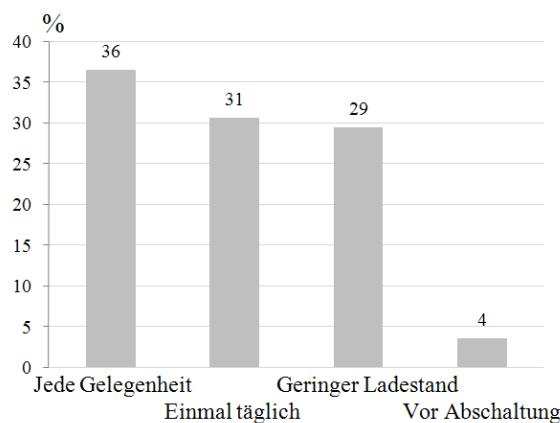
Des Weiteren wurde abgefragt, ab welcher Parkdauer, sich das Laden mit Kabel und Stecker rentiert. Die Parkdauer von einer Stunde wurde von den meisten Befragten (29 %) angegeben und bildet ebenfalls den Median aller angegebenen Parkdauern. In Abb. 7 ist zu erkennen, dass es ab einer Stunde bzw. zwei Stunden nur noch einen geringen Anstieg gibt und diese Werte als kritische Grenzen für Mindestparkdauern zum konduktiven Laden angesehen werden können.



**Abbildung 7: Kritische Parkdauer ab der sich das Laden mit Kabel und Stecker lohnt nach Einschätzung der Teilnehmer (prozentuale Verteilung) - HMI**

Ebenfalls wurde auch für diese Frage als Belastbarkeitsprobe das Ladeverhalten bei der Nutzung von Mobiltelefonen abgefragt. Ähnlich wie bei dem EFZ, würden die meisten Befragten (27 %) ihr Mobiltelefon ab einer Stunde Verweildauer an das Netz anschließen (Md = 1h).

Auf die Frage, wann sie ihr EFZ laden würden, antwortete die Mehrheit der Befragten (36,5 %), dass sie jede sich bietende Gelegenheit nutzen würde, um zu laden (Abb. 8). 31 % der Befragten gaben an, einmal täglich zu laden. 29 % gaben als Auslöser für den Ladevorgang die Anzeige „Geringer Ladestand der Batterie“ an. Ein Zusammenhang zwischen Expertise und Ladeverhalten lag nicht vor ( $r = -0,2$ ).



**Abbildung 8: Darstellung der Verteilung, wann die Autobatterie aufgeladen wird (prozentuale Verteilung) - HMI**

Der Abgleich mit dem Ladeverhalten beim Mobiltelefon zeigt, dass die auf der HMI befragten Nutzer mehrheitlich (64 %) mit dem Laden warten, bis die Anzeige „Geringer Ladestand der Batterie“ erscheint. Daher hat bei dem Großteil der Befragten (81 %) das Mobiltelefon wegen unzureichender Akkuladung schon einmal versagt. Allerdings kommt dies verhältnismäßig selten vor. Das Ergebnis der Onlinebefragung ist ähnlich, hier geben insgesamt über 86 % der Umfrageteilnehmer an, ihr Mobiltelefon erst bei niedrigem Akkustand zu laden.

Auch das konventionelle Tankverhalten bei Vergaserkraftstoffen verhält sich ähnlich dem Laden des Mobiltelefons, so dass 62% der Befragten angaben, erst nach der Anzeige „niedriger Füllstand“ zu tanken.

## 4. Diskussion

Die Ergebnisse der HMI- und der Onlineumfrage zeigen eine allgemein positive Einstellung gegenüber EFZ. Die Befragten waren generell bereit, im Vergleich zu einem gleichwertigen Kraftstofffahrzeug, mehr zu bezahlen ( $M = 20\%$ ). Dieses Ergebnis fand sich ebenfalls auf dem US- amerikanischen Markt in der EPRI Studie wieder [3]. In der Studie von Hidrue et al. [10] lag die Zahlungsbereitschaft bei einem EFZ, das alle gewünschten Eigenschaften beinhaltete (lange Reichweiten, kurze Ladedauern, geringe Umweltbelastung), bei einem zusätzlichen Kostenbetrag von bis zu 16.000 \$.

Die auf der HMI befragten Personen empfinden das induktive Laden nicht als störend. Dieses Ergebnis lässt auf eine Analogie zum herkömmlichen Tanken von Kraftstoffen schließen. Der Tankvorgang wird vom Kraftfahrer als normaler und gegebener Vorgang eingeschätzt, der auch bei schlechtem Wetter zu bewältigen ist. Diese Schlussfolgerung gaben die Befragten auch in ihren Kommentaren wieder: „Das würde mich nicht stören, wenn ich jetzt meinen Diesel betanke, habe ich danach auch oft schmutzige Hände.“, „Das ist doch das gleiche wie beim Tanken, wo der Tankrüssel auch mal dreckig und verschmutzt sein kann.“ oder „Damit habe ich kein Problem, das kennt man doch schon, nur dass man jetzt den Zapfhahn von der Zapfsäule nehmen muss und ins Auto steckt.“

Die Akzeptanz des induktiven Ladens lässt sich anhand der Bereitschaft der Nutzer bewerten, für diesen Komfortgewinn mehr Geld zu bezahlen. Da das induktive Laden von den meisten Befragten als nicht störend eingestuft wurde, ist es auch nicht verwunderlich, dass die Bereitschaft für den Komfortgewinn des induktiven Ladens mehr zu bezahlen, sehr differenziert ausfiel (38 % würden nicht mehr Geld ausgeben, 62 % würden 1.000 € ausgeben). Sowohl Befragte, die ihren Kenntnisstand als sehr gering einstufen, als auch solche, die ihren Kenntnisstand als überdurchschnittlich einstufen, wären bereit über 1.000 € für ein induktives Ladesystem auszugeben. Während die Experten mit dem höchsten Kenntnisstand im Mittel am wenigsten ausgeben würden.

Der Vergleich mit der Zahlungsbereitschaft für einen Parkassistenten, zeigt ebenfalls einen Teil der Befragten, der nicht bereit ist, dafür zu bezahlen und der andere Teil, deren angegebene Beträge relativ gut den tatsächlichen Preis solcher Systeme widerspiegeln. Dieses Ergebnis unterstreicht die Aussagekraft der angegebenen Beträge für den Komfortgewinn beim induktiven Laden und gibt somit einen Richtwert für akzeptable Preisspannen für das induktive Laden wieder.

Die Ergebnisse bezüglich des Ladeverhaltens deuten daraufhin, dass das entscheidende Kriterium für das induktive Laden des EFZ weniger der Ort, sondern die Standzeit bzw. Parkdauer des Fahrzeuges ist. Demnach lohnt es sich für EFZ-Fahrer erst ab einer bestimmten Parkdauer von mindestens einer Stunde, den induktiven Ladevorgang einzuleiten. Der Vergleich mit dem Mobiltelefon zeigt, dass obwohl die Fragen mit deutlichem, zeitlichem Abstand gestellt wurden, sich die gleiche Aufenthaltsdauer von einer Stunde widerspiegelt.

Im Gegensatz dazu gaben die Befragten an, ihr EFZ bei jeder Gelegenheit zu laden, anstatt wie bei ihrem Mobiltelefon oder Kraftstofffahrzeug erst nach Anzeige eines niedrigen Lade- bzw. Füllstandes. Somit scheint der Wunsch nach Sicherheit in Form einer stets ausreichenden Energiereserve in der Batterie beim EFZ ausgeprägter zu sein. Es bleibt zu vermuten, dass nach längerem Umgang mit dem EFZ und mehr Erfahrung im Umgang mit der Nutzungsdauer einer Batterieladung, auch das Ladeverhalten bei der Autobatterie in Richtung Mobiltelefon tendieren wird.

Um bessere Rückschlüsse auf das Nutzungsmuster und die Bedürfnisse zukünftiger Elektrofahrzeugfahrer zu erhalten, sind weitere Projekte erforderlich, in denen die Eigenschaften der Elektrofahrzeuge über einen längeren Zeitraum erlebt werden, wie beispielsweise in dem Projekt „MINI E Berlin – powered by Vattenfall“ [12].

In zukünftigen Akzeptanzstudien sollte man sich nicht nur auf den Ladekomfort/Nutzerfreundlichkeit beschränken, um eine aussagekräftige Prognose geben zu können. Ebenso spielen Kriterien der Lebensdauer der Batterie, des technischen Standards, der Sicherheit, der Effizienz und des Ressourcenverbrauchs eine wichtige Rolle [9]. Dazu sollte der Grad des Einflusses der einzelnen Faktoren auf die Akzeptanz untersucht werden. Aus vorangegangenen Entwicklungen anderer technischer Bereiche lässt sich aber annehmen, dass die Nutzerfreundlichkeit (in diesem Fall der Ladekomfort) und die Sicherheit, die entscheidenden Faktoren darstellen [9].

## 5. Zusammenfassung

Die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen ist ein zurzeit viel diskutiertes Thema. Ein wesentlicher Faktor für die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen ist deren Ladekomfort. In dieser Studie werden das Laden per Kabel und Stecker (konduktiv) und das kabellose Laden (induktiv) betrachtet. Um eine Akzeptanzprognose abgeben zu können, soll das Ladeverhalten durch die Ergebnisse einer Befragung auf der Hannover Messe Industrie 2011 und einer

Onlinebefragung von 2010, prognostiziert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die überwiegende Mehrheit der Befragten bereit wäre, für ein Elektrofahrzeug mehr Geld auszugeben. Trotz der Handhabung mit Kabel und



Stecker, wurde das konduktive Laden überwiegend als nicht störend beurteilt. Für den Komfortgewinn des induktiven Ladens waren, unabhängig vom Experteniveau, mehr als die Hälfte der Befragten dennoch bereit, mehr Geld im Vergleich zum konduktiven Laden auszugeben. Das entscheidende Kriterium für das Laden des Elektrofahrzeugs mittels konduktiver Ladetechnik ist die Parkdauer des Fahrzeugs. Durch das Einstecken des Kabels in das EFZ und die Ladesäule, erscheinen kurzen Aufenthalte nicht lohnenswert, um das EFZ zu laden. Zudem zeigt sich, dass die Befragten ihr Elektrofahrzeug bei jeder Gelegenheit laden würden. Verglichen mit dem Laden des Mobiltelefons, lässt sich aber vermuten, dass das Elektrofahrzeug nach längerem Gebrauch, auch erst nach Anzeige eines geringen Ladestands der Batterie geladen werden wird. Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass die überwiegende Mehrheit der Befragten dem Elektrofahrzeug positiv gegenüber steht und sowohl konduktives als auch induktives Laden gleichermaßen akzeptiert werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Kraftfahrbundesamt: Emissionen, Kraftstoffe - Zeitreihe 2006 bis 2011; Abgerufen am 18.Juli 2011 von [http://www.kba.de/cln\\_033/nn\\_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/b\\_\\_emi\\_\\_z\\_\\_teil\\_\\_2.html](http://www.kba.de/cln_033/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/b__emi__z__teil__2.html).
- [2] Conductix Wampfler AG: IPT Charge für elektrisch angetriebene Fahrzeuge, Werbezeitschrift, 2010
- [3] EPRI - Electric Power Research Institute: Characterizing Consumers' Interest in and Infrastructure Expectations for Electric Vehicles: Research Design and Survey Results. Rosemad, Kalifornien: EPRI, 2010.
- [4] Krems, J.; Franke, T.; Neumann, I. & Cocron, P.: Research methods to assess the acceptance of EVs-experiences from an EV user study. In T. Gessner (Ed.), Smart systems Integration: 4<sup>th</sup> European Conference & Exhibition on integration issues of Miniaturized Systems – MEMS, MOEMS, ICs and Electronic Components. Como, Italy: VDE Verlag (2010).
- [5] Tragner, M.; Kraußler, A.; Schloffer, M.; Sovec, T.; Wanek, M.: Warum fahren wir nicht schon längst elektrisch?, 6. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, IEWT, 2009.
- [6] Kiefer, S.: Ganz ohne Kabelsalat. Zeitschrift: Sonne, Wind & Wärme (16/2009), S. 32-34.
- [7] Wiesspeiner, G.: Drahtlos Akkus aufladen, BTI - Technologie und Innovation, 2009.
- [8] Schmundt, H. (2010). Heizen mit Büchern. Der Spiegel (09/2010).
- [9] Schraven, S.; Kley, F.; Wietschel, M.: Induktives Laden von Elektromobilen- Eine techno-ökonomische Bewertung, Working Paper Sustainability and Innovation No. S 8/2010 Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- [10] Hidrue, M. K.; Parsons, G. R.; Kempton, W., Gardner, M. P.: Willingness to pay for electric vehicles and their attributes, Resource and Energy Economics 33 (2011) 686–705.
- [11] Neumann, I.; Cocron, P.; Franke, T. & Krems, J.F.: Electric vehicles as a solution for green driving in the future? A field study examining the user acceptance of electric vehicles. In J.F. Krems, T. Petzoldt & M. Henning (Hrsg.). Proceedings of the European Conference on Human Interface Design for Intelligent Transport Systems, Berlin, Germany, April 29-30 2010 (S. 445-453). Lyon:Humanist Publications.
- [12] Bühler, F., Neumann, I., Cocron, P., Franke, T., Krems, J.F., Schwalm, M., & Keinath, A.: Die Nutzerstudie im Rahmen des Flottenversuchs MINI E Berlin - Methodisches Vorgehen und erste Erfahrungen im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung, In: Mager, T. J. (Hrsg.). Mobilitätsmanagement – Beiträge zur Verkehrspraxis. ksv-Verlag. Köln (2010).