

**Erneuerbare Energien: Elektro-Kfz als Teil des SMART GRID - eine Akzeptanzanalyse**

**Sebastian Transier<sup>2</sup>, Dr. Martin Treiber<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> TU Dresden, Institut für Wirtschaft und Verkehr, Würzburger Str. 35,

D-01062 Dresden

<sup>2</sup> aastrix GmbH, Mittelstraße 43, 14467 Potsdam

## **1 Einleitung**

Die Bedürfnisse der Bevölkerung der Erde nach gewissen Lebensstandards, beispielsweise Strom, Wärme, Kommunikation und insbesondere Mobilität, machen es notwendig, eine zuverlässige und leistungsfähige Energieversorgung zu gewährleisten. Die Nutzung von fossilen (und nuklearen) Energieträgern, welche gemeinhin als konventionell bezeichnet werden, offenbarte in der Vergangenheit bis hin zur Gegenwart immer wieder enorme ökologische und soziale Probleme. Insbesondere hat das dabei anfallende Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) einen enormen Einfluss auf das Klima und der durch die resultierende Steigerung des CO<sub>2</sub>-Anteils in der Atmosphäre erhöhte Treibhauseffekt wird als Hauptverursacher der Klimaerwärmung angesehen. Dieses Problem wird durch den verstärkten Einsatz von regenerativen Energieträgern angegangen, welche nicht nur eine deutlich geringere spezifische CO<sub>2</sub> Emission aufweisen, sondern auch zur Diversifizierung des Energie-Portfolios und damit zur Reduktion der Abhängigkeiten von politisch instabilen Ländern beitragen.

Allerdings unterliegen die speziell für Deutschland relevanten regenerativen Energiequellen Solar und Wind starken Schwankungen [1]: Photovoltaik-Anlagen liefern an sonnenreichen Tagen wesentlich mehr Energie als in das Stromnetz eingespeist werden kann und im Gegensatz dazu an sonnenarmen Tagen wenig bis gar keine Energie. Analoges gilt für die Windenergie. Im Extremfall, bei starkem Sonnen- und gleichzeitigen Windeintrag, ist regenerativer Strom in einer solchen Menge vorhanden, dass der überschuss nur dann verkauft werden kann, wenn der Verkäufer dem Abnehmer eine Prämie dafür zahlt [2]: Ein Stromnetz kann nur dann stabil funktionieren, wenn sich in jeder Sekunde Verbrauch und

---

<sup>1</sup> Korrespondierender Autor: [treiber@vwi.tu-dresden.de](mailto:treiber@vwi.tu-dresden.de), [martin@mtreiber.de](mailto:martin@mtreiber.de)

<sup>2</sup> [transier@aastrix.com](mailto:transier@aastrix.com)

Erzeugung ausgleichen, so dass ggf. die erzeugte Energie kostenpflichtig „vernichtet“ werden muss. Im anderem Extrem muss an sonnen- und windfreien Tagen die komplette elektrische Leistung, auch die der Spitzenlast, von anderen Energieträgern oder -speichern bereitgestellt werden. Eine vielversprechende Möglichkeit der Pufferung der Angebots- und Nachfrageüberschüsse auf Zeitskalen von Stunden ist die Verbindung des zukünftigen Smart Grid [3], also des intelligenten Energie- und Strompreismanagements, mit der Elektromobilität. Neben der technischen Realisierbarkeit hängt der Erfolg dieses Konzepts aber auch von der Akzeptanz in der Bevölkerung ab: Schließlich müssen Besitzer von Elektro-Kfz bei einer Teilnahme am Smart Grid ggf. auf einen Teil der ohnehin schon geringen Ladekapazität des Akkus bzw. der Reichweite verzichten.

Der vorliegende Beitrag stellt eine empirische *Stated-Choice* Akzeptanzanalyse vor, die mit Hilfe der diskreten Wahltheorie [4]-[6] ausgewertet wird und quantitative Schlussfolgerungen bezüglich der Akzeptanz zulässt. Im nächsten Abschnitt wird die Datenerhebung und die mathematische Modellierung beschrieben. *Abschnitt 3* stellt die Ergebnisse dar, bevor *Abschnitt 4* mit einem zusammenfassenden Fazit und einem Ausblick schließt.

## 2 Methoden

In diesem Abschnitt wird die Datenerhebung in Form von Befragungen zur Akzeptanz des Elektrofahrzeuges als solchem und zur Teilnahme am Smart Grid vorgestellt sowie die mathematische Modellierung der Wahlentscheidungen beschrieben.

### 2.1 Befragung

Der Befragung wird als binäre Stated Choice Erhebung mit relativen Design durchgeführt. Es werden also Entscheidungen in hypothetische Situationen abgefragt und die Attribute des E-Fahrzeugs, wann immer sinnvoll (Anschaffungspreis, laufende Kosten) relativ zu denen eines Verbrennungsfahrzeugs gleicher Größe, Ausstattung und Motorleistung angesetzt. Um realistische Antworten zu erhalten, werden außerdem im Vorfeld durch eine Filterfrage diejenigen Teilnehmer aussortiert, welche sich ein E-Fahrzeug prinzipiell nicht vorstellen können (5 der 69 Teilnehmer, die die Fragen vollständig beantworteten). Die eigentliche Erhebung ist zweigeteilt:

- *Befragung I:* Unter welchen Bedingungen wird ein E-Fahrzeug einem konventionellen Fahrzeug (mit Verbrennungsmotor) vorgezogen? (n=64).
- *Befragung II:* Unter den Probanden, welche unter geeigneten Bedingungen prinzipiell am Smart Grid teilnehmen würden (n=58), werden anschließend die Bedingungen für eine positive Entscheidung eruiert.

Abbildung 1 zeigt den Hauptteil des *Fragebogens I*: Im einleitenden Satz wird zunächst eine mögliche 3. Alternative („no car“) ausgeschlossen, da für die diskrete Wahlmodellierung die Alternativenmenge (*Choice Set*) vollständig (und exklusiv) sein muss. Die berücksichtigten Attribute des E-Fahrzeugs sind (i) Anschaffungspreis (relativ zum konventionellem

Fahrzeug), (ii) laufende Kosten (ebenfalls relativ) und (iii) Reichweite (absolut). Das Design der eigentlichen Fragen und des Fragebogens wurde in mehreren *Pre-Tests* optimiert: Im Ergebnis werden durch einfaches Ankreuzen 24 unterschiedliche *Choice Sets* auf übersichtliche und schnelle Weise beantwortet.

2) *Nehmen Sie nun an, dass Sie einen neuen Wagen benötigen. Unter welchen Bedingungen würden Sie sich für ein Elektro-Kfz anstelle eines konventionellen Kfz (Benzin, Diesel etc.) entscheiden?*

Erläuterungen zum Ausfüllen der Tabelle: Bitte alle zutreffenden Reichweiten ankreuzen. Eine Auswahl mit einem Kreuz bei der jeweiligen Reichweite ist einer Entscheidung für das Elektro-Kfz gleichzusetzen. Umgekehrt wird ein Freilassen in einem Feld mit der Wahl für das konventionelle Kfz (Benzin, Diesel etc.) gleichgesetzt.

Rahmenbedingungen: - gleiche Motorleistung wie konventionelles Kfz  
 - gleicher verfügbarer Raum im Auto  
 - gleiche Ausstattung wie konventionelles Kfz

Das Elektro-Fahrzeug hat...	100 km Reichweite	200 km Reichweite	400 km Reichweite	600 km Reichweite
...den gleichen Anschaffungspreis sowie die gleichen laufenden Betriebskosten je Kilometer wie das konventionelle Fahrzeug.				
...den gleichen Anschaffungspreis sowie um 50% geringere laufende Betriebskosten je Kilometer wie das konventionelle Fahrzeug				
...einen um 20% höheren Anschaffungspreis sowie die gleichen laufenden Betriebskosten je Kilometer wie das konventionelle Fahrzeug				
...einen um 20% höheren Anschaffungspreis sowie um 50% geringere laufende Betriebskosten je Kilometer wie das konventionelle Fahrzeug				
...einen um 20% geringeren Anschaffungspreis sowie die gleichen laufenden Betriebskosten je Kilometer wie das konventionelle Fahrzeug				
...einen um 20% geringeren Anschaffungspreis sowie um 50% geringere laufende Betriebskosten je Kilometer wie das konventionelle Fahrzeug				

**Abbildung 1: Stated-Choice Fragebogen I: E-Fahrzeug oder konventionelles Fahrzeug?**

Abbildung 2 zeigt den entscheidenden Ausschnitt des *Fragebogens II* zur Teilnahme am Smart Grid, der wie der erste aufgebaut ist: Ankreuzen bedeutet Teilnahme, während ein Leerlassen des jeweiligen Feldes Nichtteilnahme bedeutet. Die Attribute der Choice Sets sind hier (i) die garantiert verbleibende Mindestreichweite, (ii) die pauschale tägliche Teilnahmevergütung. Bei der Formulierung des 2. Attributs wurde aus Gründen der Verständlichkeit für die Befragten ein einfaches Merkmal (Pauschalvergütung) genommen, auch wenn Vergütungsmodelle *in praxi* sicherlich auf Differenzen zwischen Kauf- und Verkaufspreis basieren werden. Schließlich werden als zusätzliche sozioökonomische Merkmale Alter und Geschlecht erhoben.

Bei Teilnahme am SMART-GRID...	verbleiben 100 km verfügbare Mindestreichweite.	verbleiben 200 km verfügbare Mindestreichweite.	verbleiben 300 km verfügbare Mindestreichweite
...erhalten Sie 1 € pro Tag.			
...erhalten Sie 2,5 € pro Tag.			
...erhalten Sie 5 € pro Tag.			
...erhalten Sie 10 € pro Tag.			

Abbildung 2: Stated-Choice Fragebogen II. Teilnahme am Smart Grid.

## 2.2 Modellspezifikation

Die Modellierung der Wahlentscheidungen in den Fragebögen 1 und 2 wird mit einem *binomialen Logit-Modell* durchgeführt. Eine probeweise durchgeführte Untersuchung mit einem *Mixed-Logit Modell* mit stochastischen alternativenspezifischen Konstanten, bei der die *Panel-Struktur* der Daten (Korrelation des Zufallsnutzens bei den von einer Person beantworteten Fragen) berücksichtigt wurde, ergab keine signifikante Verbesserung der Aussagekraft und wurde deshalb nicht weiter verfolgt. Die deterministischen Nutzenanteile wurden als Nutzendifferenzen bezüglich der Referenzalternativen „konventionelles Fahrzeug“ (*Fragebogen I*) bzw. „Nichtteilnahme am Smart Grid“ (*Bogen II*) formuliert. Die deterministische Nutzenfunktion (Nutzendifferenz) der Person  $n$  für die Wahl der Alternative „Elektro-Kfz“ (*Bogen I*) wird durch

$$V_n^{\text{ecar}} = \beta_0 + \beta_1 P^{\text{ecar}} + \beta_2 C^{\text{ecar}} + \beta_3 R^{\text{ecar}} + \beta_4 G_n + \beta_5 A_n \quad (1)$$

definiert. Hierbei bezeichnet der erste Summand den Term mit der alternativenspezifische Konstante,  $P^{\text{ecar}}$  ist die relative Differenz des Anschaffungspreis eines E-Fahrzeugs im Vergleich zum konventionellen,  $C^{\text{ecar}}$  die relativen laufenden Kostendifferenzen,  $R^{\text{ecar}}$  die Reichweite des Elektrofahrzeugs (in km), sowie  $G_n$  und  $A_n$  das Geschlecht (0=männlich, 1=weiblich) bzw. Alter (in Jahren) der Person  $n$ . Hinter der direkten Modellierung des Alters durch eine metrische Variable liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Präferenzen im wesentlichen linear mit dem Alter verschieben; andernfalls müsste man eine nichtlineare Modellierung bzw. Altersklassen mit Dummies einführen.

Die Alternative „Smart Grid“ des zweiten Fragebogens wird durch die deterministische Nutzenfunktion

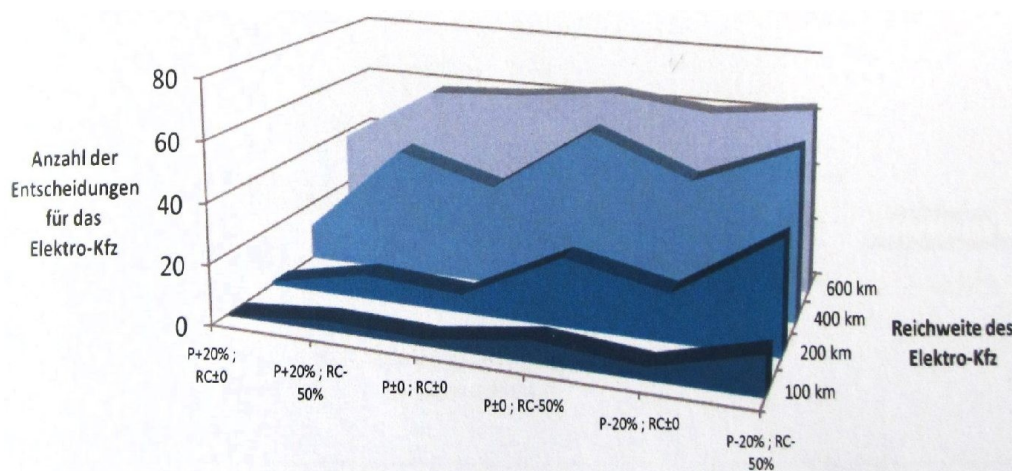
$$V_n^{\text{SmartGrid}} = \beta_0 + \beta_1 Z^{\text{SmartGrid}} + \beta_2 M^{\text{SmartGrid}} + \beta_3 G_n + \beta_4 A_n \quad (2)$$

bewertet. Hierbei bedeuten  $Z^{\text{SmartGrid}}$  die tägliche Zahlungsprämie (Euro) für die Teilnahme und  $M^{\text{SmartGrid}}$  die verbleibende Mindestreichweite (km).

### 3 Auswertung

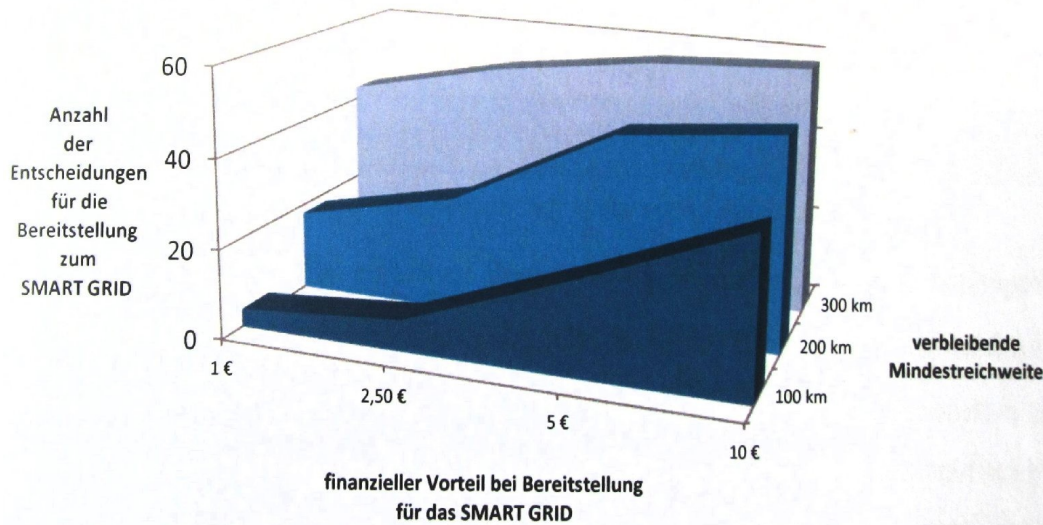
#### 3.1 Deskriptive Ergebnisse

Die Befragung in der vorliegenden Arbeit hat einen Stichprobenumfang von  $n = 69$  Teilnehmern, welche die Umfrage vollständig ausgefüllt haben, davon 21 Frauen und 48 Männer. 53 Teilnehmer waren zwischen 22 und 29 Jahren und die restlichen 16 Teilnehmer mindestens 30 Jahre alt (Maximalalter 55 Jahre). Das arithmetische Mittel betrug 29.8 Jahre. Unter den 69 Teilnehmern waren  $n_1=64$  prinzipiell bereit, sich ein E-Fahrzeug anzuschaffen, darunter  $n_2=58$ , die sich auch vorstellen können, am Smart Grid teilzunehmen. Nur diese Personen wurden für die nachfolgenden deskriptiven Auswertungen und Parameterschätzungen berücksichtigt.



**Abbildung 3: Deskriptive Ergebnisse des Fragebogens I (n=64).**

Das Antwortverhalten im Fragebogen I erwies sich als konsistent: Die prozentuale Wahlentscheidung für das E-Fahrzeug steigt mit wachsender Reichweite sowie mit sinkenden relativen Anschaffungs- und Unterhaltskosten. Bei gleichen Kosten ist eine Reichweite von 400 km für einen Anteil von etwa 50% nötig (34 von 64 Personen). Schließlich hat der relative Anschaffungspreis einen stärkeren Einfluss als die relativen Unterhaltskosten.



**Abbildung 4: Deskriptive Ergebnisse des Fragebogens II (n=59).**

Auch bei der Frage nach der Teilnahme am Smart Grid zeigte sich konsistentes Antwortverhalten. Insbesondere geht die neutrale Kurve (50:50 Antwortanteile) des alternativen-spezifischen Parameterraums ( $Z, M$ ) in etwa durch die Punkte  $Z=7.5$  Euro/Tag bei  $M=100$  km Mindestreichweite, 3 Euro/Tag bei  $M=200$  km und unter 1 Euro/Tag bei  $M=300$  km. Es ist plausibel, dass diese nichtlineare Kurve bei  $M=400$  km einer Zusatzvergütung von 0 Euro/Tag entspricht, was mit der aus dem *Fragebogen I* entnommenen neutralen Reichweite  $R=400$  km konsistent wäre.

### 3.2 Ergebnisse der diskreten Wahlmodellierung

Die Parameterschätzung der beiden Binomial-Logit-Modelle wurde mit der Software BIOGEME [7] durchgeführt. Für das erste Modell, der Wahl eines Elektro- oder konventionellem Fahrzeugs, fließen hierbei in Summe 1536 (=64\*24) Beobachtungen in die Berechnung ein.

**Tabelle 1: Parameterschätzung des Modells (1) zur Wahl eines Elektrofahrzeugs**

Parameter	$\beta_0$ (AC)	$\beta_1$ (Preis)	$\beta_2$ (Kosten)	$\beta_3$ (Reichw.)	$\beta_4$ (Geschl.)	$\beta_5$ (Alter)
Wert	-3,84	-5,80	-3,67	0,0119	0,569	-0.0448
t-Statistik	-11,05	20,38	-10,98	-10,70	3,42	-4,71

*Tabelle 1* zeigt das Ergebnis der Parameterschätzung. Alle Parameter sind hochsignifikant ( $p$ -Werte kleiner 0.1%) und haben ein konsistentes Vorzeichen. Der korrigierte Likelihood-

Ratio-Index des Modells beträgt  $\hat{\rho}^2 = 0,479$ , was einer hohen Modellgüte entspricht. Abgesehen von der alternativenspezifischen Konstanten haben alle Parameter eine anschauliche Bedeutung: Eine Preiserhöhung um  $-1/\beta_1 = 17\%$  bzw. eine Erhöhung der Unterhaltskosten um  $-1/\beta_2 = 27\%$  entspricht einer Reduktion des Nutzens des E-Fahrzeugs um eine Nutzeinheit (NE), also einer subjektiv bedeutsamen Reduktion für eine Einzelperson, da der Zufallsnutzen im Logit-Modell eine Standardabweichung von 1.28 NE aufweist. Ferner gibt eine Erhöhung der Reichweite um  $1/\beta_3 = 84$  km eine Erhöhung um 1 NE. Frauen haben eine eher geringfügig (aber dennoch signifikant) höhere Affinität zu E-Fahrzeugen (gegenüber konventionellen) von  $\beta_4 = 0.57$  NE. Schließlich sinkt mit dem Alter die Bereitschaft zu E-Fahrzeugen deutlich ab: ein um  $-1/\beta_5 = 22$  Jahre höheres Alter resultiert in einer deutlich geringeren Akzeptanz. Sogenannte *Eigenschaftsäquivalente* stellen einige Beziehungen noch stärker heraus:

- Der Quotient  $\beta_1/\beta_3 = -487$  bedeutet, dass eine Preiserhöhung von 1% durch 4.87 km mehr Reichweite aufgewogen werden kann,
- Eine Erhöhung der laufenden Kosten um 1% wird durch  $-0.01 \beta_2/\beta_3 = 3.1$  km mehr Reichweite aufgehoben,
- Frauen verzichten gegenüber gleichaltrigen Männern bei gleicher Akzeptanzwahrscheinlichkeit auf  $\beta_4/\beta_3 = 48$  km an Reichweite bzw. nehmen einen um  $-\beta_4/\beta_1 = 9.8\%$  höheren Preis bzw. um  $-\beta_4/\beta_2 = 15.5\%$  höhere Unterhaltskosten in Kauf.

Für die volkswirtschaftliche Auswirkung verschiedener Szenarien sind die makroskopischen Verschiebungselastizitäten [5] relevant, welche hier bezüglich gleicher relativer Attributänderungen (Preise, Reichweiten etc. ändern sich bei allen 64 Personen relativ um den gleichen Betrag) angegeben werden:

**Tabelle 2: makroskopische relative Elastizitäten des Modells (1)**

$\epsilon_{Price}^{mac}$	$\epsilon_{RunningCosts}^{mac}$	$\epsilon_{Range}^{mac}$	$\epsilon_{Age}^{mac}$
-1,39	-0,65	0,92	-0,32

Der *Tabelle 2* kann entnommen werden, dass 1% Preiserhöhung die Nachfrage nach E-Fahrzeugen um 1.39% reduziert (überproportionale Elastizität), eine 1%ige Erhöhung der Unterhaltskosten jedoch nur um 0.65%. Der Wert 0.92 der Reichweitenelastizität spiegelt die eminente Bedeutung dieser einen Eigenschaft wider: Sie ist immerhin etwa 2/3 der Preiselastizität, welche das ganze Auto, also alle Eigenschaften repräsentiert.

Für das zweite Modell, der Teilnahme am Smart Grid, wurden 696 (=58\*12) Entscheidungen erhoben.

**Tabelle 3: Parameterschätzung des Modells (2) zur Akzeptanz des Smart Grid**

Parameter	$\beta_0$ AC	$\beta_1$ Zahlung	$\beta_2$ Min-Reichw	$\beta_3$ Geschlecht	$\beta_4$ Alter
Wert	-2,19	0,381	0,0207	1,36	-0,114
t-Statistik	-4,38	9,86	12,34	5,08	-7,13

Tabelle 3 zeigt das Ergebnis der Parameterschätzung für das diskrete Wahlmodell (2). Wieder sind alle Parameter hochsignifikant ( $p$ -Werte kleiner 0.1%) und haben ein konsistentes Vorzeichen. Auf Einzelpersonbasis lassen sich die Aussagen durch folgende Eigenschaftsäquivalente beschreiben:

- Für einen Euro mehr an täglicher Kompensationszahlung ist man bereit, auf  $\beta_1/\beta_2=18$  km an Mindestreichweite zu verzichten,
- Frauen sind dem Smart Grid massiv mehr aufgeschlossen als gleichaltrige Männer und würden bei gleicher Akzeptanzwahrscheinlichkeit auf  $\beta_3/\beta_1=3.57$  Euro an täglicher Zahlung bzw.  $\beta_3/\beta_2=66$  km an Mindestreichweite verzichten,
- Pro Jahr an Alter verlangen die Probanden  $-\beta_4/\beta_2=5.5$  km mehr Reichweite bei gleichem Akzeptanzniveau.

**Tabelle 4: makroskopische relative Elastizitäten des Modells (2)**

$\epsilon_{Compensation}^{mac}$	$\epsilon_{Minimumrange}^{mac}$	$\epsilon_{Age}^{mac}$
0,34	0,83	-0,73

Volkswirtschaftlich sind wieder die Makro-Elastizitäten (Tabelle 4) relevant: Die Akzeptanz verändert sich nur unterproportional mit der Kompensationszahlung, aber massiv mit der Reichweite (sie ist etwa 2.5 mal so wichtig wie die Zahlung!) und auch in viel stärkerem Maße mit dem Alter als dies bei der Bereitschaft, sich überhaupt ein E-Fahrzeug zu kaufen, der Fall war.

## 4 Kritische Würdigung und Schlussbetrachtung

Anhand einer Stated-Choice Befragung wurde die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen im Allgemeinen und der Teilnahme am Smart Grid im Besonderen analysiert. Aus der deskriptiven Ergebnisauswertung ist deutlich ersichtlich, dass die Alters- und



Geschlechtsverteilung bezüglich der Grundgesamtheit aller erwachsenen Personen in Deutschland nicht-repräsentativ ist: 53 Personen (77%) aller Befragten mit vollständigen Antworten sind zwischen 18 und 30 Jahren alt und lediglich 16 Personen (23%) darüber. Darin könnte die unerwartet hohe Affinität gegenüber innovativen Ansätzen und technologischen Lösungen bestehender Problemstellungen ihren Ursprung haben. Allerdings liegt der Anteil der unerwarteterweise vergleichsweise konservativ antwortenden Männer bei 70%, was einen Teil des *Bias* aufheben könnte. Insbesondere würde eine bezüglich der erhobenen sozioökonomischen Merkmale (und ihrer linearen Modellierung) repräsentative Abstraktion aus einem Mann und einer Frau mit Altern gleich den jeweiligen arithmetischen Mitteln in der Grundgesamtheit ein ähnliches theoretisches Wahlverhalten aufweisen. Schließlich ist ein allen Stated-Choice Untersuchungen inhärenter Verzerrung bezüglich der Entscheidung zu innovativen Produkten zu betrachten: Sobald es an die reale Entscheidung (also an den Geldbeutel) geht, wird tendenziell deutlich konservativer gehandelt.

Aber auch unter Berücksichtigung dieser möglichen Fehlerquellen ergab die Untersuchung bemerkenswerte Aussagen: Kaufpreis und Reichweite sind die wichtigsten Einflussfaktoren bei der Wahlentscheidung für ein E-Fahrzeug, wobei bei einer Reichweite von 400 km das E-Fahrzeug gegenüber konventionellen Fahrzeugen als gleichwertig erscheint (also zu 50% gekauft wird), bei den jetzt realisierbaren 200 km müsste es allerdings um 40% billiger sein (bzw. entsprechend subventioniert werden), um gleich attraktiv zu sein. Ferner nimmt die Affinität mit dem Alter ab und ist bemerkenswerterweise bei Frauen stärker ausgeprägt als bei Männern.

Die Akzeptanz zur Teilnahme am Smart Grid ist generell bemerkenswert hoch (oft 50% und mehr), wenn der Preis stimmt und die Reichweite nicht zu stark reduziert wird: Jede Reduktion um 18 km müsste bei gleicher Akzeptanz mit einem Euro/Tag bezahlt werden. Da 18 gefahrene km etwa 3 kWh entsprechen, ergibt dies etwa 33 Cent für die Dienstleistung, eine Regelkapazität von einer kWh einen Tag lang vorzuhalten, was gegenwärtig (noch) nicht attraktiv erscheint [8]. Der Einfluss von Alter und Geschlecht geht in die gleiche Richtung wie bei der Entscheidung für ein E-Fahrzeug als solches, ist aber mehr als doppelt so groß.

- [1] Mertzsch, N. (2014): *Speicherung Erneuerbarer Energien – Versuch eines Überblicks*, Berlin 2014 <http://www.leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2014/01/mertzsch.pdf> (Abruf Mai 2015).
- [2] P. Götz, J. Henkel, T. Lenck, K. Lenz (2014): *Negative Strompreise: Ursachen und Wirkungen*, Agora Energiewende, Berlin [http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2013/Agora\\_NegativeStrompreise\\_Web.pdf](http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2013/Agora_NegativeStrompreise_Web.pdf) (Abruf 22.05.2015).
- [3] Bundesnetzagentur (2011): *„Smart Grid“ und „Smart Market“ Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems*, Bonn.
- [4] Ben-Akiva, M., Lerman, S. (1985): *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press, Cambridge.

- [5] Maier,G., Weiss,P. (1990): *Modelle diskreter Entscheidungen und Anwendung in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften*, Springer-Verlag, Wien.
- [6] Treiber, M. (2014): *Methoden und Modelle der Verkehrsökonomie*, Vorlesungsskript TU Dresden [http://vwitme011.vkw.tu-dresden.de/~treiber/Vkoek\\_Ma/#skript](http://vwitme011.vkw.tu-dresden.de/~treiber/Vkoek_Ma/#skript) (Abruf 28.04.2015).
- [7] Bierlaire, M. (2009): *Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8*, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Lausanne 2009 <http://biogeme.epfl.ch/v18/tutorialv18.pdf> (Abruf 22.07.2015).
- [8] V. Böckers, L. Giessing, J. Haucap, U. Heimeshoff, J. Rösch (2012): *Braucht Deutschland einen Kapazitätsmarkt? Eine Analyse des deutschen Marktes für Stromerzeugung*, in DICE ordnungspolitische Perspektiven 24, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf.