

WIRTSCHAFT
HOCHSCHULE MAINZ
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

UASM Discussion Paper Series
University of Applied Science Mainz

Claudia Kurz^a

**Finanzielle Anreizwirkung
der Förderung von Elektromobilität
durch die Bundesregierung**
**Empirische Evidenz bezüglich der Umweltprämie
und der Kfz-Steuerbefreiung**

Paper No. 6/2017, published November 1, 2017

^a University of Applied Sciences Mainz, Lucy-Hillebrand-Str. 2, 55128 Mainz, Germany,
claudia.kurz@hs-mainz.de

UASM Discussion Paper Series
University of Applied Science Mainz

ISSN 2366-9578

Editors:

Porath, D./Schrack R./Schüle, U./(eds.):

The following papers have appeared so far in this series:

- Bals, L./Laine, J./Mugurusi, G.:
Evolving Procurement Organizations: A Contingency Model for Structural Alternatives.
Published March 2015.
- Schüle, U./Kleisinger, T.:
The “Spaghetti Bowl”: A Case Study on Processing Rules of Origin and Rules of Cumulation.
Published April 2016
- Sputek, A.:
Der Markt für Wohnimmobilien in schrumpfenden Regionen – eine mikroökonomische Analyse
Published August 2016
- Porath, D.:
Size and Dynamics of Order-of-Entry Effects in Pharmaceutical Markets
Published September 2016
- Holland, H./Zand-Niapour, S.:
Einflussfaktoren der Adoption von „Connected Cars“ durch Endnutzer in Deutschland - eine empirische Untersuchung.
Published April 2017
- Kurz, C.:
Finanzielle Anreizwirkung der Förderung von Elektromobilität durch die Bundesregierung – Empirische Evidenz bezüglich der Umweltprämie und der Kfz-Steuerbefreiung.
Published November 2017

Papers may be downloaded from this site by individuals, for their own use, subject to the ordinary rules governing fair use of professional scholarship (see further, Copyright statement). Comments on papers or questions about their content should be sent directly to the author, at his or her email address.

Working Papers may be cited without seeking prior permission from the author. The proper form for citing Discussion Papers in this series is:

“Authors (year)”: “Title”, Paper No. “Nbr.”, In: UASM Discussion Paper Series, University of Applied Sciences Mainz/Germany.

Posting a paper on this site does not preclude simultaneous or subsequent publication elsewhere, including other Working Papers series. The copyright of a Working Paper is held by the author or by his or her assignee.

Downloadable copies of Working Papers will be removed from this site if and when authors indicate to their local coordinators that they have been published elsewhere. Once a paper has been published elsewhere, it is ordinarily preferable to cite it in its final, published version, rather than in its Working Paper version.

Abstract

Seit Sommer 2016 fördert die deutsche Bundesregierung den Kauf eines neuen Elektroautos mit einer Umweltprämie für Käufer in Höhe von 4.000 Euro und einer zehnjährigen Kfz-Steuerbefreiung. Tatsächlich wird die Förderung jedoch kaum in Anspruch genommen und die Nachfrage nach Elektroautos ist in Deutschland nach wie vor gering. Um die monetäre Anreizwirkung der staatlichen Maßnahmen zu analysieren, untersucht diese Studie die Unterschiede in den Anschaffungskosten vergleichbarer Fahrzeuge mit und ohne staatliche Förderung unterteilt nach den Antriebstechnologien Benzin, Diesel und Elektro.

Als Datensatz wird eine Stichprobe mit knapp 800 Beobachtungen aus allen im Herbst 2016 in Deutschland angebotenen Neuwagentypen verwendet. Unter Berücksichtigung von 16 Fahrzeugeigenschaften werden gewichtete hedonische Regressionen durchgeführt. In den drei Modellvarianten werden als abhängige Variable der Bruttolistenpreis, der Bruttolistenpreis unter Berücksichtigung der Umweltprämie und der Bruttolistenpreis unter Berücksichtigung der Umweltprämie und der zehnjährigen Kfz-Steuerbelastung verwendet. Um auch den unterschiedlichen Unterhaltskosten der drei Antriebsformen Rechnung zu tragen, werden zusätzlich gewichtete Regressionen auf den Treibstoff- bzw. Stromverbrauch geschätzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Bruttolistenpreis für ein Fahrzeug mit Elektroantrieb ohne staatliche Förderung signifikant höher ist als der für vergleichbare Autos mit Verbrennungsmotoren. Der Aufschlag beträgt gegenüber einem Dieselfahrzeug rund 30% und gegenüber einem Benziner etwas mehr als 40%. Durch die Umweltprämie werden die Unterschiede deutlich reduziert. Bezieht man zusätzlich die zehnjährige Kfz-Steuerbefreiung mit ein, zeigen die Schätzergebnisse keinen signifikanten Unterschied zwischen Elektro- und Dieselfahrzeug. Der geschätzte Aufschlag in den Anschaffungskosten eines Fahrzeugs mit Elektromotor gegenüber einem Benziner reduziert sich dann auf rund ein Viertel.

Die Regressionen auf den Verbrauch ergeben zudem, dass die Stromkosten eines Elektrofahrzeugs signifikant geringer sind als die Treibstoffausgaben für Benzin oder Diesel. Die Abschläge gegenüber einem Dieselfahrzeug betragen hier geschätzt 6% und gegenüber einem Benziner rund 50%.

Die Analyse zeigt, dass die staatlichen Subventionen die monetären Kaufanreize deutlich stärken, zumal auch die Verbrauchskosten für Elektrofahrzeuge unter denen von Autos mit Verbrennungsmotoren liegen. Die anhaltende Kaufzurückhaltung bei neuen Elektroautos dürfte daher andere Gründe haben, wie beispielsweise Befürchtungen über einen starken Wertverlust, die Angst vor zu geringer Reichweite oder die derzeit noch sehr kleine Modellauswahl.

Schlagworte

Elektromobilität, Umweltpolitik, Automobilmarkt, hedonische Regression

1 Einleitung

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu machen. Dazu gehört auch die Förderung von Elektrofahrzeugen im Individualverkehr. Rund eine Million Elektroautos soll bis zum Jahr 2020 auf Deutschlands Straßen fahren (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011, S.5). Die Bundesregierung hat zur Verwirklichung ihres Ziels eine Reihe von Fördermaßnahmen beschlossen. Für Verbraucher gibt es neben nicht materiellen Vorteilen – beispielsweise das Nutzen von Busspuren mit einem e-Kennzeichen oder großzügigere Parkflächen – auch finanzielle Unterstützung. Die beiden wichtigsten monetären Maßnahmen sind die Kfz-Steuerbefreiung für reine Elektrofahrzeuge sowie die Kaufprämie für Elektrofahrzeuge und Plug-in Hybride. Seit Sommer 2016 sparen Käufer von neuen Elektrofahrzeugen mit der Umweltprämie von 4.000 Euro vom Listenpreis. Zusätzlich wurde die Kfz-Steuerbefreiung für Elektroautos von fünf auf zehn Jahre erhöht. Trotz dieser deutlichen monetären Anreize wurde in den ersten sieben Monaten des Programms nur eine vernachlässigbar kleine Anzahl von rund 6.000 Anträgen auf Umweltprämie gestellt (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2017).

Es stellt sich daher die Frage, ob die monetären Anreize der staatlichen Maßnahmen ausreichend Kaufanreize setzen können. Sind Elektrofahrzeuge auch mit der staatlichen Förderung noch teurer als vergleichbare Autos mit Verbrennungsmotor? Wenn ja, wie hoch ist der zu erwartende Aufschlag? Auf Basis eines Datensatzes von knapp 800 Neufahrzeugtypen, die im Herbst 2016 in Deutschland auf dem Markt waren, wird diese Fragestellung analysiert.

Unter Berücksichtigung von 16 Fahrzeugeigenschaften werden mit Hilfe von gewichteten hedonischen Regressionen die marginalen Preisaufläge von Elektrofahrzeugen gegenüber vergleichbaren Diesel- und Benzinfahrzeugen vor und nach staatlicher Förderung untersucht. Berücksichtigt werden dabei zum einen die Umweltprämie und zum anderen die zehnjährige Kfz-Steuerbefreiung unter der Annahme, dass beide Maßnahmen voll ausgeschöpft werden. Die Untersuchung bezieht sich nur auf reine Elektrofahrzeuge. Plug-In Hybride, für die ebenfalls eine – wenn auch geringere – Umweltprämie beantragt werden kann, werden nicht betrachtet. Hedonische Regressionen werden häufig für Fragestellungen aus den Bereichen der Inflationsmessung, des Marketing oder der Umweltpolitik verwendet. Unseres Wissens gibt es aber bisher noch keine Analyse, die hedonische Regressionen zur Untersuchung der Effekte von Umweltprämie und Kfz-Steuererleichterung bei deutschen Elektrofahrzeugen verwendet.

Die Studien zur ökonomischen Rentabilität von Elektromobilität in Deutschland beziehen sich meist auf bilaterale Vergleiche einzelner Modelle oder Simulationsrechnungen. Beispielsweise stellen Biere et al (2009) bilaterale Vergleiche zwischen Elektroantrieb und herkömmlichen Verbrennungsmotoren vor. Die Autoren berücksichtigen auch die erwartete Kostenentwicklung von Batterien und untersuchen die laufenden Kosten für unterschiedliche Nutzergruppen. Sie unterstellen, dass Elektrofahrzeuge nur als Zweitwagen genutzt werden und keine staatlichen Subventionen erhalten. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass am ehesten Vollzeitbeschäftigte aus kleineren Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern vom Umstieg

auf Elektromobilität ökonomisch profitieren. Diese verfügen in der Regel über einen eigenen Stellplatz und fahren mehr Kilometer pro Jahr als Stadtbewohner. Insgesamt prognostizieren Biere et al (2009), dass im Jahr 2015 etwa vier Prozent des Fahrzeugbestands aus ökonomischen Gesichtspunkten durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden könnte.

Richter und Lindenberger (2010) simulieren die Entwicklung von Nutzungskosten batterieelektrischer Fahrzeuge im Vergleich zu Diesel- und Benzinautos, wobei sie an staatlicher Subvention eine fünfjährige Kfz-Steuerbefreiung für Elektromotoren unterstellen. Sie kommen zum Schluss, dass sich aufgrund der hohen Batteriekosten und der teuren Ladeinfrastruktur die Anschaffung eines Elektrofahrzeuges auch in Zukunft ökonomisch kaum lohnen wird. Für das Jahr 2020 prognostizieren sie für ein viersitziges batteriebetriebenes Fahrzeug eine Subvention von rund 8000 Euro, um den ökonomischen Nachteil von Elektrofahrzeugen gegenüber herkömmlichen Modellen auszugleichen.

Wietschel et al (2013) untersuchen ebenfalls anhand eines Simulationsmodells die Anschaffungs- und Nutzungskosten verschiedener Fahrzeugtypen in Abhängigkeit von der Fahrleistung und der verfügbaren Ladeinfrastruktur. Da Elektrofahrzeuge zwar in der Anschaffung teurer, in der Haltung aber günstiger als Modelle mit Verbrennungsmotor sind, senkt eine höhere jährliche Kilometerleistung die Kosten von Elektrofahrzeugen. Allerdings gibt es hier Obergrenzen aufgrund der begrenzten Reichweite der Elektroautos. Insgesamt kommt die Studie zu dem Schluss, dass unter sehr günstigen Umständen das Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen 2020 auf Deutschlands Straßen auch ohne Subventionen realisierbar sei. Im ungünstigsten Szenario prognostiziert sie 150.000 bis 200.000 Elektrofahrzeuge.

In einer neueren Analyse vergleicht der ADAC (2017) jeweils ein Elektrofahrzeug mit einem Diesel- und Benzinäquivalent unter Berücksichtigung von Umweltprämie und Kfz-Steuerbefreiung. Darüber hinaus berechnet er neben den Anschaffungskosten und der Umweltprämie auch Versicherungsprämien, Verbrauchskosten, Wartung und Abschreibung über fünf Jahre. Das Ergebnis ist gemischt und nur bei sehr wenigen Direktvergleichen stellt sich der Elektroantrieb als günstigste Alternative heraus.

Die Ergebnisse dieser Analyse bestätigen, dass Elektrofahrzeuge ohne staatliche Förderung signifikant teurer sind als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Die existierenden staatlichen Kaufanreize reduzieren die Unterschiede jedoch deutlich, so dass zwischen Elektro- und Dieselfahrzeug kein signifikanter Preisunterschied mehr festgestellt werden kann. Ergänzende Regressionen zur Schätzung der Unterschiede bei den Verbrauchskosten zeigen zudem, dass Elektrofahrzeuge in der Nutzung die günstigste Antriebsvariante sind. Die Ergebnisse bestätigen zumindest die monetären Kaufanreize des Staates als ausreichend.

Das Papier ist folgendermaßen strukturiert: Teil zwei beschreibt zunächst die staatliche Förderung durch Umweltprämie und Kfz-Steuerbefreiung. In Teil drei folgt eine Vorstellung des Datensatzes. Teil vier erläutert die Methode der hedonischen Regression und Teil fünf stellt die Schätzergebnisse vor. Teil sechs ergänzt die Ergebnisse um Schätzungen für die Verbrauchskosten der Fahrzeuge. Anschließend werden in Teil sieben neben den untersuchten

monetären Aspekten mögliche weitere Gründe für die derzeitige Zurückhaltung beim Kauf von Elektromobilen diskutiert. Die Arbeit schließt mit einem Fazit.

2 Staatliche Förderung

Elektromotoren gelten gegenüber Verbrennungsmotoren als umweltfreundlich. Ihr Vorteil liegt insbesondere in der lokalen Emissionsfreiheit und dem weitgehenden Fehlen von Motorgeräuschen, so dass sie bei geringen Geschwindigkeiten deutlich leiser als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren sind (Helms et al. 2015, S.17).¹

Die Bundesregierung hat eine Reihe von Maßnahmen zur Förderung von Elektromobilität beschlossen. Die wichtigsten monetären Maßnahmen sind die 10-jährige Kfz-Steuerbefreiung für reine Elektrofahrzeuge sowie die Kaufprämie für Elektrofahrzeuge und Plug-in Hybride.

Die Regeln für die Bestimmung der Kfz-Steuer sind im Kraftfahrzeugsteuergesetz (KraftStG) festgelegt. Seit dem 1. Juli 2009 wird die Kfz-Steuer nach Hubraum und CO₂-Ausstoß erhoben. Der jährliche Steuersatz beträgt bei Benzinmotoren pro angefangenem 100 ccm³ Hubraum zwei Euro, bei Dieselfahrzeugen erhöht sich der Satz auf 9,50 Euro. Falls das Fahrzeug - bei Zulassungen ab dem 1.1.2014 – mehr als 95 g/km CO₂ ausstößt, wird zuzüglich der CO₂-Ausstoß besteuert. Die Steuer beträgt 2 Euro je überschrittenem Gramm Kohlendioxid. Nach KraftStG § 3d sind reine Elektroautos, die in der Zeit vom 18. Mai 2011 bis 31. Dezember 2020 erstmalig zugelassen werden, für zehn Jahre von der Kfz-Steuer befreit. Nach Ablauf der Steuerbefreiung wird die Steuer nach zulässigem Gesamtgewicht berechnet. Hybridelektrofahrzeuge haben keine Steuerbefreiung und werden auch sonst nach den üblichen Regeln besteuert.

Zusätzlich zur Steuerbefreiung hat die Bundesregierung 2016 eine Kaufprämie für reine Elektrofahrzeuge und von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge² beschlossen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016). Die Förderung gilt für Fahrzeugkäufe ab dem 18. Mai 2016. Die Fördermittel betragen derzeit 1,2 Milliarden Euro und sollen für ca. 300.000 Fahrzeuge verwendet werden. Sie werden bis zum 30. Juni 2019 gewährt, falls die Mittel nicht vorher ausgeschöpft sind. Förderfähig sind aber nur Fahrzeuge, deren Nettolistenpreis maximal 60.000 Euro beträgt.³ Während bei den reinen Elektrofahrzeugen nur Fahrzeuge von Tesla aufgrund zu hoher Preise nicht förderfähig sind, trifft es bei den Plug-in Hybriden mehrere Modelle. Dies liegt daran, dass Plug-in Hybride häufig im Hochpreissegment angeboten werden. Da diese eher schweren und leistungsstarken Fahrzeuge mit herkömmlichen

¹ Helms et al. (2015) zeigen auch, dass die Berechnung der gesamten Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen nicht eindeutig ist. Einerseits dürfte die bessere Energieeffizienz von Elektroautos bei geeignetem Strommix und ausreichender Fahrleistung zu einer Reduzierung des CO₂-Ausstoß gegenüber Verbrennungsmotoren führen. Andererseits ergeben sich aus der Batterieherstellung andere Umweltprobleme wie Versauerung, Feinstaubemissionen und Wasserentnahme. Siehe auch Wellbrock et al. (2011) oder Helms et al. (2011) für weitere Einschätzungen zur Umweltwirkung von Elektrofahrzeugen.

² Hybridfahrzeuge verfügen sowohl über eine Antriebsbatterie als auch einen herkömmlichen Tank. Bei Plug-in Hybriden kann die Batterie von außen mit Strom geladen werden. Auch Wasserstoff-/Brennstoffzellenfahrzeuge können eine Kaufprämie erhalten.

³ Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle veröffentlicht eine Liste förderfähiger Elektrofahrzeuge.

Verbrennungsmotoren häufig hohe CO₂-Werte ausweisen, dürfte das Angebot einer Hybridvariante in erster Linie dazu dienen, den Flottenverbrauch des Herstellers zu senken.

Die Kaufprämie für reine Elektrofahrzeuge beträgt beim Kauf eines Neufahrzeugs 2.000 Euro, sofern der Hersteller einen Preisnachlass von ebenfalls 2.000 Euro gewährt. Für den Kunden reduziert sich der Nettolistenpreis eines förderfähigen Elektrofahrzeugs damit um 4.000 Euro. Für Plug-In Hybride zahlt der Staat einen Zuschuss von 1.500 Euro, sofern der Händler einen Nachlass von ebenfalls 1.500 Euro auf den Nettolistenpreis gewährt. Die Kunden können hier also mit einem Zuschuss in Höhe von 3.000 Euro rechnen.

Ende Januar 2017 hat das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2017) eine Zwischenbilanz zum Antragsstand der Kaufprämie veröffentlicht. Demzufolge wurden bis zum 31. Januar 2017 10.833 Anträge auf Kaufprämie für reine Elektrofahrzeuge und Plug-In Modelle gestellt.⁴ Davon bezogen sich 56,6 % auf reine Elektrofahrzeuge. Nur knapp die Hälfte der Anträge kam von Privatpersonen. Bezogen auf die geplante Gesamtförderung von 300.000 Fahrzeugen erscheint das bisherige Antragsvolumen gering. Aus diesem Grund wird im Folgenden die finanzielle Anreizwirkung der staatlichen Begünstigungen für Elektroautos näher untersucht.

3 Datensatzbeschreibung

Der verwendete Datensatz enthält 785 verschiedene Neuwagentypen mit den Antriebstechnologien Otto-, Diesel- und Elektromotor.⁵ Er stellt eine Stichprobe aus allen in Deutschland im Herbst 2016 angebotenen Neuwagentypen dar. Nicht im Datensatz enthalten sind Roadster, Geländewagen, Kleintransporter, Cabriolets und Busse; sowie Fahrzeuge mit einem Listenpreis von 100.000 Euro und mehr. Bei den Elektrofahrzeugen wurden zudem nur auf dem Markt verfügbare und förderfähige Fahrzeugtypen aufgenommen.

In der Regel enthält der Datensatz die unteren bis mittleren Ausstattungslinien der verschiedenen Modelle. Unterscheiden sich die Ausstattungslinien hinsichtlich der im Datensatz enthaltenen Fahrzeugeigenschaften, wurden mehrere Varianten aufgenommen. Ebenso wurden jeweils mehrere Motorisierungsvarianten erhoben. Ziel der Auswahl ist es, eine möglichst repräsentative Stichprobe hinsichtlich des gesamten Marktangebotes zu erhalten und eine ausreichende Variation in den Merkmalen des Datensatzes sicherzustellen. Die Möglichkeiten der Modellvariation sind dabei je nach Hersteller und Modell sehr unterschiedlich, so dass manche Modelle nur wenig, andere aber sehr häufig im Datensatz vertreten sind.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die im Datensatz enthaltenen Variablen. Der verwendete Preis eines Fahrzeugs ist der Bruttolistenpreis, mit dem das Fahrzeug Ende 2016 in Deutschland

⁴ Zwei Anträge gingen für Brennstoffzellenfahrzeuge ein.

⁵ Die Informationen stammen von den Broschüren der Hersteller, der ADAC-Autodatenbank und der Autoumweltliste des VCD.

angeboten wurde.⁶ In der folgenden Analyse werden auf diesen Preis in verschiedenen Schritten Umweltbonus und die Kfz-Steuerbefreiung angerechnet. Damit soll herausgefunden werden, ob der Umweltbonus und die Kfz-Steuererleichterung für Elektromodelle dazu führen, dass sich der Kauf eines Elektroautos im Vergleich zu einem Diesel- oder Benzinfahrzeug mit ähnlichen Eigenschaften lohnt.

Die im Datensatz gewählten Fahrzeugeigenschaften sollen möglichst gut die Kaufkriterien potenzieller Käufer abbilden. Insbesondere bei der Sicherheitsausstattung liegt der Fokus auf neueren Entwicklungen, da einige bekanntere Eigenschaften wie Airbag oder ABS mittlerweile zur Standardausstattung gehören und für fast alle Neuwagentypen angeboten werden. Die Verbrauchsangaben und Werte zum CO₂-Ausstoss sind Herstellerangaben, die nach dem neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ, Amtsblatt der Europäischen Union, 2012) ermittelt werden. Die Bedingungen zur Absolvierung des vorgegebenen Fahrzyklus sind genau festgelegt und entsprechen nicht notwendigerweise den realen Verbräuchen des Fahrzeugs.

⁶ Eine Ausnahme ist der e-Golf von VW, bei dem gerade ein Modellwechsel stattfand. Im Datensatz ist daher sowohl das Modell von 2014 enthalten als auch der im April 2017 angelaufene neue e-Golf.

Tabelle 1: Liste der im Datensatz enthaltenen Variablen

Kategorie	Variable (Einheit oder Ausprägungen)
Allgemein und Kosten	Bruttolistenpreis Ende 2016 (Euro) CO ₂ -Ausstoss (g/km) Hersteller Modell Verbrauch gesamt (l/100km bzw. kWh/100km) ADAC-Testergebnis (Noten)
Antriebstechnik	Benzin Diesel Elektro
Fahreigenschaft	Antriebsart (Front, Heck, Allrad) Beschleunigung (s) Höchstgeschwindigkeit (km/h) Hubraum (ccm ³) Leistung (kW)
Komfort	Einparkhilfe nur hinten (ja, möglich, nein) Einparkhilfe vorne und hinten (ja, möglich, nein) Einpark-Assistent (ja, möglich, nein) Getriebeart (Automatikgetriebe, Schaltgetriebe) Kofferraumvolumen (10l) Karosserietyp (Coupé, Compact-Van, Großraum-Kombi, Kombi, Limousine, Microvan, Minivan, SUV) Navigation (ja, möglich, nein) Sitze (Anzahl) Regensensor (ja, möglich, nein) Tankgröße (l bzw. kWh)
Sicherheit	Automatische Abstandsregelung (ja, möglich, nein) City-Notbremsassistent (ja, möglich, nein) Kollisionswarnung (ja, möglich, nein) PreCrash-System (ja, möglich, nein) Spurhalte-Assistent (ja, möglich, nein) Spurwechsel-Assistent (ja, möglich, nein) Xenon-Scheinwerfer (ja, möglich, nein) LED-Scheinwerfer (ja, möglich, nein)

Neben den unmittelbar messbaren Eigenschaften der Fahrzeuge dürfte auch die von den Käufern erwartete Qualität von Produkt und Service eine Rolle bei der Kaufentscheidung spielen. Da diese vor dem Kauf nur eingeschätzt werden kann, versuchen Hersteller meist, Marken aufzubauen, die einen gewissen Qualitäts- und Servicestandard repräsentieren. Auch auf dem Automarkt sind Prämien für bestimmte Marken zu erwarten.⁷ Eine Möglichkeit, Markenprämien im Modell zu berücksichtigen, ist die Verwendung von Markendummies. Da der Datensatz jedoch Fahrzeugtypen von 32 Herstellern beinhaltet, ist dies bei knapp 800 Beobachtungen

⁷ Für die Untersuchung von Markenwerten auf dem Automobilmarkt siehe z.B. Kihm und Vance (2014), Baltas und Saridakis (2010) oder Fetscherin und Toncar (2009)

wenig praktikabel. Um dennoch zumindest teilweise für unbeobachtete Qualitätsunterschiede zu kontrollieren, wird als Proxyvariable die durchschnittliche Gesamtnote aus den verfügbaren ADAC-Autotests des jeweiligen Herstellers verwendet.⁸ Die der Berechnung zugrundeliegende Anzahl der Tests pro Hersteller reicht dabei von einem Testbericht für die beiden im Datensatz enthaltenen Lada bis zu 31 Berichten für die 70 VW-Beobachtungen. Für den Elektroautohersteller Tesla gibt es leider zum Zeitpunkt der Auswertung (Stand Februar 2017) keinen Testbericht des ADAC. Daher wird für das einzige förderfähige Modell, den Tesla S Basic – der durchschnittliche Wert der Testberichte über alle Hersteller eingesetzt.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die quantitativen Merkmale im Datensatz getrennt nach Diesel-, Benzin- und Elektromotoren. Von den 785 Fahrzeugen haben 57% einen Ottomotor und 39% einen Dieselantrieb. Elektrofahrzeuge machen 4% der Stichprobe aus.

Tabelle 2 zeigt, dass die Elektroautos in der Stichprobe im Mittel teurer sind als Autos mit konventionellem Antrieb. Ihr Durchschnittspreis von rund 34.000 Euro liegt um 2.000 Euro über dem von Dieselfahrzeugen und übersteigt den mittleren Preis der Benziner um fast 7.000 Euro. Allerdings sind in diesen Durchschnittswerten außer der Antriebsart keine weiteren Unterschiede in den Fahrzeugeigenschaften berücksichtigt.

Die Leistung in kW gemessen ist bei den Elektrofahrzeugen in der Stichprobe dagegen mit nur 92 kW unterdurchschnittlich. Dies scheint sich jedoch kaum auf die Beschleunigung auszuwirken, die im Mittel ähnliche Werte wie bei den Benzin- und Dieselmotoren im Datensatz erreicht. Deutlich geringer ist allerdings die durchschnittliche Höchstgeschwindigkeit der Elektroautos, die mit 147 km/h unter dem Schnitt von etwa 200 km/h bei den herkömmlichen Antrieben liegt.

⁸ Fetcherin und Toncar (2009) verwenden in hedonischen Schätzungen ebenfalls ADAC-Testnoten als erklärende Variable und finden einen guten Erklärungsgehalt auf den Preis.

Tabelle 2: Zusammenfassende Statistiken für die quantitativen Merkmale getrennt nach Antriebsart

Benzin				
Beobachtungen Anzahl	448			
Beobachtungen Prozent	57%			
	Mittelwert	Std.Abw.	Min.	Max.
Preis (Euro)	29.051	14.740,44	9.190	99.960
Leistung (kW)	110	50,07	44	335
Beschleunigung (s)	10,0	2,42	4,6	16,9
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	201	25,56	151	259
Hubraum (ccm ²)	1.581	583,60	875	4.663
CO ₂ -Ausstoss (g/km)	133	26,45	84	263
Kofferraumvolumen (10l)	44,3	14,83	10,3	102,9
Tankgröße (l)	53	10,54	28	100
gesamter Verbrauch (l/100km)	5,7	1,13	3,6	11,4
Diesel				
Beobachtungen Anzahl	309			
Beobachtungen Prozent	39%			
	Mittelwert	Std.Abw.	Min.	Max.
Preis (Euro)	32.540	12.644,83	11.390	94.100
Leistung (kW)	105	34,05	55	250
Beschleunigung (s)	10,2	1,94	5,1	15,1
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	200	20,93	158	250
Hubraum (ccm ²)	1.821	401,51	1.248	4.367
CO ₂ -Ausstoss (g/km)	114	19,66	79	219
Kofferraumvolumen (10l)	47,5	14,59	10,3	152,9
Tankgröße (l)	56	10,15	35	100
gesamter Verbrauch (l/100km)	4,4	0,74	3,0	8,4
Elektro				
Beobachtungen Anzahl	28			
Beobachtungen Prozent	4%			
	Mittelwert	Std.Abw.	Min.	Max.
Preis (Euro)	34.086	8.974,77	19.800	69.019
Leistung (kW)	92	38,86	49	235
Beschleunigung (s)	10,1	2,70	5,8	15,9
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	147	17,06	130	210
Kofferraumvolumen (10l)	34,4	12,48	16,6	74,5
Tankgröße (kWh)	27	9,38	15	60
gesamter Verbrauch (kWh/100km)	13,8	1,66	11,5	16,6

4 Methodik und Schätzmodell

Ziel dieser Untersuchung ist es, die durchschnittlichen Aufpreise für die unterschiedlichen Antriebsstränge – Benzin, Diesel und Elektro – bei sonst gleichen Fahrzeugeigenschaften zu ermitteln. Dazu wird die empirische Methode der hedonischen Regression, die im Folgenden näher erläutert wird, verwendet.

Beim Kauf eines Neuwagens erwirbt der Nutzer ein ganzes Güterbündel von nutzenrelevanten Fahrzeugeigenschaften. So ist beispielweise ein Automatikgetriebe zwar teurer als ein Schaltgetriebe, erhöht dafür aber die Bequemlichkeit für den Fahrer. Bei komplexen Produkten sollten sich also einzelne, nutzenwirksame Produkteigenschaften auf den gesamten Preis auswirken. Die impliziten Preise der unterschiedlichen Produkteigenschaften werden hedonische Preise genannt. Um diese Aufpreise bzw. Abschläge für unterschiedliche Ausstattungsvarianten zu ermitteln, eignet sich die empirische Methode der hedonischen Regression (Griliches, 1971; Rose, 1974). Durch die Betrachtung einzelner Produktkomponenten trägt sie der Produktdifferenzierung auf einem Markt Rechnung. Auf dem Automobilmarkt werden hedonische Regressionen neben der Inflationsmessung auch zur Ermittlung von Markenaufschlägen (z.B. Baltas und Saridakis, 2010; Fetcherin und Toncar, 2009) oder zur Beurteilung umweltfreundlicher Technologien (z.B. Alberini et al., 2014) herangezogen.

Bei der hedonischen Regression wird der Gesamtpreis eines Produkts in einer multiplen Regression auf verschiedene Produkteigenschaften regressiert. Die genaue funktionale Form ist von den Daten abhängig, meist werden jedoch logarithmische Formen gewählt (Diewert, 2003). Die Eigenschaften der Residuen sind in diesem Datensatz am besten bei der semi-logarithmischen Form, bei der nur die abhängige Variable – der Preis (p) - logarithmiert wird. Die k Fahrzeugeigenschaften (x) gehen als Regressoren in das Modell ein.

$$\ln p_i = \beta_0 + \beta_1 E_i + \beta_2 B_i + \sum_{j=3}^k \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i \quad i = 1 \dots n$$

Die Fahrzeugeigenschaften (x) können sowohl quantitative Variablen als auch qualitative Merkmale sein, die dann als Dummy-Variable in die Schätzung eingehen. Zusätzlich werden Dummies für den Benzin- (B) und den Elektroantrieb (E) aufgenommen. Das Dieselfahrzeug stellt die Basisgruppe dar. Die Schätzkoeffizienten (β) sind Semi-Elastizitäten und werden in Prozent interpretiert. Das Modell enthält einen Störterm (ε).

Bei der Auswahl der Fahrzeugeigenschaften (x) wird die Sicht der Konsumenten eingenommen, so dass bei der Wahl eines Fahrzeugs im Wesentlichen die drei Komponenten Fahreigenschaft, Komfort und Sicherheit eine Rolle spielen dürften. Diese drei Komponenten werden durch eine Auswahl unterschiedlicher Ausstattungsmerkmale dargestellt. Beispielsweise gehört zur Fahreigenschaft die Höchstgeschwindigkeit eines Fahrzeugs, während ein PreCrash-System der Sicherheit dient. Manche Merkmale lassen sich auch nicht eindeutig einer Gruppe zuweisen. So ist die Beschleunigung ein Bestandteil der Fahreigenschaft, das aber auch der Sicherheit beispielsweise beim Spurwechsel dient.

Wesentlich für die Analyse sind die impliziten Preise für die Antriebssysteme, die durch die Dummies (E) und (B) dargestellt werden. Deren Koeffizienten geben dann die prozentualen Preisab- bzw. aufschläge gegenüber dem Dieselmotor an, wenn ein Fahrzeug mit ansonsten gleichen Eigenschaften (x) einen Otto- bzw. Elektromotor hat. Es ist zu erwarten, dass der Benziner günstigste Variante darstellt, gefolgt vom Dieselantrieb und dann vom Elektromotor.

Hedonische Regressionen werden in der Regel mit der Anzahl der auf dem Markt verkauften Modelle oder mit dem von Ihnen erzielten Umsatz gewichtet. Dadurch erhalten die Marken mit größerem Marktanteil ein stärkeres Gewicht, da davon auszugehen ist, dass sie einen größeren Einfluss auf die Preisbildung haben als kleinere Anbieter. (Diewert, 2003). Um teurere Modelle nicht überproportional zu gewichten, wird in dieser Analyse mit der Anzahl der in Deutschland neuzugelassenen Fahrzeugmodelle gewichtet.

5 Schätzergebnisse in Bezug auf den Neuwagenpreis

Das Modell wird über alle Beobachtungen geschätzt und es werden Dummy-Variablen für den Elektromotor und den Benzinmotor eingefügt, so dass der Dieselantrieb als mittlere Preisklasse die Basisgruppe darstellt.⁹ Als erklärende Variablen werden Variablen aus den Bereichen Fahreigenschaft, Sicherheit und Komfort verwendet. Um für mögliche allgemeine Qualitätsunterschiede zu korrigieren, wird das durchschnittliche ADAC-Testergebnis für den jeweiligen Hersteller als Regressor eingefügt.

Zum Bereich Fahreigenschaft werden die Variablen Antriebsart, Hubraum, Motorleistung, Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit gewählt. Hubraum scheidet als Regressor aus, da Elektrofahrzeuge keine Hubraumangabe haben. Um der Antriebsart Rechnung zu tragen, wird eine Dummy-Variable für den deutlich teureren Allradantrieb aufgenommen. Motorleistung, Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit sind sowohl miteinander als auch mit dem Preis deutlich korreliert, siehe Tabelle 3. Die Aufnahme aller drei Merkmale bringt daher Multikollinearitätsprobleme mit sich. Die Konsumenten dürften das Resultat einer höheren Motorleistung in kW in der Regel in Form einer größeren Beschleunigung oder einer höheren Maximalgeschwindigkeit beobachten. Dabei kann es bei gleicher kW Zahl zwischen den drei Motorarten durchaus zu Unterschieden kommen. Aus Sicht der Käufer dürften daher Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit die wichtigeren Eigenschaften sein.¹⁰ Schaubild 1 verdeutlicht die Unterschiede im Zusammenhang zwischen Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit nach Motorart. Bei Verbrennungsfahrzeugen ist der Zusammenhang sehr eng. Aus diesem Grund sollte nur eines der beiden Merkmale als erklärende Variable aufgenommen werden. Auch bei Elektrofahrzeugen besteht ein Zusammenhang zwischen Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit, allerdings ist die Punktwolke hier nach links

⁹ Es zeigte sich, dass die Ergebnisse auch für Teilstichproben – Benzin und Elektro, Diesel und Elektro, Benzin- und Diesel – robust sind.

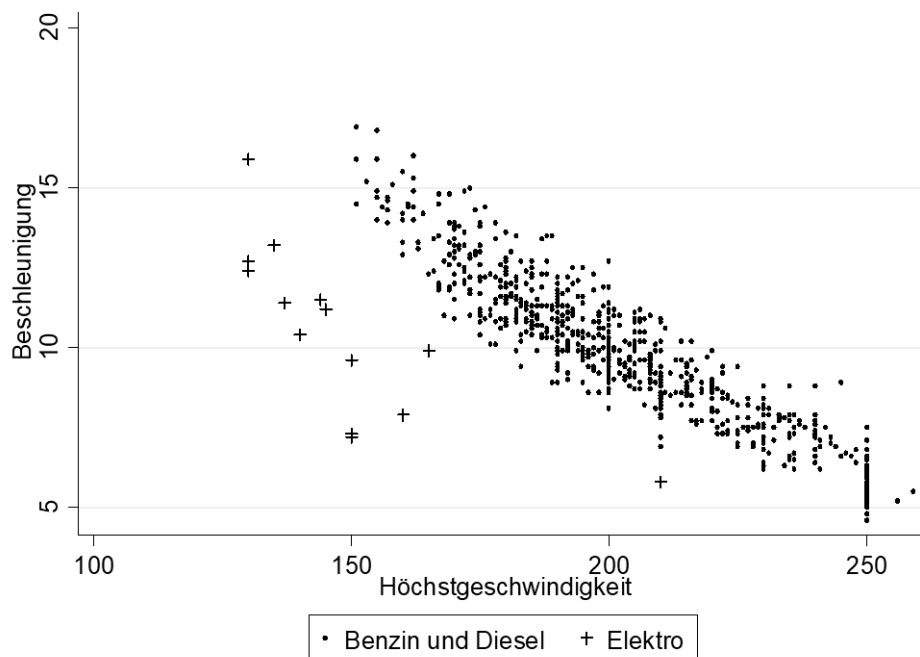
¹⁰ Da kW als gängiges Leistungsmaß gelten, wurden die Schätzungen alternativ mit kW statt Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit durchgeführt. Die Ergebnisse bezüglich des Preisaufschlags für den Elektroantrieb unterscheiden sich nicht wesentlich von den hier präsentierten Schätzungen.

verschoben mit deutlich geringeren Niveaus bei der Höchstgeschwindigkeit. So beträgt die maximale Geschwindigkeit bei den Elektroautos in der Stichprobe 210 km/h und liegt damit nur etwas über dem Mittelwert der beiden anderen Antriebe. Der zweithöchste Geschwindigkeitswert der Fahrzeuge mit Elektroantrieb ist 165 km/h und damit kaum höher als der des langsamsten Diesel mit 158 km/h. Um diesem Unterschied Rechnung zu tragen und gleichzeitig Probleme mit Multikollinearität zu vermeiden, werden neben der Beschleunigung als quantitative Variable zwei zusätzliche Dummies in die Schätzgleichung eingefügt, die Fahrzeuge mit überdurchschnittlicher Höchstgeschwindigkeit abbilden. Die Dummy kmh_200 bildet Höchstgeschwindigkeiten zwischen 200 km/h und 249 km/h ab. Eine weitere Dummy, kmh_250 repräsentiert Fahrzeuge mit einer Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h oder mehr, was den oberen fünf Prozent der Stichprobe entspricht.

Tabelle 3: Korrelationen zwischen Preis, kW, Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit

Korrelation	Preis	kW	Beschleunigung	Höchstgeschwindigkeit
Preis	1			
kW	0,89	1		
Beschleunigung	-0,71	-0,84	1	
Höchstgeschwindigkeit	0,70	0,82	-0,87	1

Abbildung 1: Der Zusammenhang zwischen Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit nach Motorart



Auch bei den Aspekten Komfort und Sicherheit kommt es bei der Schätzung zu Problemen mit Multikollinearität. Beispielsweise haben 97% der Fahrzeuge mit einer Kollisionswarnung auch einen City-Notbremsassistenten. Um diese Querverbindungen zu berücksichtigen, werden unterschiedliche Modellspezifikationen getestet, um plausible und signifikante Schätzergebnisse mit einem möglichst hohen Erklärungsgehalt zu erhalten. Letztendlich werden Dummies für ein Automatikgetriebe, einen Allradantrieb, einen Regensensor, einen Parkassistenten, ein Navigationsgerät, einen City-Notbremsassistenten und ein PreCrash-System aufgenommen. Für die Beleuchtung wurde jeweils eine Dummy für Xenon- und LED-Scheinwerfer verwendet. Die Dummies sind eins, wenn das Auto serienmäßig damit ausgestattet ist und sonst null. Darüber hinaus werden manche Ausstattungen auch optional gegen Aufpreis angeboten. Es ist vorstellbar, dass die Anzahl der Wahlmöglichkeiten ebenfalls einen Einfluss auf den Preis hat. Im Datensatz gibt es zu allen 13 Ausstattungsvariablen die Information, ob sie gegen Aufpreis gewählt werden können, wenn sie nicht zur Serienausstattung gehören. Es wird daher für jedes Fahrzeug eine neue Variable gebildet, die die Anzahl der wählbaren Ausstattungsvariablen angibt. Im Schnitt haben die Fahrzeuge bezüglich der 13 im Datensatz enthaltenen Ausstattungsvarianten 4,7 Wahlmöglichkeiten. 91 Autos haben keine Wahlmöglichkeit. Bei 11 Fahrzeugen ist die zwar die Serienausstattung mager, es können jedoch 11 Attribute zusätzlich gewählt werden.

Auch die Karosserie mag für den Preis eine Rolle spielen. Allerdings sind die Dummies für die unterschiedlichen Karosserien mit Ausnahme des SUVs nicht signifikant. Es wird daher nur eine SUV-Dummy als Regressor im Modell verwendet und ansonsten Variablen eingefügt, die den Komfort der jeweiligen Karosserie abbilden könnten. Eine Dummy gibt an, ob das Fahrzeug einen erhöhten Sitz hat, wie es in Vans und Hochdachkombis der Fall ist. Eine weitere Dummy zeigt, ob das Auto ein Siebensitzer ist. Letztlich gilt das Kofferraumvolumen als weiterer Indikator für Geräumigkeit.

Tabelle 4: Die in den Regressionen verwendete Ausstattung der Fahrzeuge in Prozent nach Motorart

Ausstattung	Anteile in Prozent		
	Benzin	Diesel	Elektro
Allradantrieb	13	19	0
Automatikgetriebe	45	38	100
Einparkassistent	1	1	0
Navigation	15	17	54
Regensensor	44	50	36
City-Notbremsassistent	33	36	32
PreCrash-System	6	8	0
LED-Scheinwerfer	10	9	29
Xenon-Scheinwerfer	12	11	0
SUV	20	25	4
Hoher Einstieg	15	16	14
7-Sitzer	7	12	4
Höchstgeschwindigkeit:			
Zwischen 200 und 250 km/h	44	44	4
250 km/h und mehr	7	3	0

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die qualitativen Variablen des Schätzmodells gesondert nach den drei Antriebstechnologien. Von den Elektrofahrzeugen in der Stichprobe hat keines serienmäßig einen Allradantrieb, einen Parkassistenten, ein PreCrash-System oder Xenon-Scheinwerfer.¹¹ Ebenso weist kein förderfähiges Elektroauto eine Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h und mehr auf. Ein Schaltgetriebe ist für einen Elektromotor nicht notwendig, so dass es sich immer um Automatik handelt. Überdurchschnittlich viele Elektrofahrzeuge in der Stichprobe haben serienmäßig Navigation und LED-Scheinwerfer.

Um die Wirkung der staatlichen Maßnahmen – Umweltprämie und Befreiung von der Kfz-Steuer – zu messen, wird das Modell in drei Varianten geschätzt, die sich nur hinsichtlich ihrer abhängigen Variablen unterscheiden. Zunächst wird der Bruttolistenpreis der Neuwagen als abhängige Variable verwendet, um die Preisunterschiede zwischen Benzin-, Diesel- und Elektrofahrzeugen ohne staatliche Unterstützung zu schätzen. Dann wird vom Bruttolistenpreis der Elektrofahrzeuge die Umweltprämie in Höhe von 4000 Euro abgezogen und das Modell erneut geschätzt. Für die zusätzliche Messung der Effekte der zehnjährigen Kfz-Steuerbefreiung für Elektrofahrzeuge wird für die Autos mit Benzin- und Dieselmotoren aus den Angaben zu

¹¹ Tesla bietet für seine Elektrofahrzeuge teilweise serienmäßig Allradantrieb und Parkassistent an, allerdings nicht für das förderfähige Basismodell.

Hubraum und CO₂-Ausstoß die Kfz-Steuer für zehn Jahre berechnet¹². Dieser Wert wird dann zum Bruttolistenpreis der Diesel- und Benzinfahrzeuge addiert, und das Modell erneut geschätzt.

Die Einbeziehung der zehnjährigen Kfz-Steuerbefreiung ist insbesondere für den Vergleich mit Dieselmotoren bedeutend. Wie Tabelle 5 zeigt, liegt in der Stichprobe die durchschnittliche jährliche Kfz-Steuer für ein Dieselfahrzeug bei 214 Euro gegenüber 107 Euro bei einem Benzinern. Die stärkere Kfz-Steuerbelastung von Dieselfahrzeugen entsteht hauptsächlich durch den deutlich höheren Steuersatz von 9,50 Euro pro ccm³ Hubraum gegenüber dem von 2 Euro bei Benzinern.

Tabelle 5: Berechnete jährliche Kfz-Steuer für Verbrennungsmotoren im Datensatz

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Benzin	106,66	62,20	18,00	430,00
Diesel	214,35	69,73	123,50	666,00

Da die Preisbildung vermutlich stärker von Anbietern mit einem höheren Marktanteil beeinflusst wird, werden die hedonischen Regressionen gewichtet.¹³ Die Gewichtung der Regressionen erfolgt mit der Anzahl der Neuzulassungen pro Modell im Jahr 2016 in Deutschland laut Kraftfahrtbundesamt (2017). Das Gewicht für eine Beobachtung der Mercedes C-Klasse ist dann beispielsweise die Neuzulassungsanzahl der Mercedes C-Klasse laut Kraftfahrt-Bundesamt geteilt durch die Anzahl der Mercedes C-Klasse Fahrzeuge in der Stichprobe. Somit erhält die Mercedes C-Klasse in den gewichteten Regressionen insgesamt nicht das Stichrobengewicht von 22, sondern von 66.898, was ihrer Zahl der Neuzulassungen im Jahr 2016 entspricht. Da die Fahrzeuge innerhalb eines Modells in Bezug auf Ausstattung oder Leistung variieren können, wird eine analytische Gewichtung vorgenommen, die die im Datensatz enthaltenen Beobachtungen als Durchschnittswerte interpretiert.

Leider gibt es in der Statistik des Kraftfahrtbundesamtes nicht für jedes Elektromodell im Datensatz eine eindeutige Neuzulassungsanzahl. Einige fallen unter die Kategorie „Sonstige“ und andere sind nur eine Modellvariante mit anderer Antriebstechnologie, so dass sie nicht gesondert aufgeführt werden. Für diese Modelle wird als Approximation statt der Anzahl der Neuzulassungen die Anzahl der Anträge auf den Umweltbonus verwendet (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2017):

Die Ergebnisse der gewichteten Kleinstquadrateschätzungen sind in Tabelle 6 ausgewiesen. Da die abhängige Variable logarithmiert wurde, werden die Koeffizienten als Prozentzahlen interpretiert. Der Erklärungsgehalt der drei Modelle ist mit einem angepassten Determinationskoeffizienten R² von 0,88 recht hoch. Abgesehen von den Treibstoffarten sind auch die Koeffizienten über die drei Modelle weitgehend stabil und weisen das erwartete

¹² Es wird keine zeitliche Diskontierung berücksichtigt, da das derzeitige Zinsniveau nahezu Null beträgt.

¹³ Die qualitativen Ergebnisse der ungewichteten und der gewichteten Regressionen unterscheiden sich nicht.

Vorzeichen auf. Bis auf den Parkassistenten haben alle Regressoren bei einem Signifikanzniveau von 5% einen signifikanten Einfluss auf den Preis.

Betrachtet man nur die Bruttolistenpreise ohne staatliche Unterstützungsleistungen, ergeben die Schätzungen, dass nach den hier gewählten Kriterien gleichwertige Elektromodelle in der Anschaffung knapp 30% teurer sind als Dieselfahrzeuge und über 40% teurer als Benziner. Durch die Umweltprämie wird dieser Unterschied bereits deutlich abgemildert. Der Aufpreis für den Elektroantrieb beträgt gegenüber dem Dieselmotor dann nur noch 16%. Zudem ist die Signifikanz des Koeffizienten auf einen p-Wert von 0,07 gesunken, so dass nur noch bei einem Signifikanzniveau von 10 % von einem signifikanten Unterschied gesprochen werden kann. Gegenüber dem Benzinmotor beträgt der Preisaufschlag mit Prämie noch knapp 30%. Bezieht man in die Anschaffungskosten neben der Umweltprämie auch die zehnjährige Steuerbefreiung mit ein, so besteht kein signifikanter Unterschied mehr zwischen vergleichbaren Fahrzeugen mit Elektroantrieb und Dieselmotor. Der Aufschlag in den Anschaffungskosten gegenüber einem Benziner liegt dann für ein Elektrofahrzeug bei rund einem Viertel.

Tabelle 6: Die Ergebnisse der gewichteten Kleinst-Quadrate-Schätzungen auf den Neuwagenpreis mit Berücksichtigung von Umweltprämie und Kfz-Steuerbefreiung

Modelle	Bruttolistenpreis		Bruttolistenpreis und Umweltprämie		Bruttolistenpreis, Umweltprämie und Kfz-Steuer	
	Koeffizienten	p-Wert des t-Tests	Koeffizienten	p-Wert des t-Tests	Koeffizienten	p-Wert des t-Tests
Regressoren						
Elektro	0,288	0,001	0,157	0,077	0,091	0,302
Benzin	-0,138	0,000	-0,138	0,000	-0,172	0,000
Höchstgeschwindigkeit						
zwischen 200 und 250 km/h	0,072	0,000	0,072	0,000	0,071	0,000
250 km/h und mehr	0,316	0,000	0,315	0,000	0,316	0,000
Ausstattungs­möglichkeiten	0,027	0,000	0,027	0,000	0,026	0,000
ADAC-Testnote	-0,105	0,000	-0,105	0,000	-0,090	0,001
Beschleunigung	-0,050	0,000	-0,050	0,000	-0,051	0,000
Kofferraumvolumen	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000
7-Sitzer	0,073	0,002	0,073	0,002	0,074	0,002
Hoher Einstieg	0,048	0,010	0,048	0,010	0,053	0,004
SUV	0,142	0,000	0,142	0,000	0,148	0,000
Automatik	0,099	0,000	0,099	0,000	0,097	0,000
Allrad	0,102	0,000	0,102	0,000	0,108	0,000
Regensensor	0,118	0,000	0,118	0,000	0,114	0,000
Parkassistent	0,104	0,074	0,104	0,074	0,096	0,097
Navigation	0,106	0,000	0,106	0,000	0,104	0,000
Xenon-Scheinwerfer	0,108	0,000	0,108	0,000	0,107	0,000
LED-Scheinwerfer	0,056	0,030	0,056	0,029	0,055	0,034
City-Notbremsassistent	0,068	0,000	0,068	0,000	0,064	0,000
Konstante	0,068	0,001	0,068	0,001	0,064	0,003
Anzahl Beobachtungen	783		783		783	
Adj. R ²	0,880		0,880		0,884	

Der Breusch/Pagan-Test auf Heteroskedastie hat bei allen drei Modellen Homoskedastie ausgewiesen. Mit Neuzulassung gewichtete Kleinst-Quadrate-Schätzung, semi-log Form.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die ausgewählten Einflussgrößen einen signifikanten Einfluss auf die Neuwagenpreise haben und rund 88% der Preisvariation erklären können. Ohne staatliche Unterstützung sind vergleichbare Elektrofahrzeuge signifikant teurer als Diesel- und Benzinfahrzeuge. Die staatlichen Subventionen in Form von Umweltprämie und Kfz-Steuerbefreiung reduzieren den Unterschied jedoch deutlich und stellen die Anschaffungskosten für Diesel- und Elektrofahrzeuge auf ein Niveau.

6 Schätzungen zu den Verbrauchskosten

Die bisherige Analyse berücksichtigt nur die Anschaffungskosten und Steuerbelastung der Fahrzeuge, nicht jedoch weitere laufende Kosten der Haltung der Fahrzeuge. Hier sind insbesondere Treibstoff- bzw. Stromkosten, Versicherung und Wartungskosten zu nennen. Die Art des Motors dürfte kein wichtiges Kriterium für Unfallrisiken sein, so dass zumindest in der verpflichtenden Kfz-Haftpflicht keine signifikanten Unterschiede zu erwarten sind.

Die Wartungskosten für Elektroautos dürften dagegen deutlich unter denen von Diesel- und Benzinmotoren liegen, da sie in ihrer Konstruktion wesentlich einfacher als ein Verbrennungsmotor sind. Propfe (2016, S.118) zeigt in Simulationsrechnungen, dass die Instandhaltungskosten von reinen Elektrofahrzeugen gegenüber Verbrennungsmotoren deutlich geringer sind. Er schätzt die Unterschiede auf eine Bandbreite von 13 Prozent für große Fahrzeuge bis 30 Prozent für kleine Automobile. Allerdings dürften bei potenziellen Käufern Unsicherheiten bezüglich der Haltbarkeit der Batterie und einem möglichen Nachlassen der Ladekapazität mit zunehmenden Ladevorgängen bestehen.

Auch die im Vergleich zu Benzin und Diesel geringeren Kosten von Strom könnten die Haltungskosten von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu herkömmlichen Motoren senken. Während Wartungs- und Versicherungskosten mit der hier verwendeten Stichprobe kaum analysiert werden können, kann das oben vorgestellte Schätzmodell auch dazu dienen, den Verbrauch der Fahrzeuge im Datensatz zu analysieren. Dafür werden die Verbrauchskosten als abhängige Variable verwendet und das obige Modell erneut mit gewichteten Kleinst-Quadraten geschätzt.¹⁴

Die abhängige Variable der Verbrauchskosten in Euro pro 100 km wird nach folgender Formel berechnet, wobei i für Benzin, Diesel und Strom steht:

$$\text{Verbrauchskosten}_i = \text{Verbrauch}_{NEFZ}_i \cdot \text{Preis}_i$$

Die Ermittlung der Verbrauchskosten ist dabei nicht eindeutig. Zum einen variieren die Preise für Benzin und Diesel stark über die Zeit. Zum anderen hängt der Strom- bzw. Treibstoffverbrauch auch stark von der Fahrweise ab. Beispielsweise ist ein Diesel bei mäßigem Tempo auf der Autobahn sehr sparsam, schluckt aber viel Sprit im Stadtverkehr. Beim Elektromotor mit der Möglichkeit zur Energierückgewinnung ist es tendenziell umgekehrt. Um eine gewisse Vergleichbarkeit zu erzielen, wird für die Berechnung der Verbrauchskosten die Angabe nach NEFZ verwendet. Die Verbrauchskosten beziehen sich auf jeweils 100 km. Wie Tabelle 2 zeigt, verbraucht in der Stichprobe ein durchschnittliches Benzinfahrzeug 5,7 l und ein Dieselfahrzeug 4,4 l. Der durchschnittliche Verbrauch eines Elektrofahrzeugs liegt bei 13,8 kWh.

¹⁴ Auch hier wird die Gewichtung vorgenommen, da zu vermuten ist, dass auch bei den NEFZ-Verbrauchszahlen die Anbieter mit größerem Marktanteil die Standards beeinflussen.

Bei der Berechnung der Kosten stellt die Variation der Diesel- und Benzinpreise über die Zeit ein Problem dar. Um diese zumindest ansatzweise abzubilden, wird das Modell mit unterschiedlichen Verbrauchsvariablen geschätzt. In der ersten Variante werden die durchschnittlichen Preise des vergleichsweise günstigen Jahres 2016 verwendet. Die zweite Berechnung basiert auf den durchschnittlichen Preisen für 2014 bis 2016. Die Angaben zu Benzin- und Dieselpreisen stammen dabei aus den Angaben des ADAC zur Entwicklung der jährlichen Durchschnittspreise für Kraftstoffe seit 1950.¹⁵ Zur Berechnung der Stromkosten werden die halbjährlichen Angaben der Energiepreisstatistik von Eurostat für private Haushalte mit einem Jahresverbrauch von 2.500 kWh bis unter 5.000 kWh verwendet.¹⁶

Tabelle 7: Die Ergebnisse der gewichteten Kleinst-Quadrate-Schätzungen auf den Verbrauch

Verbrauchskosten in € pro 100 km	2016		2014-2016	
	Koeffizienten	p-Wert des t-Tests	Koeffizienten	p-Wert des t-Tests
Elektro	-0,063	0,007	-0,177	0,000
Benzin	0,443	0,000	0,394	0,000
Höchstgeschwindigkeit				
zwischen 200 und 250 km/h	0,019	0,129	0,019	0,129
250 km/h und mehr	0,146	0,000	0,146	0,000
ADAC-Testnote	0,075	0,000	0,075	0,000
Beschleunigung	-0,022	0,000	-0,022	0,000
Kofferraumvolumen	0,000	0,000	0,000	0,000
7-Sitzer	0,079	0,000	0,079	0,000
Hoher Einstieg	0,055	0,001	0,055	0,001
SUV	0,117	0,000	0,117	0,000
Automatik	0,028	0,002	0,028	0,002
Allrad	0,151	0,000	0,151	0,000
Konstante	1,380	0,000	1,492	0,000
Anzahl Beobachtungen	783		783	
Adj. R ²	0,870		0,851	
Breusch/Pagan Teststatistik	7,130		6,840	
Abhängige Variable: Durchschnittliche Verbrauchskosten auf 100 km. Heteroskedastie-robuste Standardfehler. Mit Neuzulassung gewichtete Kleinst-Quadrate-Schätzung, semi-log Form.				

¹⁵ Quelle: <https://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/kraftstoffpreise/kraftstoff-durchschnittspreise/default.aspx?ComponentId=51587&SourcePageId=185107>

¹⁶ Die Statistik endet am aktuellen Rand mit dem ersten Halbjahr 2016.

Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse des Schätzmodells für jeweils beide Zeiträume. Da davon auszugehen ist, dass Unterschiede in der Ausstattung wie Art der Beleuchtung oder Navigation keinen Einfluss auf den Verbrauch haben, wurden sie aus der Regression entfernt. Insgesamt ist der Erklärungsgehalt mit einem angepassten R^2 von 0,85 bzw. 0,87 recht hoch. Die Koeffizienten haben das erwartete Vorzeichen und sind signifikant mit Ausnahme der Dummy für Fahrzeuge mit einer Höchstgeschwindigkeit zwischen 200 und 250 km/h. Das Elektrofahrzeug zeigt sich in der Schätzung als die kostengünstigste Variante im Verbrauch. Auch bei den vergleichsweise geringen Spritpreisen des Jahres 2016 sind die geschätzten Verbrauchskosten der Elektrofahrzeuge pro 100 km um rund 6% geringer als die der Dieselfahrzeuge und etwa 50% weniger als die der Benzinern. Legt man die Durchschnittspreise von 2014 bis 2016 zu Grunde, sind die Unterschiede noch deutlich höher.

7 Kritische Bewertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass sich Elektrofahrzeuge in ihrer Anschaffung und Besteuerung durch die staatliche Förderung kaum noch vom Dieselfahrzeug unterscheiden. In Verbrauch und Wartung dürfte das Elektrofahrzeug sogar deutlich günstiger als ein Dieselfahrzeug kommen. Gegenüber Benzinern besteht zwar auch nach staatlicher Förderung ein um ca. ein Viertel höherer Anschaffungspreis, die Einsparungen beim Verbrauch sind mit rund 50 % aber auch deutlich höher als gegenüber einem Dieselfahrzeug. Betrachtet man diese Ergebnisse, verwundert es doch, dass die Einführung der Umweltprämie und die Befreiung von der Kfz-Steuer bisher so wenig Wirkung gezeigt haben. Es muss also nach weiteren Gründen gesucht werden, die vom Kauf eines Elektrofahrzeugs abhalten.

7.1 Unsicherheiten bezüglich Abschreibung

Anders als der ADAC (2017) in seinen Vergleichsrechnungen, werden Abschreibungen aufgrund der großen Unsicherheiten nicht in diese Analyse einbezogen. Es gibt keine gesicherten Erkenntnisse über den Wertverlust von batterieelektrischen Fahrzeugen (Propfe, 2016, S.26). Es könnte aber sein, dass der Wertverlust von neuen Elektrofahrzeugen von den Verbrauchern höher eingeschätzt wird als bei herkömmlicher Motortechnik. Ein Grund könnten Unsicherheiten über die Haltbarkeit der Batterien und der Akkuladepkapazität sowie die Erwartung rascher technischer Neuerungen sein.

Auch wenn die meisten Hersteller bei den Batterien vergleichsweise großzügige Garantien über mehrere Jahre und bis 100.000 km und mehr anbieten, dürfte das praktische Erfahrungswissen fehlen. Allerdings bieten einige Hersteller wie beispielsweise Nissan oder Renault auch an, die Batterie zu mieten und übernehmen damit das Risiko eines vorzeitigen Batterieausfalls.

Ein wichtiger weiterer Grund für die derzeitige Zurückhaltung beim Kauf von Elektrofahrzeugen dürfte auch sein, dass auf dem Markt noch größere technische Neuerungen hinsichtlich Reichweite und Kostenersparnis bei den Batterien erwartet werden. 2016 haben beispielsweise BMW und Renault höhere Batteriekapazitäten für ihre Modelle mit deutlich höheren Reichweiten von bis zu 300 km bzw. 400 km ins Programm genommen. Zudem wurden im Herbst 2016 für den Frühling der neue Opel Ampera mit 520 km Reichweite nach NEFZ und der

neue e-Golf von VW mit einer Reichweite von 300 km nach NEFZ angekündigt. Andere Hersteller haben ebenfalls neue Modelle mit größeren Reichweiten für die nächsten Jahre geplant. Sollte tatsächlich eine rasche technologische Entwicklung stattfinden, ist zu erwarten, dass der Wertverlust der älteren Modelle beträchtlich sein wird. Dies könnte einige Käufer davon abhalten, derzeit ein Elektrofahrzeug zu wählen.

Andererseits hat vermutlich auch bei den Diesel- und Benzinfahrzeugen die Unsicherheit über die künftige Wertentwicklung zugenommen. Sollte sich der Elektroantrieb – wie von der Bundesregierung gewünscht und gefördert – in den kommenden Jahren verstärkt durchsetzen, könnte der Wiederverkaufswert von Fahrzeugen mit herkömmlichen Motoren sinken. Der Dieselantrieb gerät schon jetzt durch die Kritik an mangelnder Filtertechnik und die Ankündigung von Fahrverboten unter Druck.

7.2 Geringe Reichweiten und fehlende Lademöglichkeiten

Der Elektromotor hat ein grundsätzlich anderes Konzept als herkömmliche Motoren. Das Tanken wird durch die Aufladung des Akkus ersetzt, was wesentlich länger dauert. Auch die Reichweite ist bei Elektroautos geringer als bei Diesel- oder Benzinfahrzeugen. Der Vorteil ist jedoch, dass das Auto jeden Abend an der eigenen Ladestation aufgeladen werden kann und dann morgens frisch „getankt“ zu Verfügung steht. Dies setzt jedoch voraus, dass ein eigener Stellplatz mit Lademöglichkeit zur Verfügung steht. Gerade in den Städten dürften nur wenige Automobilbesitzer diese Möglichkeit haben. Öffentliche Ladestationen sind nach wie vor knapp und aufgrund der im Vergleich zum Tanken langen Ladezeit keine tägliche Alternative. Anreize zum Kauf von Elektrofahrzeugen könnten hier durch Lademöglichkeiten auf Firmenparkplätzen oder an Park & Ride Parkplätzen geschaffen werden.

Die kürzere Reichweite der Elektroautos an sich scheint dagegen eher weniger problematisch zu sein. Die Bundeszentrale für politische Bildung zeigt in ihrem Datenreport 2016 (Kapitel 11), dass die durchschnittliche Tagesstrecke von mobilen Personen 2013 gerade 45 km betrug. Das wäre für keines der Elektrofahrzeuge in der Stichprobe ein Problem. Selbst bei den Berufspendlern waren 2013 nur 4% Fernpendler mit einfachen Strecken von 50 km oder mehr. Es ist aber dennoch davon auszugehen, dass Reichweitenangst ein Hinderungsgrund für den Kauf von Elektrofahrzeugen ist. Zum einen ist bekannt, dass die Reichweite nach NEFZ nur unter sehr günstigen Bedingungen erreicht werden kann und realistischere Werte können von vielen noch nicht eingeschätzt werden. Zum anderen ist bei längeren Fahrten wie beispielsweise Urlaubsreisen oder Wochenendtrips ein Laden außerhalb der eigenen Ladestation notwendig. Die entsprechende Ladeinfrastruktur fehlt aber noch.¹⁷

¹⁷ Siehe zum Stand der Ladeinfrastruktur in Deutschland auch den Statusbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (2015)

7.3 Fehlende Modellauswahl

Die geringe Nachfrage nach Elektrofahrzeugen könnte auch in der geringen Modellauswahl begründet sein. Laut ADAC-Autodatenbank stehen auf dem deutschen Markt den rund 700 Modellen mit herkömmlichem Antrieb¹⁸ nur 28 reine Elektromodelle gegenüber.

8 Fazit

Diese Studie bestätigt, dass vergleichbare Elektrofahrzeuge im Anschaffungspreis deutlich teurer als vergleichbare Neuwagentypen mit Verbrennungsmotor sind. Allerdings hat die Bundesregierung mit der 10-jährigen Kfz-Steuerbefreiung für Elektroautos und der Umweltprämie auf den Bruttolistenpreis deutliche Kaufanreize gesetzt. Die Schätzungen zeigen, dass unter Berücksichtigung dieser beiden Maßnahmen die Anschaffungskosten unter Berücksichtigung der Steuererleichterung eines Elektroautos ungefähr auf dem Niveau eines vergleichbaren Dieselfahrzeugs liegen. Eine weitere Anwendung des Modells auf die Verbrauchskosten bestätigt zudem, dass Elektrofahrzeuge aufgrund der günstigeren Strompreise deutlich geringere Verbrauchskosten aufweisen. Auch die Wartungskosten dürften deutlich günstiger sein als bei Diesel- oder Benzinautos. Dennoch wurde die Umweltprämie im Jahr 2016 kaum in Anspruch genommen. Verschiedene Gründe wie Unsicherheiten über Haltbarkeit, Wiederverkaufswert, Reichweite oder Lademöglichkeiten könnten hier eine Rolle spielen.

¹⁸ Ohne Hybrid- und Gasantrieb.

Literaturverzeichnis

- ADAC (2017): Was kosten die neuen Antriebformen? Kostenvergleich E-Fahrzeuge und Plug_in Hybride gegen Benziner und Diesel, Stand 1/2017, https://www.adac.de/_mmm/pdf/E-AutosVergleich_260562.pdf abgerufen am 20.2.2017.
- Amtsblatt der Europäischen Union (2012): Regelung Nr. 101 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE).
- Alberini A., Bareit, M und Filippini, M. (2014): Does the Swiss Car Market Reward Fuel Efficient Cars? Evidence from Hedonic Pricing Regressions, a Regression Discontinuity Design, and Matching. Nota di Lavoro 16.2014, Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Baltas, G. und C. Saridakis (2010): Measuring Brand Equity in the Car Market: A Hedonic Price Analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 61, S. 284-293.
- Biere, D., Dallinger, D. und M. Wietschel (2009): Ökonomische Analyse der Erstnutzer von Elektrofahrzeugen. *ZfE Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 2, S. 173 – 181.
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2017): Elektromobilität (Umweltbonus). Zwischenbilanz zum Antragstand vom 31. Januar 2017.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Elektromobilität – Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter, Juni 2011.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen (Umweltbonus), Bundesanzeiger, 29. Juni 2016.
- Bundeszentrale für politische Bildung (2016): Datenreport 2016. Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Hrsg.: Statistisches Bundesamt und Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Bonn.
- Diewert, E. (2003): Hedonic Regressions: A Review of Some Unresolved Issues. *Proceedings of the 7th Meeting of the Ottawa Group*, Paris, May 27-29, S. 1-43.
- Fetcherin, M und M. Toncar (2009): Valuating Brand Equity and Product Related Attributes in the Context of the German Automobile Market. *Journal of Brand Management* 17 (2), SS. 134-145.
- Griliches, Z. (1971): Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change. In Griliches, Z., *Price Indexes and Quality Change. Studies in New Methods of Measurement*, S. 3 – 87, Harvard University Press, Cambridge.
- Helms, H., Jöhrens, J., Hanusch, J., Höpfner, U., Lambrecht, U. und M. Pehnt (2011): Umweltbilanzen Elektromobilität. Wissenschaftlicher Grundlagenbericht. Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

- Helms, H., Jöhrens, J., Kämper, C., Giegrich, J., Liebich, A., Vogt, R. und U. Lambrecht (2015): Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. Endbericht, Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- Hoffmann, J. und C. Kurz (2009): A rental equivalence index for owner occupied housing in West Germany. In W. Erwin Diewert, Bert M. Balk, Dennis Fixler, Kevin J. Fox and Alice O. Nakamura (editors): Price and Productivity Measurement: Volume 1 – Housing, Trafford Press.
- Kihm A. und Vance, C. (2014): The Determinants of Equity Transmission Between the New and Used Car Markets – A Hedonic Analysis. Ruhr Economic Papers #521, RWI.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2017): Neuzulassungen von Personenkraftwagen im Dezember 2016 nach Marken und Modellreihen. Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/2016/201612GV1monatlich/201612_node.html;jsessionid=0FC6A31013C5E7F6E763BFDEAC2EEA4.live11294 abgerufen am 20.2.2017.
- Nationale Plattform Elektromobilität (2015): Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015, http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG3_Statusbericht_LIS_2015_bar_bf.pdf.
- Propfe, B. (2016): Marktpotentiale elektrifizierter Fahrzeugkonzepte unter Berücksichtigung von technischen, politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen. Dissertation, Universitätsbibliothek der Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Richter, J. und D. Lindenberger (2010): Potenziale der Elektromobilität bis 2050. Eine szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit, Umweltauswirkungen und Systemintegration. Endbericht 2010, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln.
- Rosen, S. (1974): Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. The Journal of Political Economy, Vol. 82, No.1, S. 34-55.
- VCD (2015): VCD-Auto-Umweltliste, Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD), <https://www.vcd.org/themen/auto-umwelt/vcd-auto-umweltliste/> abgerufen am 6.10.2016.
- Wellbrock P. et al. (2011): Bewertung der CO₂-Emissionen von Elektrofahrzeugen – Stand der wissenschaftlichen Debatte. Bericht im Rahmen der Begleitforschung zur Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg, Bremer Energie Institut.
- Wietschel, M., Plötz, P., Kühn, A. und T. Gnann (2013): Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung isi.