



Bachelorarbeit

Internationale Betriebswirtschaft (IBW)

Die Diffusion von Elektroautos in Deutschland

Marktanalyse und Prognose zur Verbreitung von Elektroautos in Deutschland

Erstbetreuer: Prof. Dr. Paul Taylor

Zweitbetreuer: Prof. Dr. Niels Behrmann

Vorgelegt am: 09.02.2018

Vorgelegt von: Felix Ehinger (MatrNr: 246215)

Englischer Titel:

The diffusion of electric cars in Germany

A market analysis and projection of the diffusion of electric cars in Germany

Kurzfassung

Die Frage ob das Elektroauto mittelfristig den Verbrenner in Deutschland ablösen wird beschäftigt momentan Politik und Medien. Aktuell stellen Elektroautos trotz staatlicher Förderung noch ein Nischenprodukt am deutschen Pkw-Markt dar. Die vorliegende Arbeit untersucht innerhalb einer ausführlichen Marktanalyse von Sekundärdaten ob und gegebenenfalls wann Elektroautos in Deutschland den Massenmarkt ansprechen werden. Hierzu wird der deutsche Pkw-Markt mithilfe von Modellen der Diffusionsforschung untersucht. Ziel der Diffusionsforschung ist es, die Verbreitung einer Innovation am Markt im Zeitverlauf zu beschreiben und zu erklären. Es wird dabei herausgearbeitet: welche Käufer Elektroautos momentan ansprechen, welche Faktoren erfüllt sein müssen, dass sich Elektroautos am Massenmarkt in Deutschland durchsetzen können und welche Faktoren den Verlauf der Verbreitung von Elektroautos in Deutschland in Zukunft beeinflussen werden. Aus Basis der gewonnen Erkenntnisse wird schließlich eine Prognose zur zukünftigen Verbreitung von Elektroautos in Deutschland erstellt.

Abstract

The question if electric cars will be able to replace cars using a combustion engine within the next few years is frequently discussed by politics and media alike. Despite being subsidized by the state electric cars are currently still a niche product in Germany. This paper conducts a market analysis based on secondary data of the German electric car market. Its goal is to determine whether electric cars have the potential to reach the mass market in Germany and if so, when this will be the case. To achieve this the German car market is examined using the theory of the diffusion of innovations. A concept that seeks to explain how an innovation is adopted by a market over the course of time. Using this theory, it is evaluated who the current buyers of electric cars are, which conditions must be fulfilled so that electric cars could potentially appeal to the mass market and which factors will affect their diffusion in the future. Based on the gained information a projection of the future course of the diffusion is created.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorstehende Arbeit selbständig verfasst und hierzu keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß aus fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form in keinem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt oder an anderer Stelle veröffentlicht.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben kann.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ehinger', written over a horizontal line.

Felix Ehinger

Singen, den 07.02.2018

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Hintergrund	1
1.2 Relevanz der Arbeit	2
1.3 Bisherige Forschung.....	2
2. Theoretische Grundlagen und Herleitung der Methodik.....	3
2.1 Die Diffusions- und Adoptionsforschung.....	3
2.2 Einflussfaktoren der Diffusion	5
2.3 Rahmen der Untersuchung	5
2.4 Methodik	6
3. Aktueller Stand der Diffusion	8
3.1 Marktpotential der Elektromobilität	8
3.2 Marktentwicklung der Elektromobilität	9
3.3 Der Produktlebenszyklus	11
3.4 Einordnung der Elektromobilität in den Produktlebenszyklus und Definition der kritischen Masse	12
4. Analyse Endogener Einflussfaktoren	13
4.1 Adopterbezogene Einflussfaktoren.....	13
4.1.1 Allgemeine Adoptionskriterien für Pkw	13
4.1.2 Adoptionskriterien für Elektroautos.....	14
4.1.3 Nutzer von Elektrofahrzeugen.....	15
4.1.4 Laden von Elektroautos	16
4.1.5 Schlussfolgerung.....	20
4.2 Produktebezogene Einflussfaktoren	22
4.2.1 Staatliche Förderung von Elektrofahrzeugen.....	22

4.2.2	Wahrgenommene Eigenschaften einer Innovation	22
4.2.2	Nachteile von Elektroautos im Vergleich zum Verbrenner	25
4.2.3	Vorteile von Elektroautos im Vergleich zum Verbrenner	29
4.2.4	Verfügbare Modelle.....	31
4.2.5	Wahrgenommene Eigenschaften von Elektroautos.....	37
4.2.6	Schlussfolgerung.....	41
5.	Exogene Faktoren	43
5.1	Umweltbezogene Faktoren	43
5.1.1	Politische und rechtliche Rahmenbedingungen in Deutschland.....	43
5.1.2	Internationales Umfeld.....	44
5.1.3	Entwicklung der öffentlichen Ladeinfrastruktur	51
5.1.4	Technische Entwicklung	54
5.2	Anbieter- und Wettbewerbsbezogene Faktoren	57
5.2.1	Anbieterbezogene Faktoren.....	57
5.2.2	Wettbewerbsbezogene Faktoren.....	63
6.	Prognose und Fazit	66
6.1	Prognose zur zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität.....	66
6.1.1	Prognose auf Basis vom bisherigem Wachstum	66
6.1.2	Lead-lag Analysis.....	67
6.1.3	Schlussfolgerung und Vergleich mit bestehenden Prognosen.....	69
6.2	Fazit.....	72
7.	Literaturverzeichnis	75
8.	Anhang.....	95

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die S-Kurve (Karnowski 2014, S. 19)	4
Abbildung 2: Entwicklung der Neuzulassungen von Pkw in Deutschland.....	9
Abbildung 3: Der Produktlebenszyklus (Karnowski 2014, S. 21).....	11
Abbildung 4: Kriterien bei der Pkw-Kaufentscheidung	14
Abbildung 5: Die S-Kurve einer interaktiven Innovation.....	19
Abbildung 6: Marktanteil von Automarken an Pkw Neuzulassungen in Deutschland 2017	31
Abbildung 7: Marktanteil von Automarken am deutschen BEV-Markt 2017	32
Abbildung 8: Verfügbare Normalladeleistung aller 2017 am Markt zugelassenen BEV- Modelle.....	33
Abbildung 11: UVP aller 2017 am Markt verfügbaren PHEV-Modelle.....	35
Abbildung 9: Verfügbare Karosserieformen aller 2017 am Markt verfügbaren PHEV- Modelle.....	35
Abbildung 10: Marktanteil von Automarken am deutschen PHEV-Markt.....	35
Abbildung 12: Marktentwicklung der Elektromobilität in Deutschland in drei Phasen	43
Abbildung 13: Marktanteile einzelner Länder am weltweiten Elektroautoabsatz	44
Abbildung 14: Wachstum der Elektromobilität nach Region.....	45
Abbildung 15: Globale staatliche Förderung von Elektromobilität eingeteilt nach Land	46
Abbildung 16: Absatz von Elektroautos in der Volksrepublik China nach Modell 2017	49
Abbildung 17: Absatz von Pkw in der Volksrepublik China 2016 nach Marken.....	49
Abbildung 19: Verhältnis öffentlicher Ladeinfrastruktur zum elektrischen Fahrzeug- bestand.....	51
Abbildung 18: Wachstum öffentlicher Ladeinfrastruktur in Deutschland und Prognose bis 2021.....	51
Abbildung 20: Erwartungen zur Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien	54
Abbildung 21: Entwicklung der Preise von Lithium-Ionen Batterien	55
Abbildung 22: Weltweit führende Pkw-Hersteller 2016 nach Zulassungszahlen	63

Abbildung 23: Weltweit führende Hersteller von Elektroautos 2016 nach Absatz	63
Abbildung 24 : Prognose 1 auf Basis von bisherigem Wachstum in Deutschland	67
Abbildung 25: Prognose 2 auf Basis einer Lead-lag Analysis mit Norwegen als Vergleichsland	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aktuelle Studien zur Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien	55
Tabelle 2: Zukünftige Strategien im Bereich der Elektromobilität der fünf global führenden Pkw-Hersteller hinter VW.....	64

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Elektrifizierung von Pkw wird in Deutschland kontrovers diskutiert. Regelmäßig steht die Frage im Raum ob die Elektromobilität marktreif ist und ob sie den Verbrennungsmotor als bevorzugte Antriebsart in Deutschland ablösen kann.

Trotz staatlicher Förderung in Form des Umweltbonus und der Befreiung von der KFZ-Steuer (vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle 2016; § 3 d Kraftfahrzeugsteuergesetz) ist die Elektromobilität momentan in Deutschland mit einem Anteil von 0,2% am Pkw-Gesamtbestand und einem Marktanteil von 1,5% an den Pkw-Neuzulassungen 2017 ein Nischenprodukt (goingelectric.de 2018; Kraftfahrtbundesamt 2017a, 2018b).

Argumente wie Reichweite und Ladezeiten eines Elektroautos sind nicht mit Verbrennern konkurrenzfähig, die öffentliche Ladeinfrastruktur ist nicht ausreichend ausgebaut oder die Herstellungs- und Anschaffungskosten eines Elektroautos sind zu hoch, werden regelmäßig gegen eine Massenmarktauglichkeit von Elektroautos angeführt. Studien gehen allerdings davon aus, dass sich die Elektromobilität innerhalb der nächsten 20 Jahre global als primäre Antriebsart von Pkw durchsetzt (vgl. Bloomberg New Energy Finance 2017; Hannon et al. 2016, S. 30–48).

Ziel dieser Arbeit ist es mithilfe einer ausführlichen Marktstudie, im Rahmen einer Sekundäranalyse des deutschen Automarkts, die Frage zu beantworten, ob sich voll-elektrisch angetriebene Pkw in Zukunft in Deutschland am Massenmarkt durchsetzen können und welche Faktoren hierfür erfüllt sein müssen. Die aktuelle Entwicklung der Elektromobilität wird dabei mithilfe von Modellen der Diffusionsforschung untersucht. Die Diffusionsforschung untersucht wann und warum sich Innovationen innerhalb eines Marktes ausbreiten (vgl. Rogers 2003, S. 5–25; Karnowski 2014, S. 11–13).

1.2 Relevanz der Arbeit

Für Unternehmen könnte die Studie bei der strategischen Planung des Produktportfolios und der zukünftigen Marketingstrategie hilfreich sein, da hier die Marktentwicklung der Elektromobilität und ihrer potentiellen Nutzergruppen dargestellt wird. Dabei können neben Autobauern auch Unternehmen aus andere Teilen der Wertschöpfung, wie beispielsweise Energieversorger, Hersteller von Ladeinfrastruktur, Zulieferer von Autoherstellern und Autohäuser von den Ergebnissen dieser Studie profitieren. Aus wissenschaftlicher Sicht kann überprüft werden, inwieweit Modelle der Diffusionsforschung für Prognosen genutzt werden können. Die Mehrheit der Studien im Bereich der Diffusionsforschung wurden bisher ex-post durchgeführt. Im Bereich von Prognosemodellen ist der wissenschaftliche Kenntnisstand noch unzureichend.

1.3 Bisherige Forschung

Aktuelle Prognosen zur Marktentwicklung der Elektromobilität untersuchen vor allem den globalen Verlauf des Absatzes (Bloomberg New Energy Finance 2017; International Energy Agency 2017; Hannon et al. 2016; AlixPartners 2016). Studien die speziell den deutschen Markt untersuchen, sind größtenteils veraltet und spiegeln nicht mehr die aktuellen Bedingungen des Marktes wieder (vgl. Plötz et al. 2014; Liesenkötter und Schewe 2014; Lindenberger et al. 2010). Eine Arbeit, welche Modelle der Diffusionsforschung zur Prognose der Marktentwicklung nutzt, konnte nicht gefunden werden. Dudenhöffer führte ein Vergleich des bisherigen Standes der Marktentwicklung und der Akzeptanz von Elektromobilität zwischen der Volksrepublik China und Deutschland durch. Hierzu wurden Modelle der Diffusionsforschung genutzt. Eine Prognose wurde allerdings nicht erstellt (vgl. Dudenhöffer 2015). Die Ergebnisse der Arbeit entsprechen zudem nicht mehr der aktuellen Marktsituation in Deutschland, da der Markt momentan einer hohen Dynamik ausgesetzt ist.

2. Theoretische Grundlagen und Herleitung der Methodik

2.1 Die Diffusions- und Adoptionsforschung

Die Diffusions- und Adoptionsforschung untersucht wann und warum Innovationen übernommen werden. Die Adoptionsforschung untersucht den Übernahmeprozess bei einem Individuum und dessen Motive und Hintergründe. Die Übernahme einer Innovation durch ein Individuum bezeichnet man auch als Adoption. Der Begriff der Diffusion beschreibt die Summe aller Adoptionen am Markt im Zeitverlauf. Die Diffusionsforschung untersucht also Verbreitung einer Innovation am Markt auf Systemebene (Rogers 2003, S. 5–25). Die individuelle Übernahmeentscheidung ist nicht Schwerpunkt dieser Untersuchung.

Zwischen dem ersten Kontakt mit einer Innovation und der Übernahme oder Ablehnung durchläuft jedes Individuum einen Entscheidungsprozess. Innerhalb dieses Prozesses soll die wahrgenommene Unsicherheit gegenüber der Adoption reduziert werden. Diese entsteht dadurch, dass beurteilt werden muss ob die Adoption der Innovation sinnvoll ist oder nicht. Hierzu wird Wissen zur Innovation gesammelt, welches für oder gegen eine Übernahme spricht. (Schmidt 2009, S. 19–26).

Die Diffusionsforschung untersucht die Dynamik dieses Prozesses innerhalb eines abgegrenzten sozialen Systems (Rogers 2003, S. 272–275). Ein soziales System ist einen Verbund von Individuen, welche ein gemeinsames Interesse oder ein gemeinsames Ziel verfolgen und sich hierzu institutionell oder informell zusammengeschlossen haben. Es kann auch mehrere Subsysteme beinhalten. So bildet ein Land ein soziales System ab, ein Unternehmen oder Haushalt jedoch auch. Das soziale System beeinflusst, durch Normen und Werte die es vorgibt, seine Mitglieder indirekt in Ihrer Adoptionsentscheidung (Rogers 2003, S. 5–25). Mit zunehmender Übernahme durch die Mitglieder des sozialen Systems wächst der Druck auf ein Individuum zur Adoption oder Ablehnung der Innovation (Dudenhöffer 2015, S.96).

Stellt man die Diffusion einer Innovation im sozialen System als Kurve dar, ergibt sich eine S-Form (Rogers 2003, S. 272). Die Steigung der Kurve beschreibt die „Adoptionsrate“, also die Summe der Adaptionen zum jeweiligen Zeitpunkt innerhalb des sozialen Systems. Der Verlauf der S-Kurve trifft nur auf Innovationen zu, welche sich erfolgreich am Markt durchsetzen. (Rogers 2003, S. 272–275)

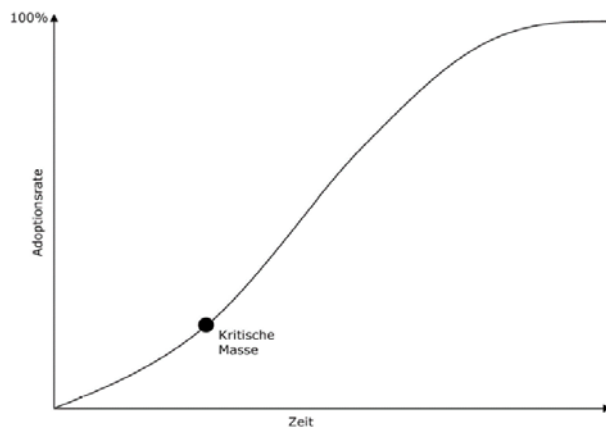


Abbildung 1: Die S-Kurve (Karnowski 2014, S. 19)

Die sogenannte kritische Masse oder der Takeoff (Dudenhöffer 2015, S.96) beschreibt einen Punkt in der S-Kurve, ab welchem genügend Individuen die Innovation übernommen haben, dass sie sich selbständig im sozialen System weiterverbreitet (Rogers 2003, S. 343–354).

In der Anfangsphase muss die Diffusion noch durch externe Einflussträger wie Anbieter der Innovation oder andere Institutionen, welche an der Verbreitung der Innovation interessiert sind, unterstützt werden (Rogers 2003, S. 343–354).

Mit dem Erreichen der kritischen Masse verselbständigt sich der Prozess der Wissensverbreitung (Rogers 2003, S. 343–354). Die Innovation verbreitet sich nun über „interpersonelle Kanäle“, also durch den persönlichen, direkten Austausch der Mitglieder des sozialen Systems untereinander (Rogers 2003, S. 204–205). Hierfür muss eine ausreichende Anzahl sogenannter „Meinungsführer“ erreicht sein. Meinungsführer sind Individuen welche eine besonders starke Position im sozialen System einnehmen. Sie werden von anderen Mitgliedern des sozialen Systems als Vorbilder für die Adoption von Innovationen angesehen. Mit Erreichen der kritischen Masse haben genügend Meinungsführer die Innovation übernommen, so dass diese die Innovation im sozialen System weiterverbreiten (Rogers 2003, 28-29,308-330,388). Ab diesem Punkt ist eine extreme Steigerung der Adoptionsrate im Zeitverlauf erkennbar (Karnowski 2014, S.11).

2.2 Einflussfaktoren der Diffusion

Die Diffusion einer Innovation wird durch endogene und exogene Einflussfaktoren beeinflusst (Schmidt 2009, S. 19–20). Endogene Einflussfaktoren wirken sich direkt auf die Adoptionsentscheidung eines Individuums aus. Sie können in produkt- und adoptorbezogene Einflussfaktoren eingeteilt werden. Produktbezogene Einflussfaktoren beschreiben die Merkmale einer Innovation, die die Mitglieder eines sozialen Systems in ihrer Adoptionsentscheidung beeinflussen. Adoptorbezogene Einflussfaktoren beschreiben die Eigenschaften der Mitglieder eines sozialen Systems, die Einfluss auf deren Adoptionsentscheidung haben (Schmidt 2009, 19-25,91-92).

Exogene Einflussfaktoren haben indirekt Einfluss auf den Ablauf der Diffusion. Sie beschreiben gewissermaßen deren Rahmenbedingungen. Sie können in umweltbezogene und anbieter- und wettbewerbsbezogene Einflussfaktoren eingeteilt werden. Umweltbezogene Einflussfaktoren beschreiben wie das soziale System, das politische und rechtliche Umfeld und die wirtschaftliche und technologische Entwicklung die Diffusion beeinflussen (Schmidt 2009, S. 44). Anbieter- und wettbewerbsbezogene Einflussfaktoren beschreiben, wie Entscheidungen der Anbieter der Innovation und deren Wettbewerb untereinander, sich auf die Diffusion auswirken (Schmidt 2009, 19-25,91-92). Eine klare Einteilung der Einflussfaktoren in die einzelnen Kategorien ist nicht immer möglich und es kann zu Überschneidungen kommen.

2.3 Rahmen der Untersuchung

In dieser Arbeit wird die Diffusion elektrisch angetriebener Pkw in Deutschland untersucht. Den Rahmen des sozialen Systems bildet also die Bundesrepublik Deutschland. Andere elektrisch angetriebene Fahrzeuge wie Lkw oder Zweiräder sind nicht Teil der Untersuchung. Primär steht der Privatkonsument im Fokus, Gewerbe wird nicht gesondert betrachtet. Der Begriff Elektromobilität bezeichnet Fahrzeuge, welche direkt durch einen batteriegespeisten Elektromotor angetrieben werden und extern über das Stromnetz aufladbar sind. Im Pkw-Bereich fallen unter diese Definition sogenannte BEV („Battery Electric Vehicle) und PHEV („Plug-In Hybrid Electric Vehicle“) (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2017a).

Ein BEV ist ein batteriegespeistes, voll-elektrisch angetriebenes Fahrzeug (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2017a). Ein PHEV ist ein Hybridfahrzeug, welches sowohl über einen Verbrennungsmotor, als auch einen Elektromotor verfügt. Beide Motoren sind unabhängig voneinander in der Lage das Fahrzeug direkt anzutreiben. Der Grundgedanke hinter dem PHEV ist es kürzere, alltägliche Strecken mithilfe des Elektromotors zurückzulegen und bei langen Strecken auf den Benzinmotor zurückzugreifen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2017a). Andere Hybridantriebe wie Full-, Mild- und Microhybrid fallen nicht unter die hier angewendete Definition von Elektromobilität, da diese Antriebe nicht extern über das Stromnetz aufladbar sind (Mennekes GmbH & Co. KG o.J.). Der Begriff Elektromobilität bezeichnet hier also BEVs und PHEVs. Ziel der Diffusion ist eine Vollelektrifizierung der Pkw in Deutschland. PHEVs werden daher als Übergangstechnologie betrachtet. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf BEVs.

2.4 Methodik

Die Prognose des Ablaufs eines Diffusionsprozesses wird auch als Akzeptanzforschung bezeichnet. In der Akzeptanzforschung sollen die Eigenschaften, die Innovation und Marktumfeld erfüllen müssen damit die Diffusion erfolgreich abläuft, herausgearbeitet werden. Besonderer im Fokus stehen dabei die Kriterien, welche erfüllt sein müssen, dass eine kritische Masse an Nutzern erreicht wird (Rogers 2003, S. 227). Die kritische Masse stellt den Punkt dar, ab welchem die Innovation den Massenmarkt erreicht hat. Hieraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- 1. Wo steht die Elektromobilität momentan im Verhältnis zum Gesamtautomarkt und welche Käufer spricht sie an?**
- 2. Welche Faktoren müssen erfüllt sein, dass die Elektromobilität eine kritische Masse an Nutzern in Deutschland erreicht?**
- 3. Welche Faktoren beeinflussen die zukünftige Entwicklung der Diffusion der Elektromobilität in Deutschland?**
- 4. Wann kann damit gerechnet werden, dass eine kritische Masse an Nutzern in Deutschland erreicht wird?**

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Beantwortung der jeweiligen Forschungsfrage beschrieben:

1: Unter der Annahme einer Vollelektrifizierung von Pkw in Deutschland, ergibt sich das Gesamtpotential der Elektromobilität am deutschen Markt aus der Anzahl zugelassener Pkw. Ordnet man die aktuelle Anzahl an zugelassenen Elektroautos im Verhältnis zu diesem Gesamtpotential ein, kann der aktuelle Stand der Diffusion beurteilt und eine Schätzung zur kritischen Masse abgegeben werden. Mithilfe des sogenannten Produktlebenszyklus wird anschließend beurteilt werden, welche Käufer die Elektromobilität momentan primär anspricht.

2 und 3: Endogene Einflussfaktoren beschreiben das aktuelle Verhältnis zwischen einer Innovation und ihren potentiellen Nutzern. Sie beschreiben also ob und warum die Mitglieder eines sozialen Systems eine Innovation zum gegebenen Zeitpunkt übernehmen oder nicht. Eine Analyse endogener Faktoren beschreibt also den momentanen Ist-Zustand der Diffusion einer Innovation. Dieses ist ein Resultat aus der Beeinflussung der Entwicklung der Diffusion durch exogene Faktoren. Durch eine Analyse der Entwicklung exogener Faktoren kann der zukünftige Verlauf der Diffusion einer Innovation prognostiziert werden. Deshalb werden erst die endogenen Einflussfaktoren untersucht um die Eigenschaften der Innovation im Kontext der Anforderungen potentieller Nutzer einzuordnen. Hiermit soll herausgearbeitet werden, welche Faktoren erfüllt sein müssen, dass die Elektromobilität eine kritische Masse an Nutzern erreicht. Im Anschluss daran werden die exogenen Einflussfaktoren untersucht, um zu beurteilen wie sich die Rahmenbedingungen der Diffusion in Zukunft entwickeln und ob diese Faktoren in Zukunft erfüllt werden können.

4: Aus den Ergebnissen der Untersuchung endogener und exogener Einflussfaktoren kann schließlich geschlussfolgert werden, wann eine kritische Masse an Nutzern der Elektromobilität in Deutschland erreicht sein könnte.

3. Aktueller Stand der Diffusion

Im Folgenden wird das Marktpotential der Elektromobilität und der aktuelle Stand der Diffusion herausgearbeitet. Dabei wird abgeschätzt wann eine kritische Masse am Markt erreicht ist.

3.1 Marktpotential der Elektromobilität

Der Gesamtbestand an zugelassenen Pkw in Deutschland lag am 1. Januar laut Kraftfahrtbundesamt bei 45,8 Millionen Fahrzeugen (Kraftfahrtbundesamt 2017c). Damit wäre das Gesamtmarktpotential der Elektromobilität in Deutschland 45,8 Millionen zugelassene Elektrofahrzeuge. Da hier allerdings eine Prognose erstellt werden soll, ist vor allem die zukünftige Entwicklung des Marktpotentials relevant.

Prognosen zeigen, dass innerhalb der nächsten Jahre, aufgrund eines ansteigenden Mobilitätsbedürfnisses, der Bestand an Pkws in Deutschland zunehmen wird. Aufgrund der negativen demographischen Entwicklung der deutschen Bevölkerung und der Zunahme alternativer Transportmöglichkeiten, wie beispielsweise Carsharing, wird der Bestand aber voraussichtlich mittelfristig ein Plateau erreichen (Adolf und Rommerskirch 2014). Die Studie „Shell PKW Szenarien bis 2040“ ging 2014 davon aus, dass der Pkw Bestand in Deutschland 2022 mit 45,2 Millionen Fahrzeugen einen Höchstwert erreicht und dann langsam absinkt (Adolf und Rommerskirch 2014).

Die Studie „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“ ging 2010 von einer vergleichbaren Entwicklung aus (Schlesinger et al. 2010). Der vorausgesagte Höchststand von 45,2 Millionen Pkw (Adolf und Rommerskirch 2014) wurde allerdings bereits 2017 überschritten. Aufgrund vom Kraftfahrtbundesamt für 2018 und 2019 prognostizierten sinkenden Zulassungszahlen (Kraftfahrtbundesamt 2018b) und einer sehr positiven Entwicklung von Carsharing (Bundesverband Carsharing e.V 2017), kann aber trotzdem davon ausgegangen werden, dass die vorausgesagten Entwicklungstendenzen weiterhin gelten.

Für diese Untersuchung wird deshalb angenommen, dass der Pkw-Bestand zwischen 2022 und 2025 mit 47-50 Millionen Fahrzeugen seinen Höhepunkt erreicht und danach langsam absinkt. Es wird deshalb mittelfristig von einem Marktpotential von maximal 47-50 Millionen Elektrofahrzeugen ausgegangen.

3.2 Marktentwicklung der Elektromobilität

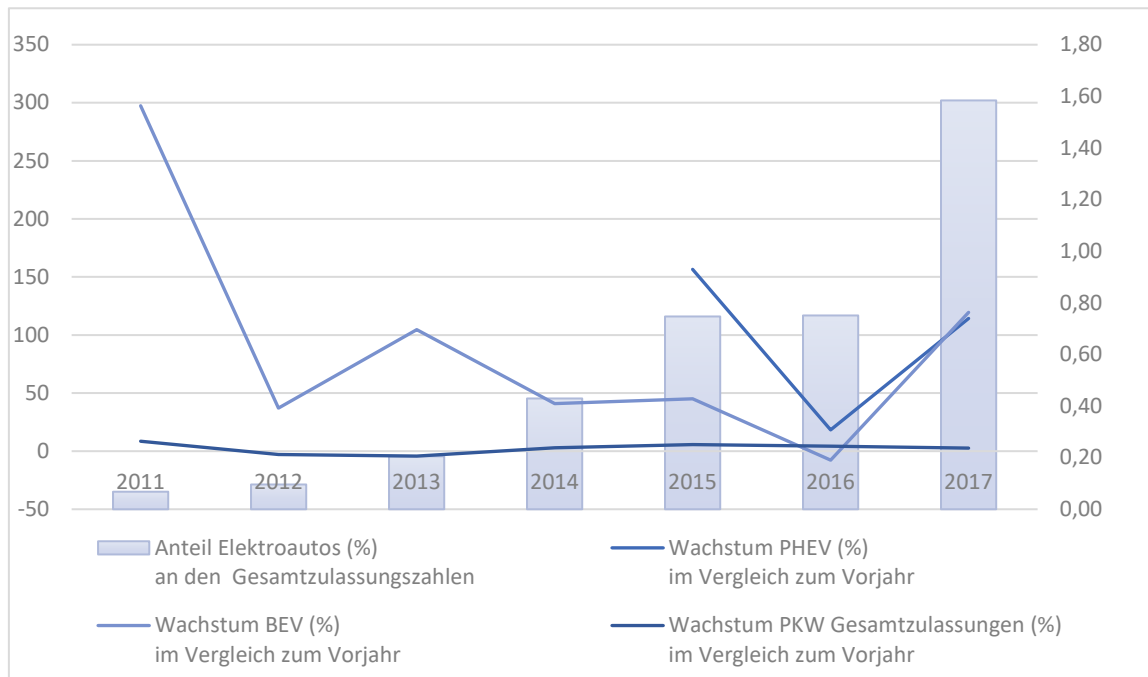


Abbildung 2: Entwicklung der Neuzulassungen von Pkw in Deutschland in Prozent, eigene Darstellung. Basierend auf Daten von (goingelectric.de 2018; Kraftfahrtbundesamt 2017b, 2018) (Anhang, Tabelle 1)

Vor 2015 wurden PHEVs mit anderen Hybridfahrzeugen zusammengefasst (goingelectric.de 2018)

Von 45,8 Millionen zugelassenen Fahrzeugen waren am 1. Januar 2017 in Deutschland Benzinmotoren mit einem Anteil 65,5% die am häufigsten genutzte Antriebsart, gefolgt von Dieselmotoren mit 32,9%. Der Bestand an BEVs lag bei 34.022 Fahrzeugen, der von PHEVs bei 20.975 Fahrzeugen (Kraftfahrtbundesamt 2017d; Kraftfahrtbundesamt 2017c). Benzin- und Dieselmotoren dominieren den Markt also deutlich, während BEVs und PHEVs Nischenprodukte darstellen. 2017 war allerdings ein starkes Wachstum der Elektromobilität zu erkennen.

Die Zulassungszahlen für Elektroautos wuchsen seit 2012 konstant mit durchschnittlich 79,2% pro Jahr. 2016 bildet mit einer Wachstumsrate von rund 5% eine Ausnahme. 2017 wurden rund 117% mehr Elektroautos als 2016 zugelassen. Es stellt damit das größte Wachstumjahr für Elektrofahrzeuge seit 2011 dar. Seit 2014 konnte der deutsche Gesamtautomarkt, nach Neuzulassungen, konstant mit im Schnitt 3,9% pro Jahr wachsen. 2017 wuchs der Markt um 2,7% und lag damit deutlich unter den Vorjahreswerten (goingelectric.de 2018; Kraftfahrtbundesamt 2017b).

Geht man davon aus, dass nur eine marginale Anzahl an Elektroautos abgemeldet wurde, sollten Anfang 2018 erstmalig mehr als 100.000 Elektroautos in Deutschland zugelassen sein. Basierend auf der bisherigen Entwicklung des Pkw-Gesamtbestandes (Kraftfahrtbundesamt 2017a), kann zum Januar 2018 mit einem Bestand von rund 46,5-47 Millionen Fahrzeugen gerechnet werden. Damit hätte die Elektromobilität mit geschätzt rund 100.000 zugelassenen Fahrzeugen momentan einen Anteil von 0,2% am Fahrzeugbestand in Deutschland. Die Elektromobilität wächst also deutlich stärker als der Gesamtmarkt. 2017 war ein besonders starkes Jahr. Der Gesamtautomarkt wuchs 2017 allerdings schwächer als in den Vorjahren. Dies könnte als Zeichen für einen Markthochlauf der Elektromobilität interpretiert werden. Trotzdem stellt die Elektromobilität mit 1,6% Marktanteil an den Neuzulassungen noch ein Nischenmarkt in Deutschland dar (Kraftfahrtbundesamt 2018b). Setzt man das durchschnittliche Wachstum der letzten Jahre (seit 2012) von 69% allerdings linear fort, könnte die Elektromobilität bis 2021 ein Marktanteil von mehr als 10% an den Neuzulassungen in Deutschland erreichen.

3.3 Der Produktlebenszyklus

Das Produktlebenszyklusmodell teilt die Nutzer einer Innovation auf Basis der Zeitpunkte ihrer Adoption, gemessen am Gesamtpotential des Marktes, in fünf Gruppen auf: Innovatoren, Frühe Übernehmer, frühe Mehrheit, späte Mehrheit und Nachzügler (Karnowski 2014, S.19-20; Schmidt 2009, S.17-30; Rogers 2003, S. 279–282). Jede dieser Gruppen weist spezifische Eigenschaften auf. Durch Einordnung der Elektromobilität in den Produktlebenszyklus kann festgestellt werden, welche Käufer die Elektromobilität momentan anspricht. Grafisch dargestellt stellt das Produktlebenszyklusmodell die Frequenz der S-Kurve (Adoptionsrate) dar.

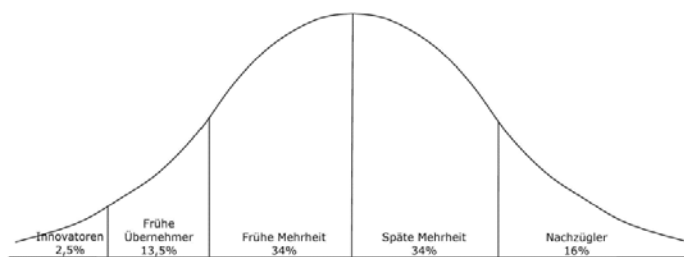


Abbildung 3: Der Produktlebenszyklus (Karnowski 2014, S. 21)

Im Folgenden werden die Eigenschaften der Gruppen beschrieben:

Innovatoren zeichnen sich durch hohe Risikofreudigkeit und Unsicherheitstoleranz, ein hohes Bildungsniveau und meist relativ große finanzielle Ressourcen aus. Durch diese Eigenschaften übernehmen sie Innovationen besonders schnell. Ihr Potential als Meinungsführer ist jedoch gering, da sie meist nur moderat sozial vernetzt sind und hauptsächlich Interessengruppen mit Gleichdenkenden bilden (Karnowski 2014, S.20-23; Schmidt 2009, S: 27-28; Rogers 2003, S. 282–299).

Die **frühen Übernehmer** sind stark in ihrem lokalen sozialen System integrierte und vernetzte Individuen. Für Ihr Umfeld repräsentieren sie erfolgreiche Implementierer von Innovationen und sie weisen deshalb die größte Anzahl an Meinungsführern auf (Karnowski 2014, S.20-23; Schmidt 2009, S: 27-28; Rogers 2003, S. 282–299). Im Bereich der frühen Übernehmer steigt die interpersonelle Kommunikation und damit die Verbreitung der Innovation innerhalb des sozialen Systems stark an. Die kritische Masse wird daher im Regelfall im Bereich der frühen Übernehmer erreicht (Karnowski 2014, S. 19–20).

Die **frühe Mehrheit** besteht aus sozial gut integrierten und innovationsaffinen Individuen, welche jedoch eine relativ geringe Risikobereitschaft aufweisen. Sie orientieren sich deshalb bei ihrer Adoptionsentscheidung an Meinungsführern. (Karnowski 2014, S.20-23; Schmidt 2009, S: 27-28; Rogers 2003, S. 282–299).

Die **späte Mehrheit** besteht aus moderat sozial integrierten Individuen, welche Innovationen gegenüber eher skeptisch eingestellt sind. Sie verfügen meist über niedrigere finanzielle Ressourcen und übernehmen Innovationen aufgrund von sozialem Druck oder wirtschaftlichem Zwang (Karnowski 2014, S.20-23; Schmidt 2009, S: 27-28; Rogers 2003, S. 282–299).

Nachzügler sind kaum sozial integrierte Individuen, welche sich durch Vergangenheitsorientierung, Traditionsbewusstsein, einen hohen Grad an Unsicherheitsvermeidung und häufig begrenzte finanzielle Ressourcen auszeichnen. Innovationen werden nur, wenn sie schon lange am Massenmarkt angekommen sind, übernommen (Karnowski 2014, S.20-23; Schmidt 2009, S: 27-28; Rogers 2003, S. 282–299)

3.4 Einordnung der Elektromobilität in den Produktlebenszyklus und Definition der kritischen Masse

Mit einem Anteil von 0,2% am Gesamtfahrzeugbestand kann davon ausgegangen werden, dass die Elektromobilität momentan vor allem Innovatoren anspricht. Das heißt, aktuelle Nutzer von Elektroautos zeichnen sich durch genannte Eigenschaften der Innovatoren aus und sind im Regelfall keine Meinungsführer. Die frühen Übernehmer werden erreicht, wenn rund 2,5% der potentiellen Nutzer die Innovation übernommen haben. Die kritische Masse wird im Verlauf der frühen Übernehmer erreicht, also frühestens wenn 2,5% der potentiellen Nutzer die Innovation übernommen haben und spätestens bei 16% (Rogers 2003, S. 281).

Basierend auf einem Marktpotential von 46-50 Millionen Fahrzeugen, werden die frühen Übernehmer bei rund 1,15-1,25 Millionen zugelassenen Fahrzeugen erreicht. Diese Arbeit folgt einem konservativen Ansatz. Mit dem Erreichen der kritischen Masse wird deshalb bei 4-6 Millionen zugelassenen Elektroautos gerechnet (8-12% des maximalen Marktpotentials).

Aktuell ist die Elektromobilität also noch ein Nischenmarkt. Die Verbreitung der Innovation über das interpersonelle Netzwerk des sozialen Systems findet noch kaum statt.

4. Analyse Endogener Einflussfaktoren

Innovatoren übernehmen meist Produkte die noch nicht massenmarkttauglich sind und gegebenenfalls am Markt scheitern werden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Elektromobilität in ihrer jetzigen Form nicht die Anforderungen der Mehrheit der potentiellen Nutzer erfüllt. Diese These wird im folgenden Abschnitt untersucht. Es werden dabei die „Adoptionskriterien“, also die Eigenschaften von Elektroautos die den größten Einfluss auf die Adoptionsentscheidung haben, herausgearbeitet und im Abschnitt 4.2 mit den Eigenschaften aktueller Elektroautos verglichen.

4.1 Adoptorbefugene Einflussfaktoren

Um die Adoptionskriterien aktueller Pkw-Nutzer herauszuarbeiten, werden die Ergebnisse der Studien „Trends beim Autokauf 2017“ verwendet. Dort wurden vom 2. bis zum 13. März 2017 1.003 Teilnehmer zu Ihrem nächsten Autokauf befragt (Aral Aktiengesellschaft 2017, S. 5).

4.1.1 Allgemeine Adoptionskriterien für Pkw

41% (2015: 36%) der befragten Pkw-Nutzer planten innerhalb der nächsten 18 Monaten einen Pkw zu kaufen, was den Höchststand innerhalb der Befragung markiert (Befragung alle 2 Jahre seit 2003). Die Kaufbereitschaft für Autos ist also momentan als sehr hoch einzustufen (Aral Aktiengesellschaft 2017, S. 6–7). Die beliebteste Automarke unter den Befragten war Audi. 17% der Befragten planten als nächsten Pkw einen Audi zu erwerben, gefolgt von BMW (14%), VW (13%) und Mercedes (8%). Bei Karosserieformen planten 34% als nächsten Wagen eine Limousine anzuschaffen, gefolgt vom Kombi (21%), Geländewagen/SUV (15%) und Minivan (8%). Als wichtigste Kaufkriterien für Pkw wurde Preis-Leistungs-Verhältnis, gefolgt von Komfort, Sicherheit und Design genannt. Der absolute Preis ist auf Platz 5 zu finden. Umweltfreundlichkeit und Familienfreundlichkeit stellen aus Sicht der Befragten die unwichtigsten Kaufkriterien dar (Aral Aktiengesellschaft 2017, 8,12-13).

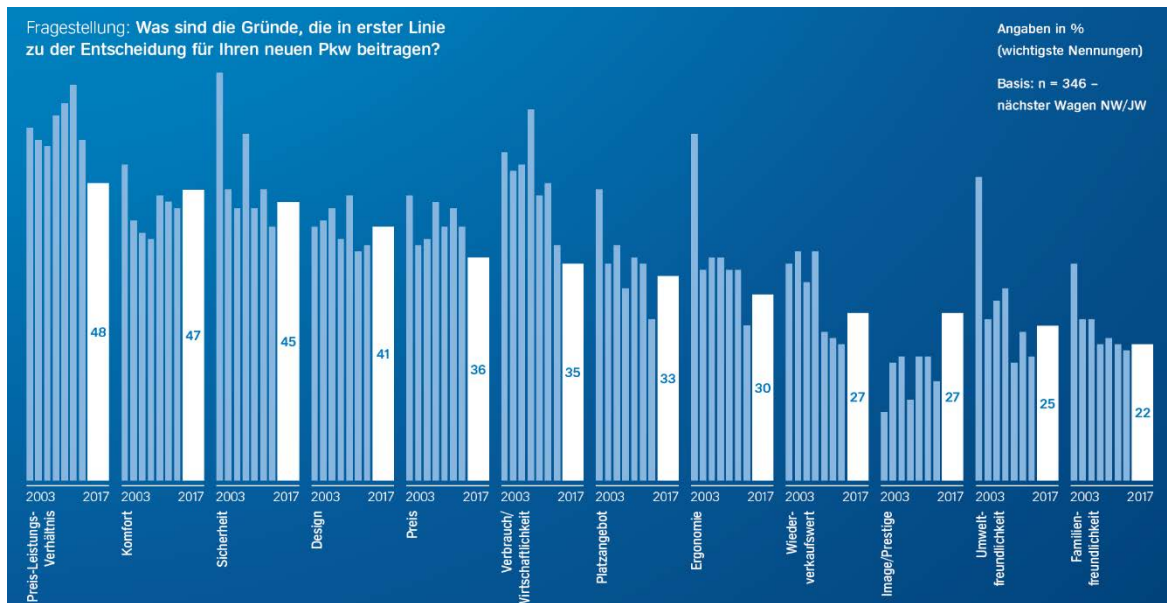


Abbildung 4: Kriterien bei der Pkw-Kaufentscheidung (Aral Aktiengesellschaft 2017, S. 12)

4.1.2 Adoptionskriterien für Elektroautos

Gegenüber Elektroautos sind Pkw-Nutzer generell positiv eingestellt. 55% der Befragten beantworten die Frage: „Können sie sich grundsätzlich vorstellen ein Elektroauto zu kaufen?“ mit Ja. Es besteht auch eine geringfügige Aufpreisbereitschaft gegenüber Elektroautos, 41% wären bereit im Schnitt 2976€ mehr zu investieren falls Ihr Wunschmodell als Elektroauto erhältlich ist. Eine extrem hohe Aufpreisbereitschaft von über 5000€ ist mit 1% jedoch kaum vorhanden.

Die Offenheit bezüglich neuer Antriebsarten zeigt sich auch beim praktischen Kaufinteresse. 5% der Befragten planen die Anschaffung eines Elektroautos als Ihren nächsten Wagen und 19% einen Hybrid. Dabei sind jedoch neben PHEVs auch andere Hybridformen miteinbezogen. 2015 waren es noch jeweils 2% und 11%. (Aral Aktiengesellschaft 2017, 17,19,21)

Als Mindestreichweite für Elektroautos wird im Schnitt 463 km erwartet. Bei den Ladezeiten halten 27% bis zu 30 Minuten für akzeptabel, 32% bis zu 1 Stunde und 7% mehr als 1 Stunde. (Aral Aktiengesellschaft 2017, S. 20). Elektroautos können nach Ansicht der Befragten von allen am Markt verfügbaren Antriebsarten den größten Beitrag zum Umweltschutz leisten. (Aral Aktiengesellschaft 2017, 11,18)

4.1.3 Nutzer von Elektrofahrzeugen

Die Studie „Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland Nutzprofile, Anschaffung und Fahrzeugnutzung“ in welcher 2014 3.111 Elektroautobesitzer deutschlandweit befragt wurden (Frenzel et al. 2015, S. 10) kam zu folgenden Ergebnissen bezüglich der Charakteristika von Elektroautonutzern:

Die Befragten sind nach eigenen Angaben in Ihrem sozialen Umfeld Vorreiter im Bereich der Elektromobilität. Die Position eines Meinungsführer nehmen sie dort jedoch nicht ein (Frenzel et al. 2015, 22,26).

„Im Bekannten- und Verwandtenkreis gilt zudem die Mehrheit der privaten Elektrofahrzeughalter nicht als Experte für allgemeine Fragen rund ums Auto: 57 % der Befragten gaben an, nicht um Rat gefragt zu werden, wenn Bekannte oder Verwandte ein Auto kaufen,“ (Frenzel et al. 2015, S. 26)

Als Kaufgründe für das Elektrofahrzeug wurden vor allem „Interesse an innovativer Fahrzeugtechnologie“ und „Reduzierung der Umwelt-belastung“ genannt (Frenzel et al. 2015, S. 33). Das hohe Engagement der Nutzer im Bereich des Umweltschutzes zeigt sich auch daran, dass 84% davon überzeugt sind, dass „eine große Umweltbelastung durch konventionelle Fahrzeuge stattfindet“ (Frenzel et al. 2015, S. 26) und 45% der Nutzer angeben eine Photovoltaikanlage zu besitzen (Frenzel et al. 2015, S. 27).

Als „Ursachen für eine Nicht-Nutzung des Pkws“ werden vor allem fehlende Reichweite (69%), zu lange Ladevorgänge (44%), fehlende Ladeinfrastruktur (40%) und zusätzliche Einschränkung der Reichweite im Winter genannt (Frenzel et al. 2015, S. 45). 69% der BEV und 71% der PHEV Nutzer wären bereit gewesen für eine höhere Reichweite einen Aufpreis zu zahlen (Frenzel et al. 2015, S. 57).

4.1.4 Laden von Elektroautos

4.1.4.1 Technischer Hintergrund und Begriffe

Bei Ladeinfrastruktur wird zwischen privater, halb-öffentlicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur unterschieden. Private Ladeinfrastruktur befindet sich auf privaten Grundstücken und ist nicht öffentlich zugänglich. Halb-öffentliche Ladeinfrastruktur befindet sich auch auf privaten Grundstücken, sie ist jedoch komplett oder teilweise öffentlich zugänglich. Öffentliche Ladesäulen befinden sich im öffentlichen Bereich und sind jederzeit zugänglich (Mennekes GmbH & Co. KG o.J.). Hier wird halb-öffentliche und öffentliche Ladeinfrastruktur zusammengefasst betrachtet.

Es wird zwischen Laden mit Wechselstrom (AC-Laden) und Laden mit Gleichstrom (DC-Laden) unterschieden. Man unterscheidet außerdem zwischen Normalladen mit 22 kW Leistung oder weniger und Schnellladen mit Leistungen größer 22 kW (DKE/AK EMOBILITY.60 2016, S. 8). Momentan wird nur DC-Schnellladen von den am Markt erhältlichen Fahrzeugen unterstützt (The Mobility House o.J.a). Beim Normalladen sind im öffentlichen Bereich momentan 11 kW und 22 kW Ladeleistung üblich (goingelectric.de 2017d). Im privaten Bereich sind aufgrund der hohen Investitionskosten und sehr hohen Leistung von DC-Ladestationen nur AC-Ladestationen bis 22 kW Ladeleistung sinnvoll (Veit und Staudacher 2017, S. 43).

AC-Laden kann über eine herkömmliche Schuko-Steckdose mit 3,7 kW oder über die für die Ladung von Elektroautos dedizierten Typ-1 oder Typ-2 Stecker stattfinden. Der Typ-2 Stecker unterstützt im dreiphasigen Betrieb eine Ladeleistung von bis zu 44kW (DKE/AK EMOBILITY.60 2016, S. 15–16; Veit und Staudacher 2017, S. 13–14). Der Typ-1 Stecker unterstützt momentan nur einphasiges Laden mit bis zu 7,4 kW (Veit und Staudacher 2017, 14,19). In Deutschland ist öffentliche AC-Ladeinfrastruktur üblicherweise mit dem Typ-2 Stecker ausgestattet (The Mobility House 2017), jedoch sind diese über ein entsprechendes Adapterkabel auch mit dem Typ-1 Stecker kompatibel (The Mobility House o.J.b).

Im DC-Bereich existieren aktuell ebenfalls zwei Steckertypen. Der CCS Stecker und der CHAdeMO Stecker. Der CCS Stecker unterstützt aktuell eine DC-Ladeleistung von bis zu 150 kW. Mittelfristig ist allerdings eine maximale Leistung von 350 kW geplant. Mit dem CHAdeMO Stecker sind DC-Ladeleistungen von bis zu 100 kW möglich (Veit und Staudacher 2017, S. 13–19). Die aktuell standartmäßig verbauten Schnellladesäulen im öffentlichen Bereich laden mit bis zu 50 kW und bieten im Regelfall einen Anschluss für CCS und CHAdeMO Stecker (Wikipedia 2017b; goingelectric.de 2017d).

4.1.4.2 Ladeverhalten

In der Studie „Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland“ wird der private Stellplatz am Wohnort von den Befragten als die am häufigsten genutzte Lademöglichkeit genannt, gefolgt vom Arbeitsplatz. Der öffentliche Bereich ist an dritter Stelle. Auch als Wunschladeort wird der private Stellplatz von 95% genannt, gefolgt vom Stellplatz bei der Arbeit mit 59% (Frenzel et al. 2015, S. 48–50).

Das Normalladen erfordert meist mehrere Stunden an Ladezeit. Das Laden am festen Stellplatz des Fahrzeugs ist deshalb für eine Mehrheit der Nutzer am attraktivsten. (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) 2015, S. 7). Insgesamt nimmt das öffentliche Normalladen also eher eine untergeordnete Rolle im Vergleich zum privaten Laden ein. Normalladeinfrastruktur ist vor allem für Nutzer, welche über keinen festen Stellplatz verfügen und öffentliche Parkfläche als Stellplatz nutzen, relevant. Für diese Nutzer gestaltet sich der Betrieb eines Elektroautos heute aufgrund des unzureichenden Ausbaus öffentlicher Ladeinfrastruktur noch schwierig, da Ladestationen sich oft nicht in unmittelbarer Nähe von Wohnung oder Arbeitsplatz befinden. (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) 2015, S. 15–16). Für Nutzer mit einer festen Lademöglichkeit spielt öffentliche Normalladeinfrastruktur nur zum „Zwischendurchladen“, also zum Laden während längerer Standzeiten außerhalb des Ladens am festen Stellplatz, eine Rolle (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) 2015, S. 15–16).

Schnellladen hingegen wird von 58% der Befragten als wichtig bewertet (Frenzel et al. 2015, S. 54). Der Grund hierfür ist wahrscheinlich, dass Elektroautos nur mit einer gut ausgebauten Schnellladeinfrastruktur langstreckentauglich sind. Eine eher seltene Nutzung des Schnellladens ist die „Notfall-Nutzung“, wenn kurzfristig außerhalb der Langstrecke ein erhöhter Ladebedarf besteht (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) 2015, S. 15–16).

Aufgrund des bisher unzureichenden Ausbaus der öffentlichen Ladeinfrastruktur kann davon ausgegangen werden, dass Innovatoren und frühe Übernehmer meist einen festen Stellplatz besitzen. Die Mehrheit der Pkw-Nutzer ohne eigenen Stellplatz werden Elektroautos voraussichtlich erst übernehmen, wenn die öffentliche Ladeinfrastruktur ausreichend ausgebaut ist.

Langstreckentauglichkeit hingegen ist schon heute ein wichtiges Kriterium bei der Adoptionsentscheidung. Aktuell sollte deshalb vor allem der Ausbau von öffentlichen Schnellladestationen die Diffusion beeinflussen, während der Ausbau von Normalladestationen im späteren Verlauf an Bedeutung gewinnt.

4.1.4.3 Netzwerkeffekte

Die Attraktivität einer Innovation kann sich durch die Anzahl ihrer Nutzer steigern. Desto mehr Personen beispielsweise Facebook nutzen, desto attraktiver wird die Nutzung von Facebook für Andere. Gleiches galt auch beispielsweise für Innovationen wie das Telefon, E-Mail oder SMS. Dieses Phänomen wird auch als Netzwerkeffekte bezeichnet (Rogers 2003, S. 350–352). Es existieren direkt und indirekte Netzwerkeffekte. Bei direkten Netzwerkeffekten steigert sich die Attraktivität direkt mit der Anzahl der Nutzer. Bei indirekten Netzwerkeffekten hat die Anzahl der Nutzer insoweit einen Einfluss, dass mehr Anbieter zur Innovation komplementäre Produkte am Markt platzieren. Mit steigender Nutzerbasis eines Betriebssystems steigt beispielsweise das Softwareangebot (Schmidt 2009, S. 69).

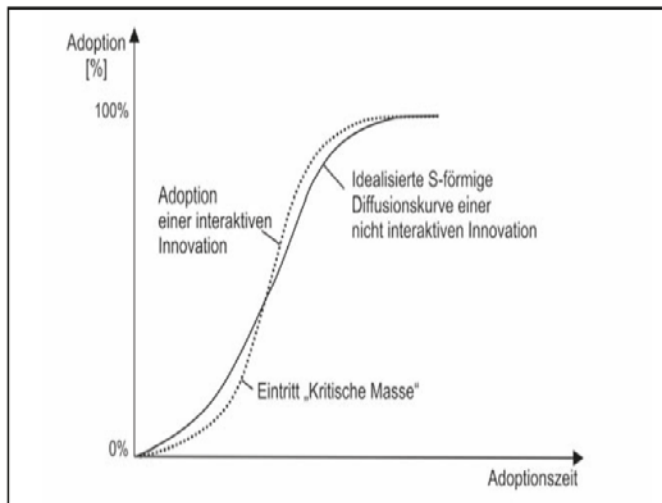


Abbildung 5: Die S-Kurve einer interaktiven Innovation (Schmidt 2009, S. 69)

Innovationen auf welche Netzwerkeffekte anwendbar sind, bezeichnet man als interaktive Innovationen. Eine interaktive Innovation wird charakteristisch in der Anfangsphase Ihrer Diffusion extrem langsam übernommen. (Rogers 2003, S. 350–352). Die kritische Masse wird bei interaktiven Innovationen später erreicht. Mit dem Erreichen der kritische Masse steigt die Adoptionsrate bei interaktiven Innovationen allerdings stärker an als bei „normalen“ Innovationen (Schmidt 2009, S. 68–69).

Der Ausbau von Schnell- und Normalladeinfrastruktur wirkt sich positiv auf den Adoptionsprozess der Elektromobilität aus. Besonders Schnellladesäulen sind aufgrund ihrer Auswirkung auf die Langstreckentauglichkeit der Fahrzeuge besonders entscheidend. Elektroautos sind damit von indirekten Netzwerkeffekten betroffen.

Umso mehr öffentliche Ladesäulen bestehen, umso attraktiver wird das Elektroauto für potentielle Nutzer. Andererseits wird die Bereitstellung von Schnellladestationen für Anbieter mit steigender Anzahl an Elektroautos attraktiver. Es kann also angenommen werden, dass die Elektromobilität im Anfangsstadium der Diffusion vergleichsweise langsam wächst und im späteren Verlauf stark ansteigt.

4.1.5 Schlussfolgerung

Die grundsätzliche Kauf- und Aufpreisbereitschaft für Elektroautos ist relativ hoch, vor allem im Bezug darauf, dass sich die Elektromobilität noch in einem sehr frühen Stadium der Diffusion befindet. Hier ist die Mehrheit des sozialen Systems der Innovation gegenüber meist noch sehr kritisch eingestellt. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die Adoption von Elektroautos vom sozialen System positiv wahrgenommen wird.

Folgende Adoptionskriterien für Elektroautos ergeben sich:

- Die wichtigsten Kaufkriterien von Pkw-Nutzern sind: Preis-Leistung, Komfort, und Sicherheit.
- Die beliebteste Marke ist Audi und die beliebteste Karosserieform die Limousine.
- Bei Elektroautos ist eine Mindestreichweite von 463 Kilometern wichtig.
- 32% der Pkw-Nutzer akzeptieren bei Elektroautos eine Ladedauer von bis zu einer Stunde, was für eine kritischen Masse an Nutzern ausreichen sollte.

Die These, dass Käufer von Elektroautos als Innovatoren eingeordnet werden können, kann durch die Ergebnisse von „Erstnutzer von Elektrofahrzeugen“ (Frenzel et al. 2015) bestätigt werden. Als Kaufgrund von Elektroautos wird primär der Umweltschutz angegeben. Die Käufer sind sehr umweltbewusst, besitzen oft eine PV-Anlage und bewerten die Umweltverschmutzung durch Verbrenner als besonders hoch. Sie nehmen nicht die Rolle von Meinungsführern ein und ihre Adoptionskriterien repräsentieren nicht die Mehrheit der Pkw-Nutzer bei welchen der Umweltschutz eher eine untergeordnete Rolle bei der Kaufentscheidung einnimmt.

Die Studie wurde allerdings 2014 durchgeführt (Frenzel et al. 2015). Mit steigender Anzahl an Elektroautokäufern gleichen sich die Adoptionskriterien immer mehr dem Gesamtmarkt an. Die Abweichung zwischen Nutzern von Elektroautos und anderen Pkw-Nutzern sollte momentan also etwas weniger gravierend sein. Da sich die Elektromobilität jedoch immer noch im Bereich der Innovatoren befindet, sollten die herausgearbeiteten Tendenzen aber weiterhin zutreffen.

Die Diffusion der Elektromobilität ist vom Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur, vor allem der Schnellladeinfrastruktur abhängig. Die Elektromobilität ist also von indirekten Netzwerkeffekten betroffen.

Im Folgenden Abschnitt soll untersucht werden:

1. Erfüllen die aktuell am Markt verfügbaren Elektroautos die erarbeiteten Adoptionskriterien?
2. Ist der Umweltschutz tatsächlich das einzige „Adoptionsargument“ von Elektroautos oder ergeben sich noch weitere?
3. Inwieweit beeinflussen die durch den Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur entstehenden indirekten Netzwerkeffekte momentan die Diffusion der Elektromobilität?

4.2 Produktebezogene Einflussfaktoren

4.2.1 Staatliche Förderung von Elektrofahrzeugen

Die Bundesregierung will die Elektromobilität mithilfe monetärer und nicht monetärer Fördermaßnahmen attraktiver für den Verbraucher machen.

4.2.1.1 Umweltbonus

Die Bundesregierung unterstützt Käufer von BEVs mit einer Förderprämie, genannt Umweltbonus, von 2000€ und Käufer von PHEVs mit 1500€. Förderfähig sind nur Neuwagen mit einem Netto-Listenpreis des Basismodells von unter 60.000€. Die Förderung wird nur gewährt, wenn der Automobilhersteller dem Käufer ebenfalls einen Nachlass auf den Verkaufspreis, mindestens in Höhe der Förderung, gewährt. Insgesamt beträgt die Fördersumme also mindestens 4000€, beziehungsweise 3000€ (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle 2016). Die meisten namhaften Hersteller des deutschen Automarkts nehmen am Förderprogramm teil (Autohaus.de 2016).

4.2.1.2 Steuerliche Vorteile

BEVs werden nach § 3d KraftStG für 10 Jahre von der KFZ Steuer befreit. PHEVs erhalten keine Steuerbegünstigung im Rahmen der KFZ-Steuer (§ 3 d Kraftfahrzeugsteuergesetz). Vom Arbeitgeber für Mitarbeiter zur Verfügung gestellte Ladeinfrastruktur und Ladestrom wird Mitarbeitern nicht als geldwerter Vorteil verrechnet, wenn dieser kostenlos zur Verfügung gestellt wird. (Haufe o.J.).

4.2.2 Wahrgenommene Eigenschaften einer Innovation

Die Eigenschaften einer Innovation werden von Mitgliedern eines sozialen Systems subjektiv wahrgenommen und beeinflussen deren Adoptionsentscheidung. Die wahrgenommenen Eigenschaften einer Innovation können in relativer Vorteil, Kompatibilität, Komplexität, Erprobbarkeit und Kommunizierbarkeit und Beobachtbarkeit eingeteilt werden (Rogers 2003, S. 15; Schmidt 2009, S.22-23 ; Dudenhöffer 2015, S. 94):

Relativer Vorteil: Ein Individuum übernimmt eine Innovation um daraus einen „relativen Vorteil“ im Vergleich zur bisherigen Methode der Problemlösung zu ziehen. Der relative Vorteil beschreibt wie die neue Innovation durch ökonomische Vorteile wie günstigerer Anschaffungspreis, Zeitersparnis oder andere Faktoren wie zusätzlicher Komfort oder Gewinn an sozialem Status gegenüber dem bisher angewendeten Produkt oder der bisher angewendeten Methode überlegen ist. Der relative Vorteil einer Innovation wirkt sich positiv auf die Adoptionsrate aus (Rogers 2003, S. 229–240).

Kompatibilität: Je nachdem welche Vorprägung Individuen durch Ihre soziales Umfeld und bisherige Erfahrungen haben, nehmen Sie eine Innovation unterschiedlich wahr. Kompatibilität beschreibt wie eine Innovation mit den Werten, Überzeugungen und Erfahrungen der Mitglieder eines sozialen Systems vereinbar ist. Je höher die Vereinbarkeit desto höher ist Wahrscheinlichkeit der Adoption. Eine hohe Kompatibilität wirkt sich positiv auf die Diffusion einer Innovation raus. Die Komptabilität kann in drei Kategorien eingeteilt werden: Kompatibilität mit soziokulturellen Werten und Überzeugungen, mit bereits etablierten Konzepten und mit Bedürfnissen des Individuums (Rogers 2003, S. 240–257).

Die *Kompatibilität mit soziokulturellen Werten und Überzeugungen* beschreibt wie die Innovation zu den kulturell bedingten Normen eines sozialen Systems passt. Das soziale System beeinflusst indirekt die Mitglieder und deren Meinung gegenüber einer Innovation (Rogers 2003, S. 241–243).

Die *Kompatibilität mit bereits etablierten Konzepten* beschreibt inwieweit die neue Innovation von bisher existierenden Methoden oder Produkten abweicht. Je größer die Abweichung, desto mehr Aufwand in Form von Umgewöhnung und Umschulung erfordert sie vom Nutzer und desto niedriger ist damit auch die Kompatibilität der Innovation (Rogers 2003, S. 243–246).

Die *Kompatibilität mit Bedürfnissen* beschreibt wie eine Innovation ein bestehendes Bedürfnis bei Mitgliedern des sozialen Systems trifft. Bedürfnisse sind zwischen Altersgruppen, Kulturen und sozialen Systemen unterschiedlich (Rogers 2003, S. 246).

Komplexität: Die Komplexität beschreibt den Grad an Wissen und Übung, welchen der Nutzer benötigt um eine Innovation für den beabsichtigten Zweck effektiv anzuwenden. Je komplexer ein Produkt ist, desto mehr Aufwand und Zeit fordert der Informationsbeschaffungs- und Lernprozess. Komplexität wirkt sich also negativ auf die Adoptionsrate aus. Der Einfluss der Komplexität auf die Diffusion ist deutlich stärker von der jeweiligen Innovation abhängig als der relative Vorteil und die Kompatibilität. Während viele Innovationen sofort verständlich und effektiv anwendbar sind, stellt für andere, wie beispielsweise Heimcomputer oder Smartphones, die Komplexität ein großes Hindernis für den Erfolg der Diffusion dar (Rogers 2003, S. 257–258).

Erprobbarkeit: Die Erprobbarkeit beschreibt inwieweit die Möglichkeit des Testens des Produkts vor der Adoption besteht. Oft fällt es einem Individuum durch direkte Erfahrung leichter die Unsicherheit gegenüber der Innovation zu reduzieren. Eine Innovation vor der Adoption zu testen erfordert aber meist einen monetären und zeitlichen Aufwand. Je geringer dieser ist, desto höher ist die Erprobbarkeit einer Innovation. Eine hohe Erprobbarkeit wirkt sich also positiv auf die Adoptionsrate aus (Rogers 2003, S. 258). Für Nutzer, die die Innovation früher übernehmen, ist Erprobbarkeit deutlich wichtiger da sie sich weniger an ihrem Umfeld orientieren können (Rogers 2003, S. 258).

Kommunizierbarkeit und Beobachtbarkeit: Die Kommunizierbarkeit beschreibt, mit welchem Aufwand der relative Vorteil der Innovation kommuniziert werden kann. Komplexere Innovationen haben meist eine niedrigere Kommunizierbarkeit. Die Beobachtbarkeit beschreibt, wie die Innovation und deren Auswirkungen für die Mitglieder des sozialen Systems in ihrem direkten Umfeld sichtbar sind. Eine hohe Kommunizierbarkeit und Beobachtbarkeit wirkt sich positiv auf die Adoptionsrate aus (Rogers 2003, S. 258–259)

Im nächsten Abschnitt werden Vor- und Nachteile von Elektroautos vorgestellt. Der Elektroantrieb wird dabei mit Diesel- und Benzinmotoren verglichen. Andere alternative Antriebe werden nicht beachtet. Die Ursache der Eigenschaften muss direkt dem Elektroantrieb zuordenbar und nicht modellabhängig sein. Anschließend wird noch das am Markt verfügbare Modellportfolio untersucht. Anhand der Ergebnisse aus Abschnitt 4.1, den Vor- und Nachteilen von Elektroautos und den am Markt verfügbaren Modellen werden schließlich die wahrgenommenen Eigenschaften der Elektromobilität bewertet.

4.2.2 Nachteile von Elektroautos im Vergleich zum Verbrenner

4.2.2.1 Geringere Reichweite

Die Reichweite der Mehrheit der aktuell am Markt verfügbaren Elektroautos liegt noch unter 300 km (Durchschnitt 266 km). Das Modell mit der aktuell höchsten Reichweite am Markt ist die 100 kWh Version des Tesla Model S mit 632 km (vgl. Anhang, Tabelle 3). Verbrenner liegen mit Reichweiten von häufig mehr als 1000 km deutlich über Elektroautos. Zudem liegt die reale Reichweite von Elektroautos im Regelfall unter den Herstellerangaben, welche nur unter Idealbedingungen gelten. Besonders bei Kälte sinkt die Reichweite der Fahrzeuge stark (Füßel 2017, S. 20).

„Die Leistung einer Lithium-Ionen-Zelle sinkt bei einer Verringerung der Temperatur von 30°C auf -25°C progressiv um den Faktor 3,5 von ca. 1050 Watt auf 300 Watt“ (Füßel 2017, S. 53)

In der Praxis muss bei vielen Modellen bei Temperaturen unter null Grad mit einem Abfall der Reichweite bis unter die Hälfte der Werksangaben gerechnet werden. Bei Betrieb großer elektrischer Verbraucher wie beispielsweise einer Klimaanlage sinkt die Reichweite ebenfalls (Füßel 2017, 20,53; vgl. elektronik-zeit o.J.).

4.2.2.2 Höhere Anschaffungskosten

Die durchschnittlichen Anschaffungskosten eines neuen Elektroautos lagen 2017 bei rund 43.000 US\$, Verbrenner lagen bei 28.000 US\$ (Shankleman 2017). Elektroautos waren im Schnitt in der Anschaffung also umgerechnet rund 13600 € teurer als vergleichbare Verbrenner. Selbst mit Umweltbonus sind Elektroautos also noch deutlich teurer als Verbrenner.

4.2.2.3 Dauer der Ladzeiten

Hier soll eine kurze Übersicht über die typische Dauer von Ladevorgängen von Elektroautos gegeben werden. Je nach Modell und Ladeleistung können diese aber deutlich von den hier angegebenen Werten abweichen. Beim Normalladen (11-22 kW) muss mit Ladzeiten von 1-2 Stunden für 100 km Reichweite gerechnet werden. Beim Normalladen an der Steckdose (max. 3,7 kW) oder Ladestationen unter 11 kW braucht das Laden von 100 km Reichweite bis zu 10 Stunden. Für BEVs sind solche Leistungen nicht praxistauglich und sollten deshalb langfristig nicht mehr unterstützt werden. Mit einer DC-Schnellladesäule mit 50 kW Leistung, liegen die Ladzeiten pro 100 km bei 15-20 Minuten (vgl. Veit und Staudacher 2017, S. 24).

Tesla unterstützt aktuell als einziger Hersteller am Markt das Schnellladen mit über 50 kW Leistung. Über den sogenannten Tesla Super Charger können mit 120 kW Ladeleistung (vgl. Wikipedia 2017c) 100 km Reichweite in rund 10 Minuten aufgeladen werden. Dies liegt immer noch deutlich hinter Verbrennern, bei welchen das Tanken von 800-1000 km Reichweite im Regelfall in unter 5 Minuten möglich ist.

4.2.2.4 Fehlende öffentliche Ladeinfrastruktur

Zum aktuellen Bestand an Ladepunkten in Deutschland gibt es sehr unterschiedliche Angaben. So gibt die Bundesnetzagentur einen Bestand von 7955 öffentlichen Ladepunkten und 3964 Ladestationen an (Stand 18.12.2017) (Bundesnetzagentur 2017). Das Internetportal goingelectric.de gibt hingegen einen Bestand von 30.840 Ladepunkten und 10.635 Ladestationen in Deutschland an (Stand 09.1.2018) (goingelectric.de 2017d). Statista.de kommt mit Zahlen auf Basis des Portals chargemap.de auf 21054 Ladepunkte (Stand 03.01.2018) (ChargeMap.com 2017). [Goingelectric.de](http://goingelectric.de) und chargemap.de registrieren die Ladepunkte auf Basis von Nutzerinformationen, welche durch eine Überprüfung vom Portalbetreiber und anderen Nutzern verifiziert werden (Siekemeier 2017). Die Zahlen sind aufgrund der Sammlung durch Nutzer kritisch zu hinterfragen. Trends innerhalb des Bestandes können aber durchaus abgelesen werden.

Ladepunkte unter 11 kW bieten für BEV keine „alltagstauglichen“ Ladezeiten. Betrachtet man nur Ladepunkte mit mindestens 11 kW so kommt man laut goingelectric.de auf rund 16.037 Normalladepunkte und 3.084 Schnellladepunkte (goingelectric.de 2017d)..

In Deutschland existieren laut MWV et al. 2017 momentan 14.510 Tankstellen für Verbrenner (Stand Januar 2017) (MWV et al. 2017). Über die genaue Anzahl an Zapfsäulen gibt es keine Informationen. Nimmt man 6 Zapfsäulen pro Tankstelle an, ergibt dies 87.060 verfügbare „Ladepunkte“.

Geht man nur von Autobahntankstellen aus, welche maßgeblich für „Langstreckentauglichkeit“ von Verbrennern verantwortlich sind, kommt man mit 358 Tankstellen (Stand Januar 2017) (Bundesverband Freier Tankstellen 2017) auf 2864 „Ladepunkte“. Bei Schnellladsäulen mit 50 kW mit 40 bis 60 Minuten Ladedauer braucht es einen deutlich größeren Bestand an Schnellladepunkten, um die Langstreckentauglichkeit von Elektrofahrzeugen zu sichern. Ausgehend von Tankzeiten von 3-4 Minuten bei Verbrennern, ergibt sich so ein Bedarf von rund 29.000 bis 43.000 Schnellladepunkten (10-15-fache Menge) bei einer Vollelektrifizierung deutscher Pkw. Da Tankstellen außerhalb von Autobahnen noch einen Teil der Langstreckennachfrage abfangen und Schnellladepunkte auch im städtischen Bereich für Notfallladung genutzt werden, ergibt sich noch ein höherer Bedarf (Schätzung: rund doppelter Bedarf von 60.000-80.000 Säulen).

Dieser Wert wird momentan noch deutlich unterschritten. Heute ist die Elektromobilität noch ein Nischenmarkt und es werden viel weniger Ladepunkte benötigt. Ausgehend von einem benötigten Bestand von 80.000 Schnellladepunkten für 47 Millionen Fahrzeuge, kommt man auf einen benötigten Schnellladepunkt pro 587,5 Fahrzeuge. Der heutige Bestand von 100.000 Elektrofahrzeugen würde damit nur 170 Schnellladepunkte benötigen. Für eine Langstreckentauglichkeit der Fahrzeuge ist jedoch ein gewisser Mindestbestand notwendig, der sinnvoll geografisch verteilt ist.

Führt man oben genannte Berechnung für eine kritische Masse von rund sechs Millionen Fahrzeugen durch, kommt man auf rund 10.200 benötigte Schnellladestationen. Dies könnte ein Richtwert für den benötigten Bestand sein. Laut Nationale Plattform Elektromobilität 2016 benötigen eine Million Elektrofahrzeuge 7.100 Schnellladepunkte (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) 2016, S. 17).

Die Zahlen von goingelectric.de 2017c sind, wie bereits festgestellt, im Vergleich zu anderen Quellen relativ hoch anzusetzen. Laut Bundesnetzagentur existieren lediglich 750 Schnellladesäulen in Deutschland (Bundesnetzagentur 2017). Der reale Bestand an Schnellladestationen bewegt sich wahrscheinlich zwischen diesen beiden Extremen (Schätzung: aktuell rund 2000 Schnellladesäulen).

Es kann also davon ausgegangen werden, dass der Ausbau der Schnellladeinfrastruktur in Deutschland noch nicht soweit vorhanden ist, dass Elektroautos eine vergleichbare Langstreckentauglichkeit wie Verbrenner bieten. Ein weiterer Ausbau des öffentlichen Schnellladenetzes und höhere Ladeleistungen zum Verkürzen der Auslastungszeiten der Ladepunkte sind notwendig, um eine kritische Masse an Fahrzeugen zu erreichen. Damit beeinflusst die unzureichende Ladeinfrastruktur den Diffusionsprozess der Elektromobilität momentan negativ. Es wird bei genannten 10.200 Schnellladesäulen mit dem Eintreten positiver Netzwerkeffekte gerechnet. Dieser Bestand wird voraussichtlich vor einer kritischen Masse an Fahrzeugen erreicht werden. Externe Förderung von Ladestationen ist gegebenenfalls notwendig um Anbieter zum Ausbau zu bewegen, bis der Bestand an Schnellladestationen die Langstreckentauglichkeit von Elektroautos deutschlandweit abdeckt.

4.2.3 Vorteile von Elektroautos im Vergleich zum Verbrenner

4.2.3.1 Laden während Standzeiten

Elektroautos können während der Standzeiten des Fahrzeugs aufgeladen werden. Bei einer Ladeleistung von 11 kW kann der momentan größte Akku aller Elektroautos am Markt, der 100 kWh Akku des Tesla Model X oder Model S, innerhalb von 9 Stunden aufgeladen werden. Bei Ladung am Stellplatz über Nacht ist das Fahrzeug also im Regelfall morgens voll aufgeladen. Da der durchschnittliche Deutsche am Tag rund 38km fährt (Kraftfahrtbundesamt 2017e), sollten die durchschnittlichen Ladezeiten in der Praxis zudem deutlich niedriger sein. Fahrer mit einer privaten Ladesäule oder einer Lademöglichkeit am Arbeitsplatz können so im Routinebetrieb die benötigte Zeit, welche für die Fahrt zur Tankstelle und das Tanken eines Verbrenners benötigt wird, einsparen.

4.2.3.2 Besseres Fahrgefühl

Das Motorgeräusch von Elektroautos ist gar nicht bis kaum hörbar, was bei niedrigeren Geschwindigkeiten ein angenehmeres Fahrgefühl erlaubt. Bei Geschwindigkeiten über 40 km/h dominiert aber das Fahrgeräusch der Reifen. Hier besteht dann kaum mehr ein Unterschied zum Verbrenner (Barnard 2016; Füßel 2017, S. 28). Elektroautos benötigen zudem kein Schaltgetriebe, was ein angenehmes Fahrgefühl, ähnlich eines sehr fein abgestimmten Automatik, ermöglicht (Wikipedia 2017a; Füßel 2017, S. 63–66).

4.2.3.3 Niedrigere Betriebskosten

Im Regelfall sind die Kraftstoffkosten pro Kilometer bei Elektroautos niedriger als bei vergleichbaren Verbrennermodellen. Auch die Wartungskosten sind bei Elektroautos ,aufgrund der geringeren Anzahl an verwendeten mechanischen Teilen, um etwa ein Drittel niedriger als bei Verbrennern (Holzer 2014; vgl. Füßel 2017, S. 100–101).

Laut ADAC sind mit Einberechnung der staatlichen Förderung einige Elektroautos wie beispielsweise der E-Golf oder der Audi A3 e-tron, trotz deutlich höherer Anschaffungskosten, bei einer Lebensdauer von 5 Jahren und 30.000 gefahrenen Kilometer pro Jahr, günstiger in den Gesamtkosten als vergleichbare Verbrennermodelle (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V 2018).

Bei einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 14.015 km von Pkw-Nutzern in Deutschland (Koch 2017), ist dies für einen Großteil der Verbraucher jedoch nicht relevant. Für Flottenbetreiber oder Pendler mit hohen Fahrleistungen kann sich ein Elektroauto theoretisch aber schon heute auch aus reiner Kostensicht lohnen.

4.4.3.4 Performance

Elektroautos können bereits aus dem Stand Ihr volles Drehmoment erzeugen (Füßel 2017, S. 26). Sie beschleunigen deshalb bei niedrigen Geschwindigkeiten schneller als Verbrenner. Ein Tesla Model S P100D liegt beispielsweise mit einer Beschleunigung von 2,7 Sekunden von 0 auf 100 km/h (Tesla 2017) deutlich vor Sportwagen der gleichen Preisklasse wie beispielsweise eine Porsche Carrera GTS mit 4,1 Sekunden (Porsche Deutschland o.J.) oder einem Audi R8 Coupe V10 mit 3,5 Sekunden (AUDI AG 2017). Allerdings gilt dies bisher nur für Modelle im hochpreisigen Bereich. Elektroautos mit einer relativ geringen Batteriekapazität, wie beispielsweise der E-Golf, haben zudem eine niedrigere Höchstgeschwindigkeit als vergleichbare Verbrennermodelle. Grund dafür ist, dass die Fahrzeuge, um einen zu hohen Energieverbrauch zu vermeiden, ab einer gewissen Geschwindigkeit abgeriegelt werden (Füßel 2017, S. 22–25).

4.2.3.5 Umweltfreundlichkeit

Laut Bundesministeriums für Umwelt stößt ein 2017 zugelassenes Elektroauto im Schnitt über *„seinen Lebensweg zwischen 16 und 27 Prozent weniger Klimagase aus, je nachdem mit welchem Verbrenner-Typ man vergleicht“* (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2017b, S. 2)

Das volle Potential von Elektroautos hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit kann aber erst erreicht werden, wenn Elektroautos komplett mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben werden. Durch das Wachstum von erneuerbaren Energien im deutschen Strommix sollte der indirekte Ausstoß von Klimagasen von Elektroautos in Zukunft sinken. Das Bundesministerium für Umwelt geht von einem Ausstoß von 32 bis 40 Prozent weniger Klimagasen im Vergleich zu Verbrennern bis 2025 aus (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2017b, S. 2).

4.2.4 Verfügbare Modelle

4.2.4.1 Markt für BEV

Die höchste Reichweite aller 2017 in Deutschland zugelassenen Elektroautos hat das 100 kWh Modell des Tesla Model S mit 632 km, gefolgt vom Tesla Model X mit 565 km (3. Opel Ampera-e mit 520 km, 4. Renault ZOE mit 400 km, 5. VW E-Golf mit 300 km). Nur 3 Modelle können damit unter guten Bedingungen die Adoptionskriterien im Bereich der Reichweite erfüllen (Anhang, Tabelle 3)¹.

Die beliebtesten Marken Audi, VW, BMW und Mercedes bieten ein sehr beschränktes Produktportfolio bei Elektroautos an. Audi bietet aktuell kein BEV Modell an. Mercedes ist mit der B-Klasse Electric Drive mit nur einem Fahrzeug am Markt vertreten. Dessen Produktion wurde allerdings im 3. Quartal 2017 eingestellt (ecomento.de 2017b). VW bietet mit dem E-Golf und dem E-Up zwei Modelle, BMW mit dem BMW i3 ein Modell an. Von den vier Modellen können drei als Kleinwagen und eins als Van eingeordnet werden.

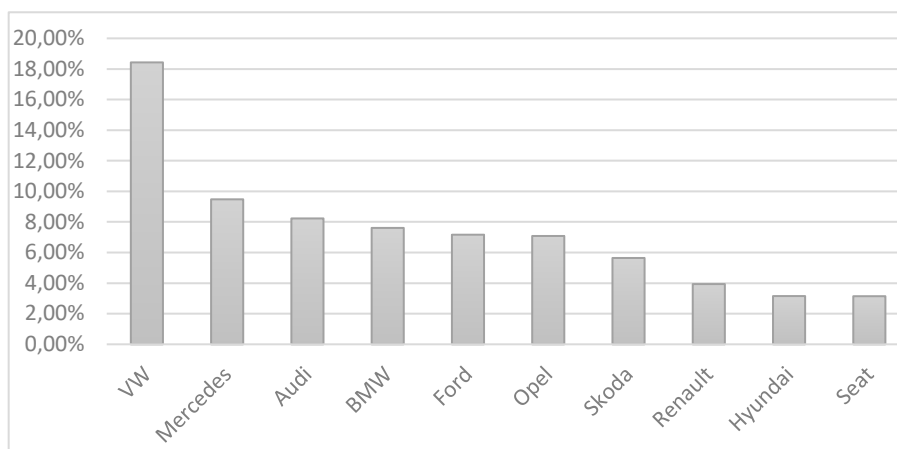


Abbildung 6: Marktanteil von Automarken an Pkw Neuzulassungen in Deutschland 2017. Eigene Darstellung basierend auf Daten (Statista - Das Statistik-Portal 2018a) (Anhang, Tabelle 2).

¹ Die Angaben zur Reichweite basieren auf den NEFZ-Angaben des Herstellers. Bei mehreren verfügbaren Konfigurationen wurde jeweils die höchst mögliche Reichweite gewählt.

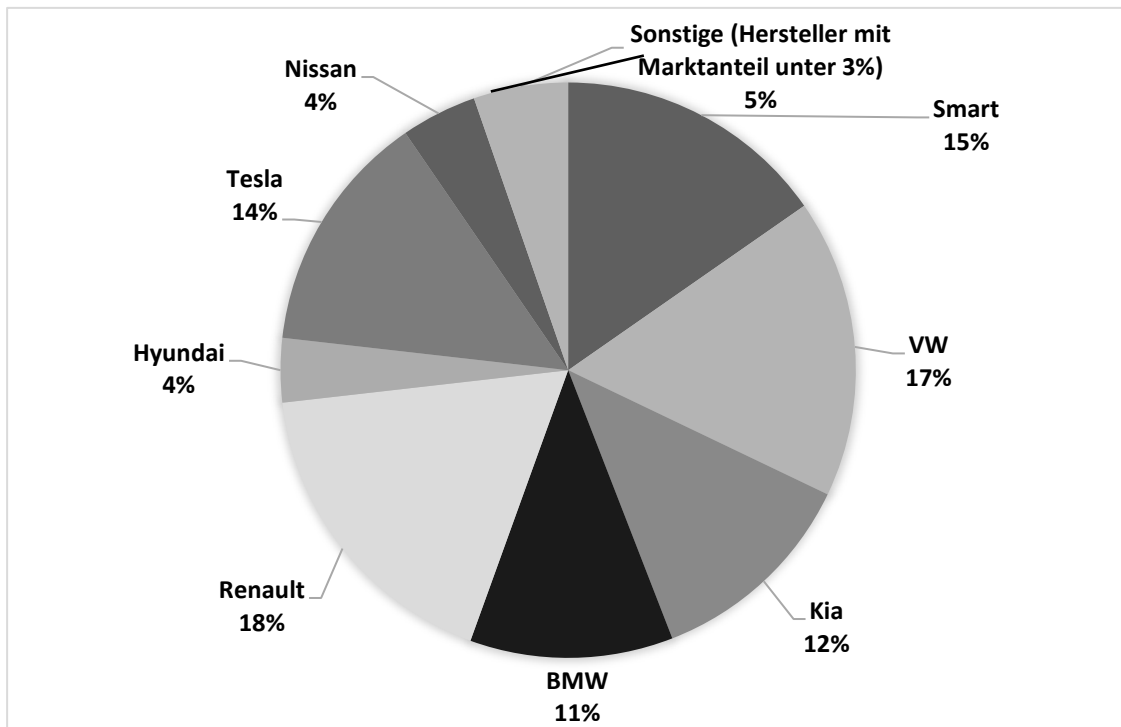


Abbildung 7: Marktanteil von Automarken am deutschen BEV-Markt 2017, eigene Darstellung basierend auf Daten von (goingelectric.de 2018) (Anhang, Tabelle 3).

Die schwachen Präsenz der Marken zeigt sich auch am Marktanteil. Am BEV Markt dominieren nach Zulassungszahlen andere Hersteller als am Gesamtmarkt. Die angebotenen Karosserieformen entsprechen ebenfalls nicht den Adoptionskriterien. 70% der zugelassenen Fahrzeuge sind Kleinwagen. Mit dem Tesla Model X ist nur ein SUV Modell und mit dem Tesla Model S nur eine Limousine am Markt verfügbar². Der hohe Anteil von Kleinwagen zeigt sich auch an den Anschaffungspreisen. Die UVP von 83% der Fahrzeuge liegt zwischen 20.000€ und 40.000€. Das Tesla Model X ist mit einer UVP von 91.250€ das einzige Modell mit einem Anschaffungspreis größer 80.000€ (Anhang, Tabelle 3)³. Der durchschnittliche Anschaffungspreis eines Fahrzeugs der Mittelklasse lag laut Statista bei rund 20.700€ (Obere Mittelklasse: 31.000€; Oberklasse: 44.800€; Luxusklasse: 98.000€; Große SUV: 65.800€) (Statista - Das Statistik-Portal 2018).

² Die Karosserieformen wurden nach Herstellerangaben zugeordnet. Falls von diesem keine genaue Angabe gemacht wurde, wurde das Fahrzeug subjektiv eingeordnet.

³ Die Angaben zur UVP basieren auf den jeweiligen Herstellerangaben. Es wurde jeweils die günstigste Variante des Fahrzeugs gewählt.

Damit ist die Mehrheit der Fahrzeuge, mit Einberechnung der Förderung von 4000€, der Mittelklasse und der oberen Mittelklasse zuzuordnen. Oberklassefahrzeuge und große SUV werden sehr beschränkt, Luxusklassefahrzeuge gar nicht angeboten.

58% der Modelle unterstützen keine Schnellladung, nur zwei Modelle (10%) unterstützen Schnellladung über 50kW. Bei Normalladung unterstützen 47% der Modelle nur Ladeleistungen kleiner 11kW und bieten damit eine für BEVs nicht sehr praxistaugliche Lösungen, die hinter den aktuellen technischen Möglichkeiten zurückbleibt. Insgesamt variiert die unterstützte Ladeleistung im Bereich der Normalladung von Modell zu Modell stark (Anhang, Tabelle 3)⁴.

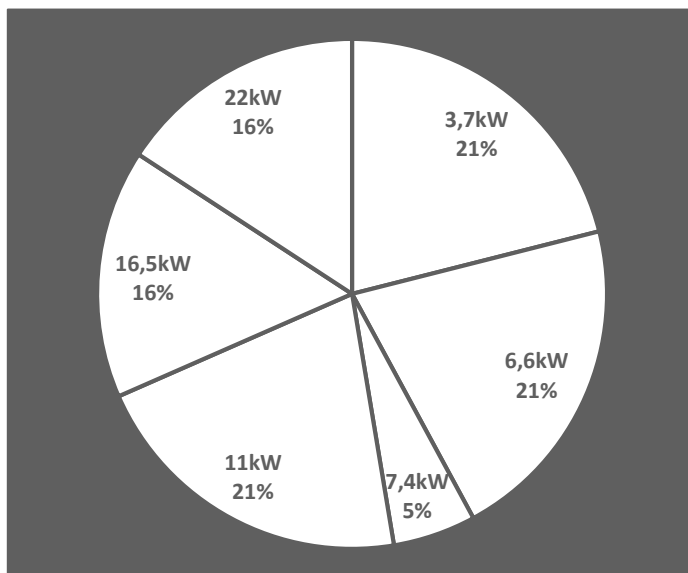


Abbildung 8: Verfügbare Normalladeleistung aller 2017 am Markt zugelassenen BEV-Modelle, eigene Darstellung (Anhang, Tabelle 3)

Die Adoptionskriterien können also nicht erfüllt werden. Es besteht weder ein ausreichendes Angebot der beliebtesten Karosserieformen, noch erfüllt ein Großteil der Modelle die vorgegebene Mindestreichweite. Schnellladung wird ebenfalls nur von weniger als 50% der Fahrzeuge unterstützt (Anhang, Tabelle 3). Die fehlende Standardisierung der Leistungen bei Normalladungen könnte zudem Pkw-Käufer verwirren und deren Unsicherheit erhöhen.

⁴ Die Angaben zur Ladeleistung basieren auf den jeweiligen Herstellerangaben. Bei mehreren verfügbaren Konfigurationen wurde jeweils die mit der höchsten Ladeleistung gewählt.

Besonders die Anforderungen von Meinungsführern können nicht erfüllt werden. Meinungsführer orientieren sich an prestigeträchtigen, in Ihrem System besonders anerkannten Produkten und sind hierfür auch bereit mehr finanzielle Ressourcen zu investieren als der Durchschnittskonsument. Die im sozialen System beliebten und prestigeträchtigen Marken bieten aber ein sehr beschränktes Angebot, welches die geforderten Adoptionskriterien nicht erfüllen kann.

Warum kaum Modelle mit höheren Anschaffungspreisen angeboten werden, bleibt nicht nachvollziehbar. Vor allem vor dem Hintergrund, dass der relative Anteil der Batterie am Anschaffungspreis bei Modellen der Ober- und Luxusklasse wahrscheinlich niedriger ist als bei preisgünstigen Modellen. Das Preis-Leistungs-Verhältnis von Elektroautos sollte sich mit steigendem Anschaffungspreis also eher verbessern. Kundenanforderungen im Bereich Reichweite und Ladezeiten sollten bei Modellen der gehobenen Preisklasse ebenfalls einfacher zu erfüllen sein. Dies zeigt sich auch daran, dass das Tesla Model S und Model X, welche preislich der Oberklasse zuzuordnen sind, als einzige Modelle am Markt die Anforderungen im Bereich Karosserieform, Reichweite und Ladezeiten erfüllen. So lässt sich auch der hohe Marktanteil Teslas am BEV-Markt erklären, obwohl der Hersteller am Gesamtmarkt kaum präsent ist.

Einzigste Erklärung für die niedrige Preispolitik bleibt der Umweltbonus, welcher nur für Fahrzeuge mit einer UVP von unter 60.000€ gilt. Dies erklärt trotzdem nicht warum 83% der Fahrzeuge eine UVP von unter 40.000€ haben und warum kein breiteres Produktportfolio angeboten wird.

4.2.4.2 Markt für PHEV

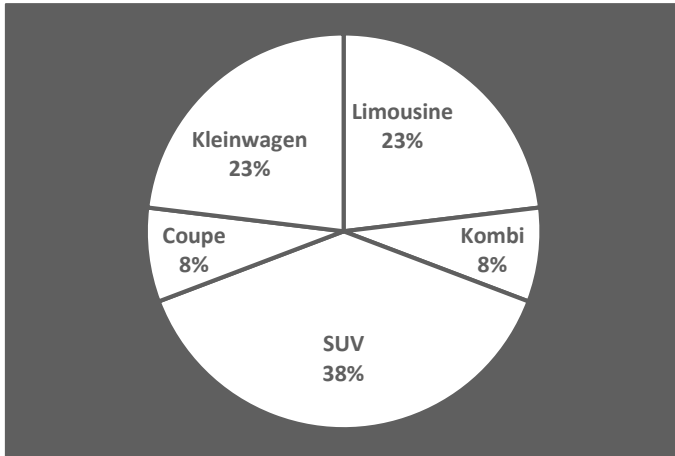


Abbildung 10: Verfügbare Karosserieformen aller 2017 am Markt verfügbaren PHEV-Modelle, eigene Darstellung (Anhang, Tabelle 4)

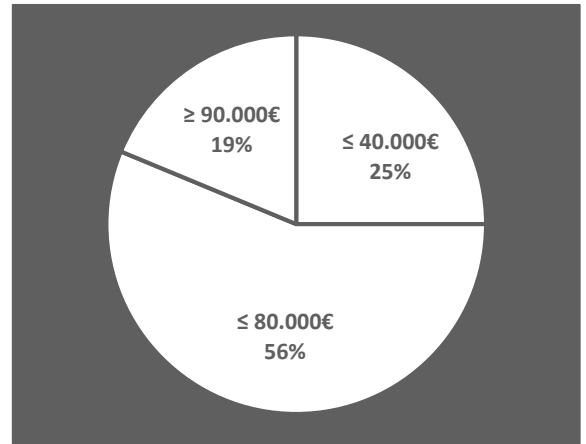


Abbildung 9: UVP aller 2017 am Markt verfügbaren PHEV-Modelle, eigene Darstellung (Anhang, Tabelle 4)

Der Markt für PHEV orientiert sich näher am Angebot des Pkw-Gesamtmarkts. 56% der Fahrzeuge haben eine UVP zwischen 40.000 und 80.000 Euro. Es sind damit deutlich mehr hochpreise Modelle am Markt vertreten.

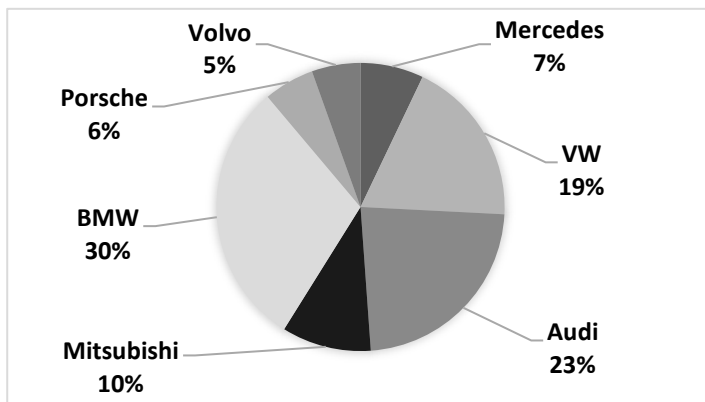


Abbildung 11: Marktanteil von Automarken am deutschen PHEV-Markt, eigene Darstellung basierend auf (goingelectric.de 2018), (Anhang, Tabelle 4)

Die Marktanteile der einzelnen Marken entsprechen deutlich mehr dem Gesamtmarkt. Sowohl Audi, VW, Mercedes und BMW bieten ein größeres Produktportfolio an. Der Mix an angebotenen Karosserieformen ist ebenfalls ausgeglichener.

Die Reichweite von PHEVs liegt momentan zwischen 30 bis 50 km (Schnitt 44,4 km). Im Regelfall wird eine Ladeleistung von 3,7 kW unterstützt, was für die beschränkte Reichweite eines PHEV ausreichend ist. Schnellladung ist hier also nicht notwendig. Die Reichweite der Modelle inklusive Benzinmotor, ist vergleichbar mit der eines Verbrenners.

Der Grund für das im Vergleich zu BEVs stärkere Wachstum der PHEVs ist also ein Portfolio, welches sowohl im Bereich der Reichweite als auch in der Vielfalt der angebotenen Modelle deutlich mehr den Adoptionskriterien entspricht und schon heute potentiell Meinungsführer ansprechen kann.

Es muss allerdings kritisiert werden, dass 30 km bis 50 km noch keine „alltagstaugliche“ Reichweite für PHEVs darstellen. Das Konzept von PHEVs ist es, alltägliche Strecken mit dem Elektromotor zurückzulegen und bei Langstrecken auf den Benzinmotor zurückzugreifen, so sollen niedrigere Betriebskosten und weniger Emissionen im Vergleich zum „normalen“ Verbrenner erreicht werden. Der durchschnittliche Deutsche legt am Tag im Schnitt rund 38 km zurück (Kraftfahrtbundesamt 2017e). Mit 30 km Reichweite ist dies nicht abdeckbar, mit 50 km nur unter guten Bedingungen.

PHEVs sind aufgrund der zusätzlichen Batterie schwerer als vergleichbare Verbrenner und haben deshalb einen höheren Benzinverbrauch. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einer Mehrheit der Nutzer somit höhere Betriebskosten und Emissionen als beim vergleichbaren Verbrenner entstehen, ist also gegeben. Die Sinnhaftigkeit der aktuellen PHEV Modelle muss also in Frage gestellt werden, vor allem im Hinblick darauf, dass die Anschaffungskosten auch hier über vergleichbaren Verbrennern liegen.

Dies könnte ein Grund sein, warum auch PHEVs noch keinen signifikanten Marktanteil an den Gesamtzulassungszahlen in Deutschland haben. Ziel sollte es sein in Zukunft PHEVs mit mindestens 100 km Reichweite am Markt zu platzieren, mit welchen alltägliche Strecken auch unter schlechten Bedingungen zurückgelegt werden können.

4.2.5 Wahrgenommene Eigenschaften von Elektroautos

Im Folgenden werden die wahrgenommenen Eigenschaften von Elektroautos in die Kriterien relativer Vorteil, Komplexität, Kompatibilität, Erwerbbarkeit und Beobachtbarkeit und Kommunizierbarkeit eingeteilt und die Ausprägung des jeweiligen Kriteriums wird mit einer Einschätzung bewertet („niedrig“, „mittel“, „hoch“).

4.2.5.1 Relativer Vorteil

Einschätzung: niedrig

Bewertet man nach den wichtigsten Adoptionskriterien Preis-Leistung, Komfort und Sicherheit, ergibt sich kein klarer relativer Vorteil für Elektroautos.

Bei der Preis-Leistung fallen sie deutlich von Verbrennern ab. Die Anschaffungskosten von Elektroautos liegen deutlich über Verbrennern und bei Betrachtung der TCO kann bei typischer Nutzung eines Pkw auch von höheren Gesamtkosten ausgegangen werden.

Für Nutzer die am Arbeitsplatz kostenlos laden können, ergibt sich möglicherweise schon heute ein finanzieller Vorteil, da der Strom nicht als geldwerter Vorteil verrechnet wird. Allerdings muss hier der Arbeitgeber den Strom kostenlos zur Verfügung stellen. Für Nutzer mit extrem hohen Fahrleistungen könnten sich ebenfalls ein Vorteil durch niedrigere TCO ergeben. Elektroautos sind aber aufgrund der geringen Reichweite für Fahrzeughalter, die regelmäßig Langstrecken zurücklegen müssen, eher ungeeignet. Insgesamt sind Elektroautos vom Preis-Leistungs-Verhältnis also vergleichsweise unattraktiv.

Im Bereich Komfort fallen sie ebenfalls ab. Elektroautos bieten zwar einerseits durch Laden zu Hause und das angenehmere Fahren Vorteile, andererseits stellen die längeren Ladezeiten, die fehlende Langstreckentauglichkeit und die beschränkte Reichweite deutliche Nachteile dar. Im Bereich Sicherheit kann angenommen werden, dass zwischen Elektroautos und Verbrennern keine signifikanten Unterschiede bestehen (vgl. Füßel 2017, S. 29–30). So stellen die bessere Performance, welche aber vor allem bei hochpreisigen Modellen relevant ist, und der Umweltschutz die einzigen klaren relativen Vorteile dar.

Das zeigt sich auch am Kaufverhalten. Elektroautonutzer geben als Kaufgrund für Elektroautos vor allem die Umweltfreundlichkeit der Fahrzeuge an. Da der Umweltschutz aber eher als unwichtiges Adoptioskriterium bewertet wird, ist davon auszugehen, dass der relative Vorteil von Elektroautos von potentiellen Nutzern als niedrig wahrgenommen wird.

Aufgrund Faktoren wie höheren Anschaffungskosten, Beitrag zum Umweltschutz und besserer Performance haben Elektroautos das Potential prestigeträchtiger als Verbrenner zu sein. Ob das tatsächlich der Fall ist kann nicht bewertet werden. Hierzu existieren keine validen Studien. Allerdings sind momentan prestigeträchtige Marken unzureichend am Markt vertreten. Die verfügbaren Modelle sind hauptsächlich im Bereich von Kleinwagen und Mittelklassefahrzeugen anzusiedeln, deren Potential hier eher beschränkt ist.

4.2.5.2 Komplexität

Einschätzung: mittel

Grundsätzlich besteht in der Bedienung und Fahrweise von Elektroautos kein signifikanter Unterschied zu Verbrennern. Komplexität ergibt sich vor allem beim Laden von Elektrofahrzeugen durch die unterschiedlichen Steckertypen und Ladeleistungen, die von Modell zu Modell variieren. Die nach Werksangaben angegebene Reichweite von Elektroautos ist von einer Vielzahl von Faktoren wie Fahrweise, Außentemperatur und Benutzung von Heizung oder Klimaanlage abhängig. Die Komplexität bezüglich Beurteilung von Reichweite und Ladezeiten könnte potentielle Nutzer verwirren und abschrecken und deren Unsicherheit erhöhen. Aufgrund der Tatsache, dass die Kernfunktion von Elektroautos, das Fahren, kaum vom bisherigen Produkt abweicht, wird die Komplexität als mittel eingestuft.

4.2.5.3 Kompatibilität

Einschätzung: mittel

Kompatibilität mit soziokulturellen Werten: Die hohe Kaufbereitschaft bezüglich Elektroautos ist besonders im Hinblick darauf als sehr positiv einzustufen, dass sich die Innovation noch im Bereich der Innovatoren befindet.

Es kann deshalb angenommen werden, dass das soziale Umfeld in Deutschland die Adoption von Elektroautos unterstützt.

Kompatibilität mit bereits etablierten Konzepten: Durch die hohe Motorisierung der Gesellschaft ergibt sich für eine Mehrheit der Pkw-Nutzer eine große „Vorprägung“ durch Verbrenner und dementsprechende Erwartungen und Gewohnheiten. Bei der Bedienung von Elektroautos müssen sich Nutzer nicht umstellen. Erwartungen ergeben sich im Bereich der Reichweite und Ladezeiten. Die angestrebte Mindestreichweite von 463 km wird nur von wenigen Modellen erreicht. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Befragten hiermit die praktisch umsetzbare Reichweite meinen. Somit würde von allen am Markt verfügbaren Modellen nur das Tesla Model X und Model S in der 100 kWh Version und der Opel Ampera-e, bei Betrieb unter guten Bedingungen, diese Kriterien erfüllen.

Die von der Mehrheit der Befragten angestrebte Ladezeit von unter 30 Minuten kann mit aktuellen Ladestationen nicht erreicht werden. Geht man davon aus, dass die angestrebte Mindestreichweite von 463 km geladen werden soll, dann erfüllt nur der exklusive Tesla Super Charger, mit einer Ladeleistung von 300-400km Reichweite in 30 Minuten, zumindest annähernd die Anforderungen. Die von 32% der Befragten akzeptierte Ladedauer von einer Stunde, kann hingegen mit 50 kW Schnellladung zumindest bei Kleinwagen erfüllt werden.

Durch eine Veränderung der „Tankgewohnheiten“ könnte das Problem der Ladezeiten möglicherweise entschärft werden. Bei Elektroautos fallen für Nutzer, die im Routinebetrieb keine Langstrecken zurücklegen, meist keine Wartezeiten für das Laden an. Für viele Nutzer mit eigenem Stellplatz wären Elektroautos in Bezug auf das Laden also heute schon ohne große Einschränkungen nutzbar. Das Problem der Ladezeiten wird also gegebenenfalls aufgrund von mangelnder Aufklärung oder Umstellungsbereitschaft überbewertet. Inwieweit Pkw-Nutzer jedoch bereit sind von den bisherigen „Tankgewohnheiten“ abzuweichen bleibt unklar. Die „Vorprägung“ durch Verbrenner ist hier sehr hoch.

Kompatibilität mit Bedürfnissen:

Die Kompatibilität mit den als wichtig herausgearbeiteten Bedürfnissen Komfort und Sicherheit wurde bereits im Abschnitt 5.2.5.1 erläutert. Die Kaufbereitschaft für Elektroautos ist hoch falls das Wunschmodell als Elektroauto erhältlich ist. Fahrzeuge der geforderten Karosserieformen und Marken sind aber kaum am Markt verfügbar. Das erhältliche Produktportfolio erfüllt also nicht die Bedürfnisse der Mehrheit der Nutzer.

4.2.5.4 Erprobbarkeit

Einschätzung: mittel-hoch

Die Erprobbarkeit kann als hoch eingestuft werden. Fast alle großen Automarken bieten Elektroautos in Ihrem Produktportfolio an. Es kann deshalb angenommen werden, dass in einer Mehrheit der Autohäuser in Deutschland Elektroautos Probe gefahren werden können. Da es sich beim Elektroauto aber noch um ein Nischenprodukt handelt, muss aber in Frage gestellt werden inwieweit diese bereit sind Elektroautos zur Verfügung zu stellen und zu bewerben. Hierzu existieren keine validen Studien. Eine genaue Einschätzung ist also nicht möglich.

„Carsharing“ ist eine weitere Möglichkeit Elektroautos zu testen. Stand Januar 2017 waren 10,4% (1782 Fahrzeuge) der Carsharing Flotte in Deutschland Elektroautos (Bundesverband Carsharing e.V 2017). Hier ist allerdings ein monetärer Aufwand notwendig.

4.2.5.5 Beobachtbarkeit und Kommunizierbarkeit:

Einschätzung: mittel

Die Beobachtbarkeit von Elektroautos ist generell hoch, da Pkw stark nach außen sichtbare Produkte sind. Aufgrund des niedrigen Marktanteils kann das Potential hier jedoch noch nicht ausgeschöpft werden. Mit zunehmender Diffusion wird die Beobachtbarkeit stark ansteigen. Der aktuelle primäre relative Vorteil der Elektromobilität, der Umweltschutz, lässt sich hingegen sehr schlecht kommunizieren, da die Konsequenzen der Anschaffung nicht sofort spürbar sind und sich nur indirekt auf den Nutzer auswirken.

4.2.6 Schlussfolgerung

Elektroautos sind momentan noch nicht massenmarkttauglich:

- Ladezeiten und Reichweiten liegen noch deutlich hinter den Adoptionskriterien.
- Das Preis-Leistungs-Verhältnis von Elektroautos ist selbst mit Einbezug der Förderung für die meisten Nutzer deutlich schlechter als bei Verbrennern.
- Das angebotene Modellportfolio ist aufgrund der fehlenden Modellvielfalt und Unterstützung durch wichtige Marken unzureichend.
- Die öffentliche Ladeinfrastruktur ist noch nicht soweit ausgebaut, dass sie eine deutschlandweite Langstreckentauglichkeit der Fahrzeuge garantiert.

Generell hat die Elektromobilität aufgrund der hohen Beobachtbarkeit und Erprobbarkeit ein großes Potential schnell übernommen zu werden. Sie bietet momentan allerdings keinen klaren relativen Vorteil zu Verbrennern, der eine Adoption rechtfertigt. Da der relative Vorteil von Elektroautos sich primär aus dem Umweltschutz ergibt, kann die Elektromobilität momentan also sogenannte „präventive Innovation“ kategorisiert werden. Eine präventive Innovation wird übernommen, „um eine ungewollte Begebenheit in Zukunft zu vermeiden“ (Rogers 2003, S. 234).

Diese Begebenheit trifft jedoch nicht mit absoluter Sicherheit ein. Die Konsequenzen der Übernahme sind nicht mit absoluter Sicherheit abzuschätzen und erst mit starker Verzögerung spürbar. Die Bereitschaft zur Adoption ist bei präventiven Innovationen dementsprechend niedriger als bei „normalen“ Innovationen. Die Diffusion läuft deshalb vergleichsweise langsam ab (Rogers 2003, 176, 236-237).

Bei präventiven Innovationen ist zudem die sogenannte Überzeugungs-Anwendungsdiskrepanz (kurz KAP Gap, bezieht sich auf knowledge, attitudes, practices) oft besonders ausgeprägt. Diese beschreibt die Diskrepanz zwischen der Meinung und Überzeugung eines Individuums und dessen praktischen Adoptionsverhaltens. (Rogers 2003, S. 176).

„Die Bildung einer negativen oder positiven Einstellung gegenüber einer Innovation führt nicht immer direkt oder indirekt zur Adoption- oder Ablehnungsentscheidung“ (Rogers 2003, S. 176).

Eine Adoption erscheint aus ethischen Gesichtspunkten zwar sinnvoll, wirkt sich auf den Nutzer kurzfristig aber kaum positiv aus. Viele Konsumenten geben deshalb zwar an die Anschaffung eines Elektroautos zu planen, jedoch wird dies aufgrund des unzureichenden relativen Vorteils nicht in die Tat umgesetzt. Die hohe Kaufbereitschaft bei Elektroautos muss deshalb kritisch hinterfragt werden. Es kann angenommen werden, dass die Diffusion der Elektromobilität sehr langsam abläuft, bis sich ein neuer relativer Vorteil neben dem Umweltschutz ergibt.

Bei PEHVs können Meinungsführer schon heute angesprochen werden. PHEVs können deshalb als Übergangstechnologie dienen, bis passende BEV Modelle am Markt erhältlich sind. Der relative Vorteil, welcher sich bei PEHVs aus den niedrigeren Betriebskosten und dem Umweltschutz ergibt, muss bei aktuell Modellen aber aufgrund der unzureichenden elektrischen Reichweite allerdings in Frage gestellt werden.

Momentan stehen also der schwache relative Vorteil, die fehlende öffentliche Ladeinfrastruktur und die unzureichende Erfüllung der Adoptionskriterien der erfolgreichen Diffusion der Elektromobilität in Deutschland im Weg. Im folgenden Abschnitt soll untersucht werden, inwieweit in Zukunft damit gerechnet werden kann, dass die Elektromobilität diese Faktoren erfüllt und ob sich möglicherweise ein neuer relativer Vorteil ergibt.

5. Exogene Faktoren

5.1 Umweltbezogene Faktoren

5.1.1 Politische und rechtliche Rahmenbedingungen in Deutschland

Die Bundesregierung beabsichtigt Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu machen. Hierzu sollen bis 2020 eine Million zugelassene Elektroautos in Deutschland erreicht werden (Bundesregierung Deutschland o.J.).

2010 wurde die Nationale Plattform Elektromobilität gegründet, welche als Beratungsgremium der Bundesregierung die Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland unterstützen soll (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) o.J.a). Abbildung 12 zeigt die von der NPE im Auftrag Bundesregierung erarbeiteten Ziele für die Marktentwicklung der Elektromobilität (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) o.J.b).

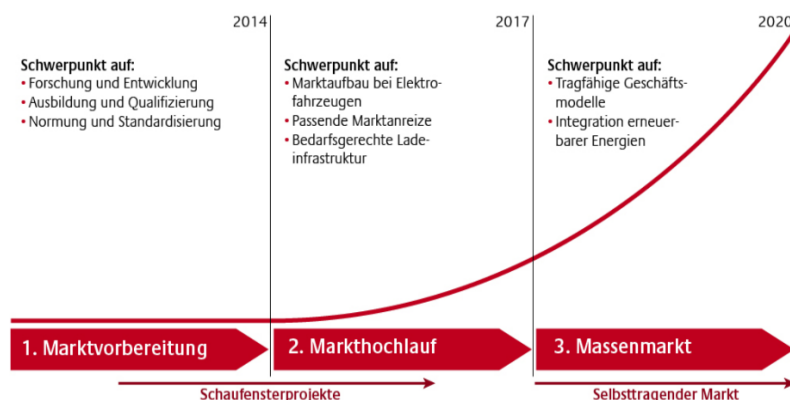


Abbildung 12: Marktentwicklung der Elektromobilität in Deutschland in drei Phasen (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) n.db)

Auf Basis der Empfehlung der NPE wurden mehrere Maßnahmen zu Förderung der Elektromobilität beschlossen. Momentan besteht das Förderungsinstrumentarium aus den Abschnitt 4.2.1 genannten steuerlichen Vorteilen und dem Umweltbonus. Seit März 2017 bis 2020 wird außerdem der Ausbau von öffentlichen Ladestationen gefördert (Ackermann 2017), hierauf wird im Abschnitt 5.1.3 genauer eingegangen. Rechtliche Einschränkungen gibt es für Elektroautos im Vergleich zu Verbrennern keine. Insgesamt können die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen in Deutschland als fördernd für den Diffusionsprozess der Elektromobilität eingestuft werden.

5.1.2 Internationales Umfeld

5.1.2.1 Internationaler Markt allgemein

Mit 600.174 abgesetzten Fahrzeugen und damit einem Marktanteil von rund 50% am weltweiten Gesamtmarkt war die Volksrepublik China 2017 der weltweit größte Markt für Elektrofahrzeuge. Den zweitgrößten Markt stellten die USA mit 166.070 abgesetzten Fahrzeugen dar. 2016 wurden 95% aller Elektrofahrzeuge in der Volksrepublik China, Japan, Nordamerika und Westeuropa abgesetzt (Abbildung 13) (International Energy Agency 2017, S. 12). Abbildung 13 zeigt den Absatz von 2016 aufgeteilt nach Regionen. Dieser Trend sollte sich auch dieses Jahr fortgesetzt haben.

Die Volksrepublik China war 2016 mit einem Anteil von 43% an der globalen Produktion, nach Volumen, auch das größte Herstellerland von elektrischen Pkw (Hertzke et al. 2017b).



Abbildung 13: Marktanteile einzelner Länder am weltweiten Elektroautoabsatz (Statista - Das Statistik-Portal, S. 32)

Die Marktsituation ist bei Elektrofahrzeugen deutlich anders als am Gesamtautomarkt. Dort dominieren nach Absatz deutlich mehr Entwicklungsländer wie Indien (Platz 6) oder Brasilien (Platz 7). Während vergleichsweise kleine Märkte wie Norwegen spielen eine weniger entscheidende Rolle spielen (focus2move 2017).

Abbildung 14 zeigt Wachstum der Elektromobilität weltweit nach Regionen. Sowohl weltweit, als auch in einzelnen Regionen ist ein konstant positives Wachstum zu erkennen. In den USA wächst der Markt seit 2014 moderat mit im Schnitt 22% pro Jahr. Die Volksrepublik China kann ein hohes Wachstum aufweisen, welches jedoch von Jahr zu Jahr absinkt. Allerdings lag dort das Wachstum in den letzten Jahren mit teilweise zwischen 100 und 200% auf einem sehr hohen Niveau (EV Obsession & CleanTechnica 2018).

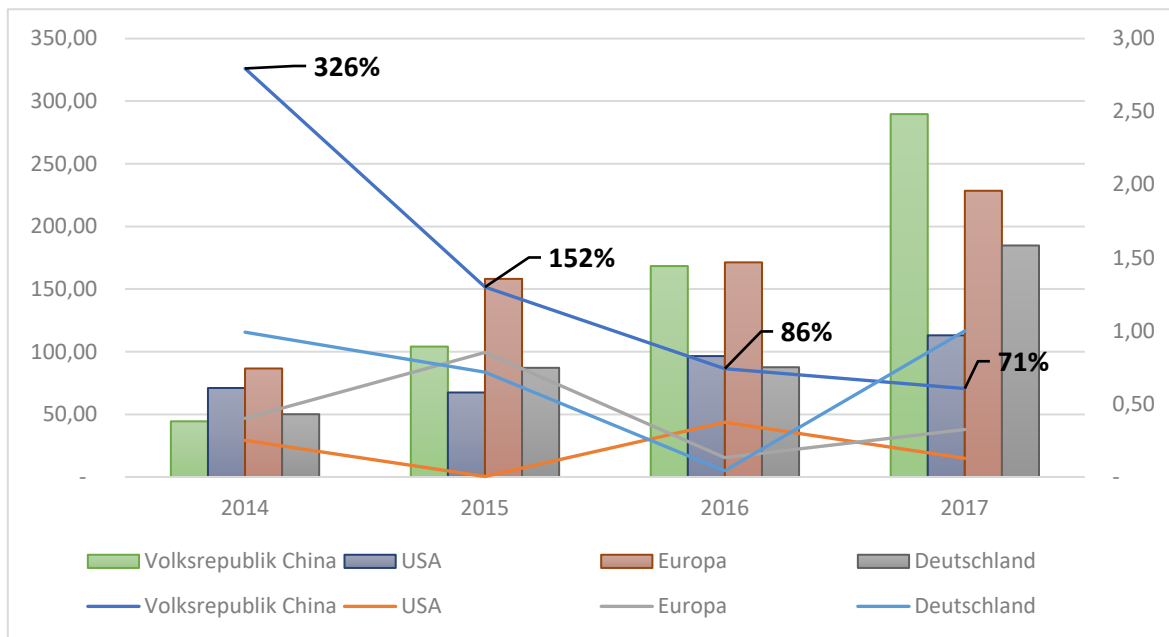


Abbildung 14: Wachstum der Elektromobilität nach Region (in Prozent)

Eigene Darstellung basierend auf Daten von (EV Obsession & CleanTechnica 2018; EV-Volumes -The Electric Vehicle World Sales Database 2018; Ward's und BEA 2018; CAAM 2018; Bekker 2018) (Tabelle 6, Anhang)

Wachstum der abgesetzten Elektroautos in Prozent als Liniendiagramm

Wachstum des Anteils von Elektroautos an den Gesamtabsatzzahlen in Prozent als Balkendiagramm

Europa wächst seit 2014 ebenfalls auf einem konstant hohen Niveau mit im Schnitt 50%. Insgesamt ergibt sich ein weltweites Wachstum der Elektromobilität von im Schnitt rund 55% zwischen 2014 und 2016. Dieses wird vor allem vom chinesischen Markt getrieben (EV Obsession & CleanTechnica 2018; EV-Volumes -The Electric Vehicle World Sales Database 2018).

In Norwegen haben Elektroautos 2017 mit 39,2% aller Neuzulassungen den weltweit höchsten Marktanteil (European Alternative Fuels Observatory 2018a). Das Land stellt damit allerdings eine Ausnahme dar. Die absoluten Marktanteile von Elektroautos an den Absatzzahlen in den einzelnen Regionen sind noch vergleichsweise gering.

In der Volksrepublik China liegt der Marktanteil bei 2,48%, in den USA bei 0,97% und in Europa bei 1,96%, Insgesamt befindet sich die Elektromobilität in den globalen Leitmärkten bis auf Ausnahmen wie Norwegen noch im Bereich der Innovatoren (EV Obsession & CleanTechnica 2018; Ward's und BEA 2018; CAAM 2018; Bekker 2018).

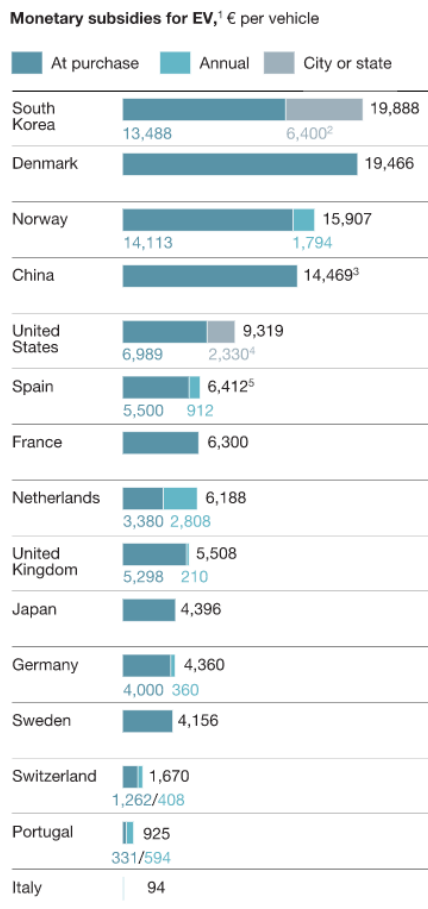


Abbildung 15: Globale staatliche Förderung von Elektromobilität, eingeteilt nach Land (in €) (Stand 2016) (Hertzke et al. 2017b)

Momentan kann angenommen werden, dass der durchschnittliche Käufer eines Elektroautos aufgrund der höheren Anschaffungskosten über ein höheres Einkommen als der Käufer eines vergleichbaren Verbrenners verfügt. Die Volksrepublik China stellt damit als Entwicklungsland mit einem vergleichsweise niedrigen Durchschnittseinkommen eine Anomalie unter den Leitmärkten dar. Das starke Wachstum dort kann vor allem auf die hohe Förderung von Elektrofahrzeugen zurückgeführt werden. Abbildung 15 zeigt eine Übersicht der staatlichen monetären Förderung von Elektroautos weltweit.

Märkte mit besonders hoher staatlicher Förderung haben deutlich höhere Absatzzahlen als Märkte ohne Förderung. Dies zeigt sich extrem an Norwegen. Das heißt, dass auch weltweit der relative Vorteil von Elektroautos als niedrig wahrgenommen wird und Elektroautos nur bei sehr hohen staatlichen

Subventionen übernommen werden. Um das global hohe Wachstum der Elektromobilität aufrechtzuerhalten, muss die Förderung also mittelfristig weiterhin bestehen bleiben, bis sich der relative Vorteil von Elektroautos entsprechend verbessert. Die Gefahr besteht, dass die Diffusion sich verlangsamt sobald die Förderung nachlässt und gegebenenfalls wechseln Nutzer sogar zu Verbrennern zurück. Es muss also die Nachhaltigkeit der bisherigen Förderung zumindest in Bezug auf ein mittelfristiges Zeitfenster untersucht werden. Es zeigt sich aber auch, dass die Regierungen großer Leitmärkte die Diffusion der Elektromobilität aktiv unterstützen und so global eine starke Dynamik entsteht. Global, in Bezug auf die Autoindustrie,

entscheidende soziale Systeme stehen also der Diffusion von Elektromobilität positiv gegenüber und treiben diese aktiv voran.

Da eine Untersuchung der Förderung aller Automärkte den Umfang dieser Arbeit überschreiten würde, werden im nächsten Abschnitt speziell die Fördermaßnahmen der Volksrepublik China untersucht. Diese beeinflusst als Marktführer im Gesamtautomarkt, als auch am Markt für Elektrofahrzeuge, maßgeblich die globale Entwicklung von Pkw. Durch eine Untersuchung der Förderung in China kann also zumindest eine Einschätzung zum zukünftigen Einfluss staatlicher Förderung auf die Elektromobilität abgegeben werden.

5.1.2.2 Gesonderte Betrachtung der Volksrepublik China

Die chinesische Regierung fördert mit monetären und nicht monetären Anreizen die Elektromobilität. Eine genaue Angabe zur Förderung kann nicht gemacht werden, da diese von Verwaltungszone und Region abhängig ist (vgl. Wang et al. 2017, S. 178–180).

„In etlichen der bedeutendsten Städte des Landes (einschließlich Peking und Shanghai), werden elektrische Fahrzeuge von Zulassungslotterien und erheblichen Zulassungsgebühren, welche für Pkw mit Verbrennungsmotor gelten, befreit. (...) Insgesamt stellt China monetäre Förderung zur Verfügung, welche repräsentativ für ein mittelgroßes Auto, ungefähr 23% des Anschaffungspreises ausmacht.“ (Hertzke et al. 2017a).

In Peking soll beispielweise die Anzahl an zugelassen Fahrzeugen unter 6,3 Millionen gehalten werden. Die Zulassung ist von einer Lotterie abhängig, in welcher monatlich ein Kontingent von 3.000 Fahrzeugbesitzern eine Zulassung erhalten können. Es bewerben sich dabei bis zu 3 Millionen Fahrzeugbesitzer monatlich auf eine Zulassung. Elektrofahrzeuge erhalten garantiert eine Zulassung (Perkowski 2017).

Der Ausbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur in China wird ebenfalls gefördert (Wang et al. 2017, S. 180) Die Fördermaßnahmen für Elektromobilität sind Teil des „Medium and Long Term Development Plan for the Automotive Industry“, den die chinesische Regierung im April 2016 beschlossen hat. Dessen Ziele ist es, unter anderem die

Entwicklung chinesischer Automarken und ökologischer Technologien im Bereich der Pkw-Herstellung zu unterstützen (Shao 2017, S. 14–17).

Die chinesische Regierung ist durch die zunehmende Abgasbelastung der Innenstädte dazu gezwungen, die Abgase zu reduzieren und setzt deshalb vor allem in Ballungsräumen auf Elektrofahrzeuge (Nils-Viktor 2017). Trotz ansteigender Produktion im Land dominierten 2016 in China mit einem Marktanteil von rund 60% ausländische Marken den lokalen Automarkt. Im Ausland konnten chinesische Marken sich bisher kaum durchsetzen (Shao 2017, S. 15–16). Um dies zu ändern, ist ein Ziel des Plans, die technologische Kernkompetenzen chinesischer Hersteller im Bereich der Autoherstellung zu verbessern (Shao 2017, S. 15). Bis 2020 sollen so eine Vielzahl an chinesischen Automarken zu den weltweit führenden Elektroautoherstellern gehören und chinesische Zulieferer sollen bei strategisch entscheidenden Teilen im Weltmarkt führend sein (Shao 2017, S. 17).

2016 war China das größte Herstellerland von Elektrofahrzeugen (Hertzke et al. 2017a) und hat aktuell die weltweit größten Kapazitäten zur Produktion von Lithium-Ionen-Batterien (Desjardins 2017). Die chinesische Automarke BYD war 2016 mit 102.500 abgesetzten Fahrzeugen, nach abgesetztem Volumen, weltweit Marktführer bei Elektrofahrzeugen (BEV+PHEV) (Moebus 2017). BYD war außerdem 2016 der nach Absatz drittgrößte Hersteller von Batterien für Elektroautos weltweit (EV Sales 2017).

Am chinesischen Elektroautomarkt sind bis auf Tesla nur chinesische Marken vertreten.
Am Gesamtautomarkt dominieren hingegen ausländische Hersteller.

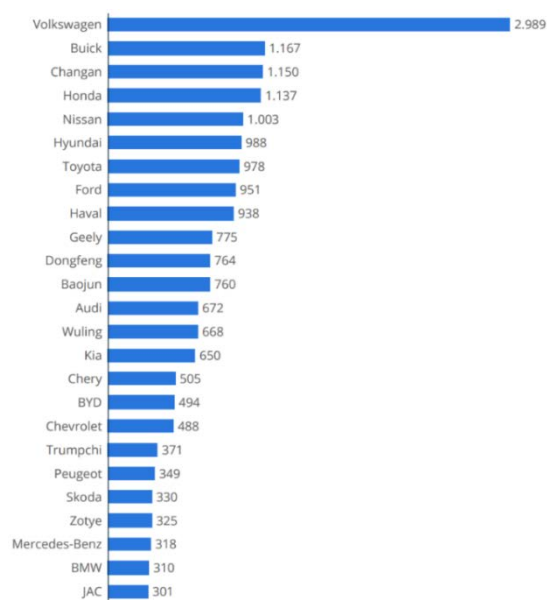


Abbildung 17: Absatz von Pkw in der Volksrepublik China 2016 nach Marken in Millionen (Statista - Das Statistik-Portal, S. 19)

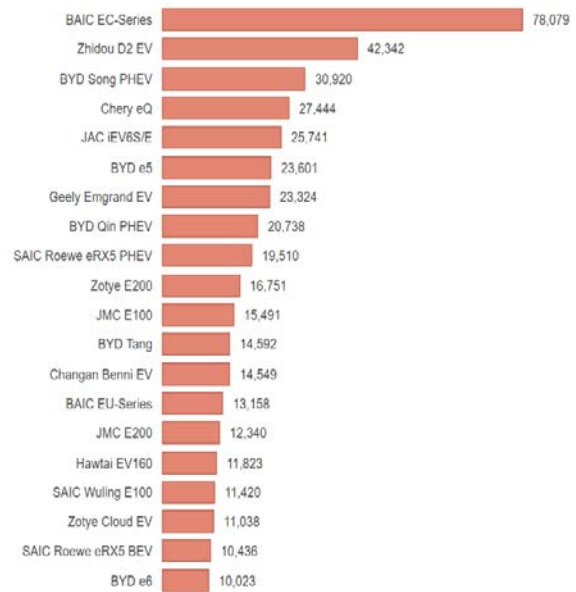


Abbildung 16: Absatz von Elektroautos in der Volksrepublik China nach Modell 2017 (Pontes 2018)

Es kann also angenommen werden, dass China Elektroautos nicht nur aufgrund von Umweltschutz fördert, sondern auch um die eigene Autoindustrie zu unterstützen. Im Bereich von Elektroautos entsprechen die lokalen technologischen Kompetenzen deutlich mehr den Anforderungen als bei der Herstellung von Verbrennern.

Die direkten Fördermaßnahmen von Elektroautos sollen in China bis 2021 sukzessiv abgebaut und durch indirekte Förderung ersetzt werden (Wang et al. 2017, S. 178; Perkowski 2017). Ab 2019 wird deshalb eine Quote für Elektroautos eingeführt.

„Ab 2019 müssen 10 Prozent der verkauften Autos einen elektrifizierten Antrieb haben, ab 2020 gilt dann eine Quote von 12 Prozent“ (Wittich et al. 2018).

Diese Quote gilt für jeden Hersteller, der Pkw am chinesischen Markt verkauft. Wird sie nicht eingehalten muss Strafe gezahlt werden (Wittich et al. 2018). Als größter Automarkt hat China mit der Förderung enormen Einfluss auf Hersteller und kann möglicherweise auch global den Markt zur Elektromobilität bewegen.

Auch ausländische Hersteller, für die China oft den wichtigsten Absatzmarkt darstellt, müssen nun verstärkt auf die Entwicklung von Elektroautos setzen, um ihre Marktanteile in China auch in Zukunft halten zu können.

„Für die deutschen Hersteller dürfte es damit auf dem bisher recht gewinnträchtigen chinesischen Markt schwieriger werden – das Geld wird dort mit großen Verbrennungsmotor-Modellen verdient. (...) Gleichzeitig hat VW für 2020 das erste Modell einer ganzen Palette von Elektroautos angekündigt, die auf einer eigenen neuen Plattform stehen (Modularer Elektrobaukasten MEB). Für Volkswagen ist China stärkster Ländermarkt.“ (Wittich et al. 2018)

Die chinesische Regierung ist also nachhaltig am Erfolg der Elektromobilität interessiert und wird voraussichtlich auch mittelfristig die Förderung fortsetzen. Besonders die Elektroautoquote könnte ein entscheidender Faktor für die Diffusion von Elektromobilität in China, aber auch global sein. Ausländische Hersteller für die China ein sehr wichtiger Absatzmarkt darstellt, müssen aufgrund der Elektroautoquote ihr Modellportfolio anpassen und deutlich mehr in die Entwicklung von Elektroautos investieren, was sich am Beispiel von VW zeigt. Mittelfristig wird sich dies auch positiv auf das in Deutschland angebotene Modellportfolio auswirken.

5.1.3 Entwicklung der öffentlichen Ladeinfrastruktur

5.1.3.1 Bestandentwicklung

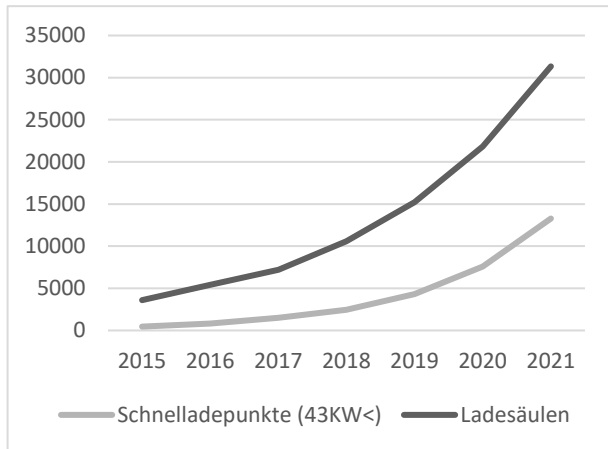


Abbildung 19: Wachstum öffentlicher Ladeinfrastruktur in Deutschland und Prognose bis 2021, eigene Darstellung (Anhang, Tabelle 5). Basierend auf Daten von (goingelectric.de 2018).

Für 2018 bis 2021 wurde eine Prognose auf Basis des durchschnittlichen Wachstums von 2015-2017 erstellt (43,5%).

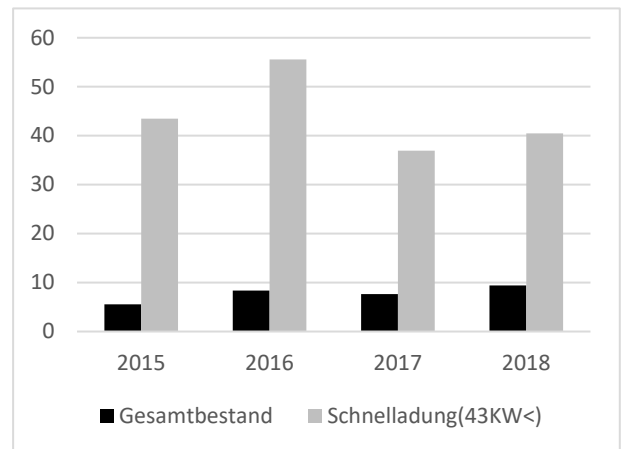


Abbildung 18: Verhältnis öffentlicher Ladeinfrastruktur zum elektrischen Fahrzeugbestand, eigene Darstellung (Anhang, Tabelle 5). Basierend auf Daten von (goingelectric.de 2018).

Im Schnitt stieg die Anzahl an Ladestationen in Deutschland⁵ seit 2015 um rund 43,5% pro Jahr an. Die Anzahl der Fahrzeuge pro Ladestation lag seit 2015 im Schnitt bei 7,7 (Anfang 2018 bei 9,4). Schnellladepunkte stiegen im Schnitt um rund 69,6% pro Jahr an. Die Anzahl an Schnellladepunkten seit 2015 durchschnittlich bei 44,1 Fahrzeugen pro Ladepunkt.

Anfang 2018 lag sie bei 40,5 Fahrzeugen pro Ladepunkt (goingelectric.de 2017d). Die benötigten 10.200 Schnellladestationen könnten bei Fortsetzung des aktuellen Wachstums bereits zwischen 2020 und 2021 erreicht werden. Grundsätzlich sind die Zahlen kritisch zu betrachten und geben, wie im Abschnitt 5.2.2.4 festgestellt, im Vergleich zu anderen Quellen einen relativ hohen Bestand an. Die Tendenz im Zeitverlauf kann jedoch als glaubwürdig betrachtet werden.

⁵ Pro Ladestation existieren laut goingelectric.de 2017d aktuell rund 2,9 Ladepunkte. Die genaue Anzahl der Ladepunkte im Zeitverlauf wird von goingelectric.de nicht angegeben. Beim Gesamtbestand werden also Ladestationen angegeben. Die Angaben zur Schnellladung basieren hingegen auf Ladepunkten. Die Angaben sind immer zum Januar des jeweiligen Jahres.

Zudem bilden ChargeMap.com (ChargeMap.com 2017) und der BDEW (Bundesverband für Energie und Wasserwirtschaft 2017) in Ihren Angaben eine vergleichbare Entwicklung ab. Geht man von einem konservativeren Bestand von rund 2000 Schnellladepunkten bei gleicher Wachstumsrate aus, so würde die kritische Masse zwischen 2021 und 2022 erreicht werden. Die Arbeit folgt dieser Annahme.

Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass sich die Ladeinfrastruktur konstant positiv parallel zum Fahrzeugbestand entwickelt hat. Besonders das hohe Wachstum der Schnellladepunkte kann als sehr positiv für den Diffusionsprozess bewertet werden. Beim Gesamtbestand zeigt sich ein leichter Abfall beim Verhältnis zum Fahrzeugbestand im Vergleich zu den Vorjahren. Dies kann durch den extrem hohen Anstieg des Fahrzeugbestandes 2017 erklärt werden (fast Verdoppelung). Ladesäulen müssen erst geplant und gebaut werden, dementsprechend ist mit einer verzögerten Reaktion auf das hohe Wachstum von Elektroautos 2017 und der damit verbundenen wachsenden Nachfrage zu rechnen.

Eine Pressemeldung von „NewMotion“, dem laut goingelectric.de zweitgrößten Anbieter von öffentlicher Ladeinfrastruktur in Deutschland (goingelectric.de 2017d), unterstützt diese These. Hier wird ein Zuwachs der Ladevorgänge in deutschen Bundesländern von 200% bis 300% zwischen September 2016 und 2017 angegeben (goingelectric.de 2017a).

Nach der erstellten Prognose würde die für positive Netzwerkeffekte benötigte Menge an Schnellladestationen also 2021-2022 erreicht werden. Ob diese eine ausreichende geographische Abdeckung Deutschlands bietet, muss weiterhin kritisch betrachtet werden. Seit März 2017 wird allerdings der Ausbau von öffentlichen Ladestationen von der Bundesregierung gefördert (Ackermann 2017). Diese Förderung wird die zukünftige Entwicklung der öffentlichen Ladeinfrastruktur in Deutschland beeinflussen. Im nächsten Abschnitt werden die Auswirkungen des Förderprogramms untersucht.

5.1.3.2 Förderprogramm der Bundesregierung

Am 1. März 2017 startete das insgesamt 300 Millionen Euro umfassende Förderprogramm für Ladeinfrastruktur der Bundesregierung mit welchem bis zu 60% der Kosten öffentlicher Normal- und Schnellladeinfrastruktur gefördert werden können. Die Fördersumme wird innerhalb von mehreren Förderaufrufen bis 2020 ausgeschüttet (Ackermann 2017). Insgesamt sollen mithilfe des Förderprogramms 5000 Schnelllade- und 10.000 Normalladestationen entstehen (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017a). Bisher haben zwei Förderaufrufe stattgefunden.

Innerhalb des ersten Förderaufrufs, welcher von März bis April 2017 stattfand (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017b), wurde Stand 13.09.2017 die Förderung von 5087 Normal- und 920 Schnellladepunkten bewilligt. Es kann angenommen werden, dass sich die Mehrheit dieser Stationen noch in Planung oder im Bau befinden. Basierend auf den Zahlen von goingelectric.de (goingelectric.de 2017d) entstehen damit fast dreimal so viele Normalladepunkte, wie 2017 insgesamt errichtet wurden. Die bewilligten Schnellladepunkte entsprechen in etwa dem Gesamtwachstum von Schnellladepunkten 2017 und fast einem Drittel des Gesamtbestandes in Deutschland. Da hier Zahlen von goingelectric.de verwendet wurden, die generell zu hoch angesetzt sind, ist die Entwicklung im Vergleich zum realen Bestand wahrscheinlich noch positiver. Der erste Förderaufruf war schon kurz nach der Bekanntgabe im AC-Bereich überzeichnet (Schwierz 2017). Zum zweiten Förderaufruf sind noch keine Ergebnisse bekannt.

Der bisherige Erfolg des Förderprogramms zeigt, dass aktuell ein hohes Interesse von Anbietern am Bau von öffentlichen Ladestationen besteht. Werden die innerhalb des Förderprogramms geplanten 5000 Schnellladestationen tatsächlich errichtet, sollten die laut Nationale Plattform Elektromobilität 2016 für eine Million Elektrofahrzeuge benötigten 7100 Schnellladepunkte (Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) 2016) bis 2020 erreicht werden.

Da auch mit dem Bau von Ladestationen außerhalb des Rahmens des Förderprogramms zu rechnen ist, können möglicherweise sogar die benötigten 10.200 Schnellladepunkte vor 2020 erreicht werden. Grundsätzlich ist die Entwicklung öffentlicher Ladeinfrastruktur, besonders im Hinblick auf das Förderprogramm, als sehr positiv zu bewerten.

5.1.4 Technische Entwicklung

5.1.4.1 Entwicklung von Lithium-Ionene Batterien

Die Batterie machte Stand 2016 bei BEVs des mittleren Preissegments in den USA im Schnitt 48% des Anschaffungspreises aus (Curry 2017, S. 8). Sie ist damit die mit Abstand teuerste Komponente des Fahrzeugs und bestimmt außerdem maßgeblich dessen Reichweite. Zwei der wichtigsten Adoptionskriterien der Anschaffungspreis und die Reichweite, sind also direkt von der zukünftigen technologischen und preislichen Entwicklung der Batterie abhängig.

Seit 2010 ist ein stetiger Fall der Produktionskosten der bei Elektrofahrzeugen verwendeten Lithium-Ionen-Batterien zu erkennen. Laut McKinsey lagen die Produktionskosten einer Batterie 2010 bei rund 1000 \$/kWh und sind bis 2016 um mehr als 80% auf 227 \$/kWh gefallen (Schaufuss et al. 2017, S. 10). McKinsey ging 2012 noch davon aus, dass der Marktpreis erst 2020 rund 200 \$/kWh erreicht (Hensley et al. 2012).

Auch andere im gleichen Zeitraum veröffentlichte Studien prognostizierten vergleichbare Zahlen. Die reale Preisentwicklung war demnach deutlich positiver.

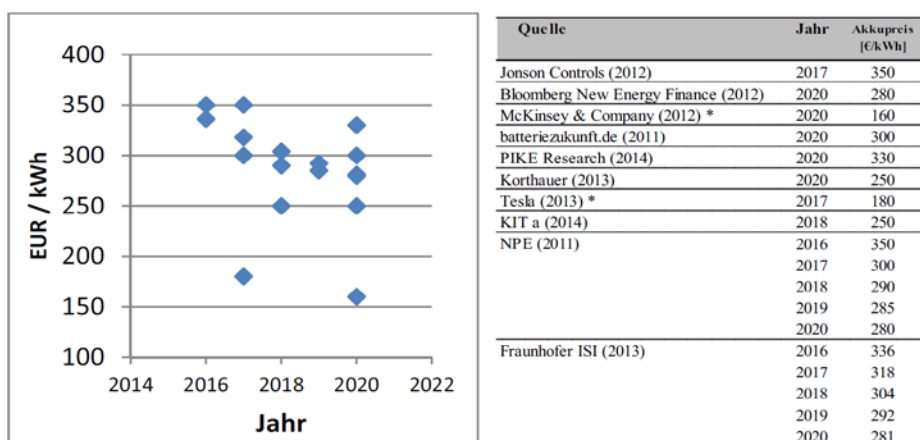


Abbildung 20: Erwartungen zur Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien 2012-2014 veröffentlichter Studien (Füßel 2017, S. 57)

Tabelle 1: Aktuelle Studien zur Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien, eigene Darstellung

Bloomberg New Energy Finance 2017 (Curry 2017, 2,7)	Der Marktpreis soll bis,2025 bei rund 100 \$/kWh und 2030 bei 74 \$/kWh liegen.
Energies 2017 (Gert Berckmans et al. 2017, S. 15–16)	Der Marktpreis soll bis 2020 auf 195\$/kWh, bis 2025 auf rund 120\$/kWh und bis 2030 auf rund 70\$/kWh fallen.
McKinsey 2017 (Schaufuss et al. 2017, S. 10)	Der Marktpreis soll bis 2020 unter 200 \$/kWh und bis 2030 unter 100\$ fallen
U.S Department of Energy 2017 (U.S. Department of Energy 2017, S. 3)	2022 sollen die Herstellungskosten bei 125\$/kWh liegen. Etwa mit 4 Jahren Verzögerung soll sich der Marktpreis dem angleichen.
Horváth & Partners 2016 (Horváth & Partners 2016)	2017 sollte der Marktpreis bei 189 €/kWh liegen. Für 2020 wurde ein Marktpreis von 108 €/kWh vorausgesagt.

Der Vergleich zeigt, dass die Entwicklung der Batteriepreise in der Wissenschaft in den letzten Jahren unterschätzt wurde (vgl. Spector 2017; Kittner et al. 2017). Hintergrund der extrem positiven Preisentwicklung sind vor allem anhaltende Investitionen in die Entwicklung und in den Bau von Fertigungskapazitäten von Lithium-Ionen-Batterien (Bloomberg New Energy Finance 2017, S. 3; Chediak 2017; Curry 2017, S. 5–6).

Bloomberg New Energy Finance und McKinsey gehen davon aus, dass sobald Preise unter 100 \$/kWh erreicht werden, Elektroautos im Anschaffungspreis auch ohne Förderung mit Verbrenner gleichziehen können (Schaufuss et al. 2017, S. 11; Watanabe 2017).

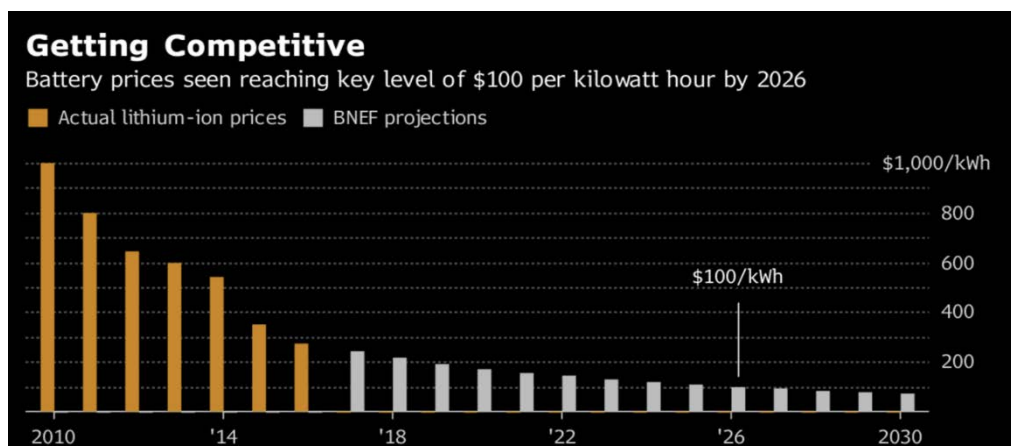


Abbildung 21: Entwicklung der Preise von Lithium-Ionen Batterien (Watanabe 2017)

Je nach Fahrzeugsegment sollen BEVs deshalb zwischen 2025 und 2030 die Anschaffungspreise von Verbrennern erreichen (Schaufuss et al. 2017, S. 11; Bloomberg New Energy Finance 2017, S. 2; Watanabe 2017). Andere Studien gehen ebenfalls davon aus, dass die 100 \$/kWh Marke in diesem Zeitraum erreicht wird (vgl. Gert Berckmans et al. 2017, S. 15–16; Horváth & Partners 2016; Schaufuss et al. 2017). Am 5.12.2017 gab Bloomberg New Energy Finance einen durchschnittlichen Marktpreis von Lithium-Ionen-Batterien von 209 \$/kWh für 2017 an (Chediak 2017). Dies liegt sehr genau innerhalb der prognostizierten Entwicklung der angehenden Studien (vgl. Schaufuss et al. 2017, S. 11; Curry 2017, 2,7; Gert Berckmans et al. 2017, S. 15–16; U.S. Department of Energy 2017, S. 3; Horváth & Partners 2016). Aufgrund der im Vergleich zu bisherigen Prognosen eher positiveren Preisentwicklung und der sehr homogenen Studienlage, kann also damit gerechnet werden, dass Elektroautos ab 2025 auch ohne Förderung die Wirtschaftlichkeit erreichen. Mit Blick auf die TCO liegen sie wahrscheinlich sogar unter Verbrennern.

Überträgt man die prognostizierten Preise für Batterien (Watanabe 2017) direkt auf die Reichweite heutiger Modelle, wäre 2025 mehr als die doppelte Reichweite zum gleichen Anschaffungspreis möglich. Allerdings spielen hier auch andere Faktoren wie beispielsweise das Gewicht der Batterie eine Rolle. Trotzdem kann neben einer sehr positiven Preisentwicklung von Elektroautos, auch mit deutlichen Verbesserungen der Reichweiten gerechnet werden.

5.1.4.2 Entwicklung der Ladesysteme

Schnellladesäulen mit größerer Ladeleistung als den momentan üblichen 50kW sind bereits erhältlich. Siemens hat beispielsweise im Mai 2017 eine Ladesäule mit einer Ladeleistung von 150 kW vorgestellt (goingelectric.de 2017c) und Porsche nahm im Juli 2017 die erste sogenannte Ultra-Schnellladesäule, welche das volle Leistungsspektrum des CCS Stecker von 350 kWh ausnutzt, in Betrieb (goingelectric.de 2017b).

VW, Daimler, BMW und Ford planen bis 2020 innerhalb eines Joint-Ventures den Aufbau eines europaweiten Netzes an Schnellladeinfrastruktur, bestehend aus diesen 350 kWh Ladesäulen (Daimler AG 2016a).

Mit dieser Leistung wäre die geforderte Mindestreichweite von 463km bei heutigen Modellen innerhalb von weniger als 10-20 Minuten aufgeladen. Das liegt deutlich unter der geforderten Höchstladedauer von 30 Minuten. Die Porsche Mission E, welche 2020 an den Markt kommen soll, wird nach aktuellem Stand als erstes Modell diese 350 kW Ladeleistung unterstützen (Fischer et al. 2017). Ab 2020 kann also mit Modellen mit einer Ladeleistung von 350 kW gerechnet werden.

Induktives Laden ist eine weitere Technologie, die kurz vor der Markteinführung steht. Dabei lädt das Fahrzeug kabellos per Induktion über eine im Boden verbaute Spule. Induktives Laden ist aktuell nur für Normalladeinfrastruktur geplant (Arbeitsgruppe 4 „Normung, Standardisierung und Zertifizierung“ der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) 2013, S. 28). Es könnte Probleme wie Platzmangel oder Vandalismus an Ladestationen lösen und so den Ausbau von öffentlicher Normallladeinfrastruktur deutlich einfacher machen. Vor allem in Innenstädten sollte so der Ausbau von Normalladeinfrastruktur so einfacher werden. Zudem würde es den Ladevorgang komfortabler gestalten. BMW plant 2018 die Einführung von ersten Modellen die induktives Laden unterstützen (welt.de 2017).

Die technologische Entwicklung der Ladeinfrastruktur ist also sehr positiv. Besonders die zeitnahe Einführung von Schnellladeleistungen, welche die Adoptionskriterien erfüllen, wird die Diffusion extrem positiv beeinflussen.

5.2 Anbieter- und wettbewerbsbezogene Faktoren

5.2.1 Anbieterbezogene Faktoren

Die laut der Studie „Trends beim Autokauf 2017“ beliebtesten Marken in Deutschland (Aral Aktiengesellschaft 2017, S. 8) Audi, BMW, VW und Mercedes Benz, sind auch nach Zulassungszahlen, die stärksten Marken in Deutschland (Stand 2016). VW ist mit einem Marktanteil von 19,5% (656.025 Fahrzeuge) Marktführer, gefolgt von Mercedes (9,3%), Audi (8,6%) und BMW (7,8%) (Kraftfahrtbundesamt 2018a).

Auch auf Konzernebene war der VW Konzern 2016 mit rund 1.261.000 zugelassenen Fahrzeugen Marktführer in Deutschland. Der VW Konzern, die Daimler AG und die BMW Gruppe stellten damit 2016 mehr als die Hälfte der zugelassenen Fahrzeugen (57,2%) in Deutschland (Kraftfahrtbundesamt 2018a).

Im folgenden Abschnitt wird die Strategie der genannten Hersteller bezüglich der Elektromobilität untersucht, da diese den größten Einfluss auf die Kaufgewohnheiten deutscher Pkw-Nutzer haben. Eine komplette Analyse aller Anbieter am Markt wurde, da dies den Umfang dieser Arbeit überschreiten würde, nicht durchgeführt.

5.2.1.1 Bisheriges Engagement

Der VW Konzern und die Daimler AG haben bisher im Bereich der Elektromobilität vergleichsweise wenig Engagement gezeigt. Vor 2017 war von der Daimler AG mit der B-Klasse nur ein BEV Modell erhältlich und der VW Konzern bietet mit dem E-Golf und dem E-Up bisher nur zwei BEV Modelle an. Ursächlich am bisher mangelnden Engagement, könnte die fehlende Kompetenz von deutschen Autokonzernen und deren Zulieferern im Bereich der Batterieproduktion sein. Diese Vermutung wird in der 2015 erschienen ZDF Dokumentation „Das Märchen von der Elektromobilität“ geäußert (Adami und Streule 2015).

Die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien findet momentan hauptsächlich in der Volksrepublik China, in Südkorea und in den USA statt (Desjardins 2017; SNE Research 2017). Deutschen Autobauer haben vor allem Kompetenzen im Bereich der Herstellung von Verbrennungsmotoren. Diese können allerdings nicht komplett auf das Elektroauto übertragen werden, da Elektroautos weniger mechanische Teile benötigen und die Konstruktion des Motors selbst deutlich weniger komplex ist (SV/DPA 2016).

Im Bereich der Herstellung und Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien fehlt ihnen allerdings die entsprechende technologische Kompetenz. Eine hohe Abhängigkeit von asiatischen Zulieferern und damit niedrigere Gewinnmargen oder ein hoher Investitionsaufwand in die Entwicklung einer eigenen Produktion von Lithium-Ionen-Batterien wären die Folge einer Elektrifizierung des Produktportfolios.

Adami und Streule 2015 kommen zu dem Schluss, dass Daimler und VW deshalb bisher mit einem Aufbau eines attraktiven Portfolios von Elektrofahrzeugen zurückhaltend waren. (Adami und Streule 2015). Seit Ende 2016 ist jedoch ein Strategiewechsel von VW und Daimler hin zur Elektromobilität zu erkennen. Folgende Abschnitte legen die zukünftige Strategie des VW Konzerns, der Daimler AG und der BMW Gruppe in Bezug auf die Elektromobilität dar.

5.2.1.2 Strategie von Volkswagen

Der VW Konzern definiert autonomes Fahren, „Shared Mobility“, Elektromobilität und Vernetzung von Fahrzeugen im Geschäftsbericht für 2016 als die Kerntrends der zukünftigen Entwicklung der Mobilität (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 52) und rechnet ab 2020 mit dem Durchbruch der E-Mobilität am Massenmarkt (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 4).

Um dieser Entwicklung gerecht zu werden plant der Konzern eine Elektrifizierung seiner Modellpalette. Bis 2025 sollen so 2-3 Millionen elektrische Pkws pro Jahr abgesetzt werden, was rund 20-25% des erwarteten jährlichen Konzernabsatzes entspricht (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 52) . VW will damit bis 2025 die weltweite Marktführerschaft nach abgesetzten Elektroautos erreichen (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 10). Zur Umsetzung dieses Ziels entwickelt VW mit der MEB Plattform (Modularer Elektrifizierungsbaukasten) eine Plattform speziell für E-Autos, auf dessen Basis bis 2025 mehr als 30 BEV Modelle am Markt platziert werden sollen (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 145).

Mit der MEB Plattform sollen Reichweiten zwischen 300 km und 600 km möglich sein. Das erste Modell auf Basis der MEB Plattform, der VW I.D, ein Kleinwagen ähnlich wie der VW Golf mit 600km Reichweite, ist bereits als Prototyp technisch umgesetzt und soll 2020 auf den Markt kommen. Ein vollelektrischer SUV und ein Mini Bus sind ebenfalls in Planung (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 19).

Um Abhängigkeiten von entsprechenden Zulieferern zu vermeiden, plant der VW Konzern außerdem den Aufbau von Kompetenzen im Bereich der Batterieproduktion (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, 42,145). In China plant VW schon früher mit dem Beginn der Elektrooffensive. Bis 2020 sollen dort 15 lokal produzierte PHEVs und BEVs am Markt platziert werden (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 44).

5.2.1.3 Strategie des Daimlerkonzerns

Auch der Daimler Konzern betrachtet Autonomes Fahren, Shared Mobility, E-Mobilität und Vernetzung von Fahrzeugen als die wichtigsten zukünftigen Entwicklungen der Mobilität (Daimler AG 2016a, S. 12). Daimler rechnet damit, dass 2025 15%-25% der abgesetzten Neufahrzeuge des Konzerns im Pkw-Bereich elektrisch sein werden (Daimler AG 2016b, S. 87). Um dieser Nachfrage gerecht zu werden, führte Daimler 2016 die „EQ“ Marke ein, unter welcher ein umfangreiches Produktportfolio im Bereich von Ladeinfrastruktur, Elektroautos und Heimspeicher am Markt platziert werden soll (Daimler AG 2016b, S. 176).

2017 wurde das Produktportfolio von Mercedes um zehn neue PHEV und das von Smart um zwei BEV Modelle ergänzt (Daimler AG 2016b, S. 24). Smart soll bis 2020 komplett auf Elektroantriebe umgestellt werden (kry/dpa/AFP 2017). Daimler entwickelt außerdem eine speziell auf BEVs ausgerichtete Plattform. Das erste Modell hiervon soll 2020 in Form eines SUVs mit 500 km Reichweite auf den Markt kommen. Dieser wurde bereits als Studie technologisch umgesetzt (Daimler AG 2016b, S. 176). Um langfristig Abhängigkeiten zu vermeiden, plant Mercedes auch den Bau eines zweiten Werks für die Batterieproduktion und den Aufbau weiterer Kompetenzen in diesem Bereich (Daimler AG 2016b, S. 76, 94).

Am chinesischen Markt, welcher 2016 mit 22% den größten Absatzmarkt für Daimler darstellte (Daimler AG 2016b, S. 92), zeigt Daimler besonderes Engagement im Bereich der Elektromobilität. Dort wurde schon 2016 in Kooperation mit dem chinesischen Hersteller BYD ein BEV mit 400 km Reichweite eingeführt (Daimler AG 2016b, S. 86).

5.2.1.4 Strategie der BMW Gruppe

Die BMW Gruppe bietet, anders als der VW Konzern und die Daimler AG, bereits eine deutlich größere Vielfalt an BEVs und PHEVs an. Sie setzt deshalb ihre bisherige Strategie im Bereich der Elektromobilität fort. Der Konzern rechnet damit, dass 2025 zwischen 15-25% seines Absatzes Elektrofahrzeuge sind. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen bis 2020 alle Modelle des Konzernportfolios als PHEVs erhältlich sein.

Ab 2020 beginnt der Konzern mit einer BEV Offensive mit der bis 2025 11 neue BEV Modelle am Markt platziert werden sollen (BMW Group 2017). BMW plant ebenfalls deutlich höhere Reichweiten als bisher. Die Limousine BMW iNext wird beispielsweise ab 2021 mit einer Reichweite von 550 km oder 750 km erhältlich sein (Ramms 2017).

5.2.1.5 Schlussfolgerung

Während die BMW Gruppe ihre bisherige Strategie fortsetzt, ist beim VW Konzern und der Daimler AG ein deutlicher Strategiewechsel in Richtung Elektromobilität zu erkennen. Besonders nach 2020 kann damit gerechnet werden, dass deutlich mehr BEVs mit alltagstauglichen Reichweiten verfügbar sind. Alle drei Konzerne sehen nach 2020 einen großen Absatzmarkt in der Elektromobilität und entsprechende Modelle sind schon in Planung, beziehungsweise technisch umgesetzt.

Die Entwicklung spezieller Plattformen für E-Fahrzeuge ist als sehr wichtiger Schritt zu bewerten. Bisher haben die Hersteller bei ihren Elektroautos auf bestehende Plattformen von Verbrennern gesetzt. Die Entwicklung einer Plattform bedeutet grundsätzlich große Investitionskosten für die Unternehmen und zeigt, dass das Engagement der Hersteller steigt. In Zukunft ist deshalb mit technologisch deutlich ausgereifteren Modellen und einer deutlich größeren Modellvielfalt zu rechnen. Ein großer Teil der geplanten Fahrzeuge sind Limousinen und SUVs und die Reichweite der Modelle bewegt sich teilweise im Bereich von 500 km.

Als Grund hinter dem Strategiewechsel der Hersteller können strengere Abgasnormen und die Marktentwicklung in China vermutet werden. In den Geschäftsberichten des VW Konzerns und der Daimler AG wird die Neuregelung der Abgasnormen in der EU ab 2018 als potentiell Risiko für das Kerngeschäft genannt. Das bisherige NEFZ Verfahren wurde im Herbst 2017 durch das sogenannte „World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure“ abgelöst, in welchem Autos praxisnaher getestet werden sollen.

Hieraus schlussfolgern Daimler und VW, dass ein größerer Fokus auf alternative Antriebe im Produktportfolio nötig ist, um auch in Zukunft die CO₂-Vorgaben der EU erfüllen zu können (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 144; Daimler AG 2016b, S. 165). Die Elektroautoquote in China setzt die Hersteller vermutlich ebenfalls unter Druck ihr Portfolio zu elektrifizieren, um dort langfristig ihre Marktposition erhalten zu können. Eine Bestätigung dieser These ist die frühere Offensive des VW Konzerns und der Daimler AG bei Elektrofahrzeugen im chinesischen Markt. Auch BMW weist in seinem Geschäftsbericht 2016 indirekt auf diese Entwicklung hin:

„Derzeit sieht die BMW Group insbesondere bei den konventionellen Antrieben eine zunehmende Verschärfung der gesetzlichen Rahmenbedingungen im Bereich der Emissionen, nicht nur in den entwickelten Märkten Europas und Nordamerikas, sondern auch in Wachstumsmärkten wie zum Beispiel China.“ (Bayerische Motoren Werke AG 2017, S. 92)

5.2.2 Wettbewerbsbezogene Faktoren

Weltweit dominieren am Pkw-Gesamtmarkt andere Hersteller als am Markt für Elektroautos⁶.

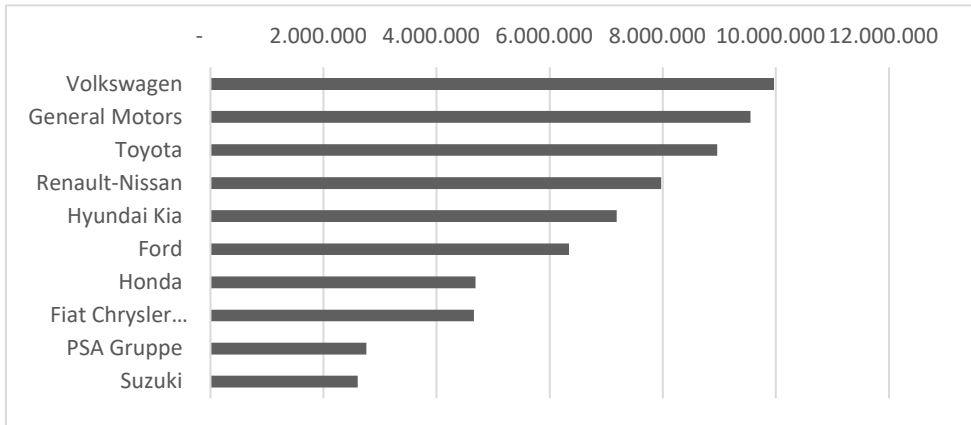


Abbildung 22: Weltweit führende Pkw-Hersteller 2016 nach Zulassungszahlen, eigene Darstellung basierend auf Daten von (manager-magazin.de 2017) (Anhang, Tabelle 7)



Abbildung 23: Weltweit führende Hersteller von Elektroautos 2016 nach Absatz (Moebus 2017)

⁶ Abbildung 23 bildet die Hersteller nach Absatzzahlen ab, Abbildung 22 verwendet Zulassungszahlen. Die Statistiken stammen aus unterschiedlichen Quellen und verwenden nicht exakt dieselbe Methodik. In Abbildung 23 wird die Renault -Nissan Allianz nicht zusammengefasst. Tendenzen können aber trotzdem abgelesen werden.

Der Elektroautomarkt unterscheidet sich deutlich vom Gesamtmarkt. Chinesische Hersteller wie BYD, BAIC und Zotye und der amerikanische Hersteller Tesla sind dort Marktführer, während etablierte Hersteller wie Toyota, Ford oder Honda keine entscheidende Rolle einnehmen. Der Elektroautomarkt wird momentan also vor allem von jungen, auf Elektroautos spezialisierten Herstellern dominiert, während etablierte Hersteller noch verhältnismäßig wenig vertreten sind. Dies liegt an dem bisher fehlenden Engagement vieler Hersteller im Bereich der Elektromobilität. Toyota bietet beispielsweise noch kein BEV-Modell in seinem Produktportfolio an (Eckl-Dorna 2017). Wie auch der VW Konzern und die Daimler AG, planen jetzt aber weitere etablierte Hersteller eine Elektroauto-Offensive:

Tabelle 2: Zukünftige Strategien im Bereich der Elektromobilität der fünf, nach Absatz, global führenden Pkw-Hersteller hinter VW, eigene Darstellung

Toyota	Plant 10 neue BEV Modell bis Anfang der 2020er. Ab 2030 soll die Hälfte des Absatzes aus Elektrofahrzeugen bestehen (20% davon BEVs) (Eckl-Dorna 2017).
Renault-Nissan	Plant 12 neue BEV Modelle bis 2022. Die Reichweite der Modelle soll ab 2020 über 600km liegen (ecomento.de 2017c).
General Motors	Plant 20 neue BEV Modelle bis 2023 (manager magazin 2017a).
Ford	Plant 40 neue elektrische Modelle bis 2022, davon 24 PEHVs und 16 BEVs (eMobilitätOnline 2017).
Hyundai Motor Group (Hyundai und Kia)	Plant 14 neue BEV Modelle bis 2025 (ecomento.de 2017a).

Tabelle 2 zeigt ein deutlich steigendes Engagement global führender Pkw-Hersteller im Bereich der Elektromobilität. Vor allem ab 2020 ist mit einer größeren Modellvielfalt zu rechnen. Als Ursachen hinter dem steigenden Engagement können die Maßnahmen der chinesischen Regierung, der zunehmende Konkurrenzdruck durch neue BEV Hersteller wie BYD und Tesla und die Verschärfung der Abgasnormen weltweit vermutet werden. Global sollte sich der Wettbewerb im Bereich von Elektroautos in Zukunft also steigern.

In Deutschland führen am PHEV Markt bereits heute etablierte Marken wie Audi, BMW und Mercedes. Am Markt für BEV weicht die Aufteilung der Marktanteile, wie noch deutlich vom Gesamtmarkt ab (vgl. Abschnitt 4.2.4).

Mit dem zunehmenden Engagement von BMW, Daimler und VW, aber auch anderer in Deutschland starker Hersteller wie Ford oder der Hyundai Motor Gruppe, sollte der Wettbewerb am deutschen BEV Markt ebenfalls ansteigen. Ob auch mit dem Eintritt chinesischer Marken in Deutschland zu rechnen ist, bleibt ungewiss. Erklärtes Ziel der chinesischen Regierung ist es, bis 2025 chinesische Elektroautomarken global wettbewerbsfähig zu machen (Shao 2017, S. 17).

Ein zunehmendes Engagement deutscher Hersteller im Bereich von BEVs konnte schon 2017 beobachtet werden. So konnte Daimler von 2016 auf 2017 den Marktanteil bei BEVs seiner Marke Smart, durch die Einführung neuer BEV Modelle (Tagesspiegel Online 2017), von weniger als 1 % auf rund 15 % steigern. VW konnte ebenfalls, wahrscheinlich durch den diesjährigen Facelift des E-Golfs (Thomas 2017), seinen Marktanteil von rund 12 % auf 17 % steigern.

Insgesamt zeigt sich sowohl global als auch in Deutschland, dass in Zukunft mit deutlich mehr Wettbewerb bei Elektroautos zu rechnen ist. Dies sollte mittelfristig zu einem attraktiveren Fahrzeugangebot und einem besseren Preis-Leistungs-Verhältnis der Modelle führen.

6. Prognose und Fazit

6.1 Prognose zur zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität

Elektroautos sprechen heute noch nicht den Massenmarkt an. Die Diffusion wird momentan noch von staatlicher Förderung getragen. Aufgrund der zukünftigen Entwicklung exogener Einflussfaktoren kann aber mittelfristig mit einer Massenmarkttauglichkeit gerechnet werden. Treiber hinter dieser Entwicklung sind der technische Fortschritt bei der Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien und bei den Ladeleistungen von Elektrofahrzeugen, die globale staatliche Förderung von Elektromobilität, vor allem in China und das positive Wachstum öffentlicher Ladepunkte in Deutschland.

6.1.1 Prognose auf Basis vom bisherigem Wachstum

Sowohl im Bereich von Ladezeiten, als auch bei der Reichweite planen die Schlüsselhersteller VW, BMW und Daimler ab 2020 Modelle, die die Adoptionskriterien von Pkw-Nutzern deutlich besser erfüllen können. Im Bereich der öffentlichen Ladeinfrastruktur ist ebenfalls ab 2020 mit dem Eintreten positiver Netzwerkeffekte zu rechnen. Aufgrund der Förderung und der geringfügigen Aufpreisbereitschaft der Pkw-Nutzern sollte die Elektromobilität schon vor 2025 viele Käufer ansprechen können. Es wird deshalb angenommen, dass die Elektromobilität zwischen 2020 und 2025 die frühen Übernehmer und damit erste Meinungsführer anspricht. Die kritische Masse von 4-6 Millionen zugelassenen Elektroautos sollte zwischen 2025 und 2030 erreicht werden, wenn die Elektromobilität mit einer besseren Preis-Leistung einen klaren relativen Vorteil zum Verbrenner bietet.

Geht man davon aus, dass sich das bisherige durchschnittliche Wachstum der Elektromobilität der letzten 3 Jahre (68% pro Jahr) weiter fortsetzt, werden die frühen Übernehmer zwischen 2021-2022 erreicht. Elektroautos würden bis dahin rund 19% der Zulassungszahlen ausmachen. Eine kritische Masse von 4-6 Millionen Fahrzeugen ab 2025 würde ab 2020 Wachstumsraten von 800.000 bis 1.100.000 Pkw pro Jahr entsprechen, was ebenfalls innerhalb der Prognose liegt.

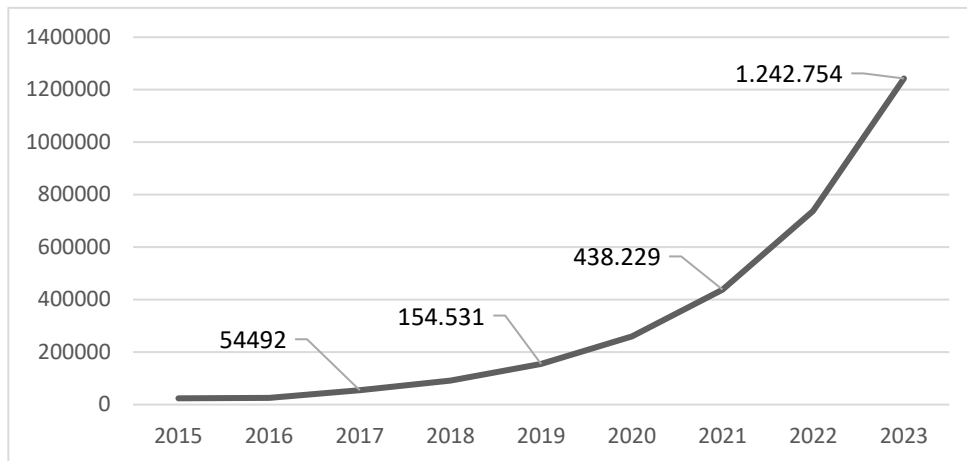


Abbildung 24: Prognose 1 auf Basis von bisherigem Wachstum in Deutschland (Anhang, Tabelle 1), eigene Darstellung. Werte von 2015-2017 basierend auf (goingelectric.de 2018).

Je nachdem wann die Förderung eingestellt oder zurückgefahren wird, sollte das Wachstum der Adoptionsrate voraussichtlich kurz nachlassen, bis der Anschaffungspreis von Elektroautos weiter gefallen ist. Dies kann das Erreichen der kritischen Masse entsprechend verschieben (Schätzung: maximal 2-3 Jahre). Ob die kritische Masse schon 2025 oder erst 2030 erreicht wird, ist also von der zukünftigen Förderung abhängig.

6.1.2 Lead-lag Analysis

Mithilfe der Lead-lag Analysis wird das relative Wachstum eines Produkts im Zeitverlauf eines Landes auf ein anderes Land übertragen, in welchem die Diffusion noch nicht so weit fortgeschritten ist. So kann die zukünftige Diffusion auf Basis der Wachstumsraten vorausgesagt werden. Allerdings gilt dies unter der Annahme, dass die Grundvoraussetzungen für die Diffusion in beiden Ländern gleich sind und sie sich lediglich durch die zeitliche Verschiebung voneinander unterscheiden (Hollensen 2011, S. 180). Dies ist natürlich ein theoretisches Idealszenario. Die Bedingungen für die Diffusion in zwei Ländern sind praktisch nie absolut identisch. Allerdings können bei Ländern, die in Ihrem Entwicklungsstand und in ihrer Kultur vergleichbar sind, durchaus Tendenzen erkannt werden.

Geht man von Norwegen als Vergleichsmarkt für Deutschland aus, ergibt sich folgende Bild: Die Diffusion der Elektromobilität am deutschen Markt liegt etwa 6 Jahre hinter dem norwegischen Markt. In Norwegen lag der Marktanteil von Elektroautos an den Zulassungszahlen 2011 etwa auf dem gleichen Niveau wie 2017 in Deutschland. Abbildung 25 zeigt das Wachstum der Zulassungszahlen von Elektroautos in Deutschland. Die Prognose ab 2018 folgt analog dem prozentualen Wachstum der Elektromobilität ab 2012 in Norwegen.

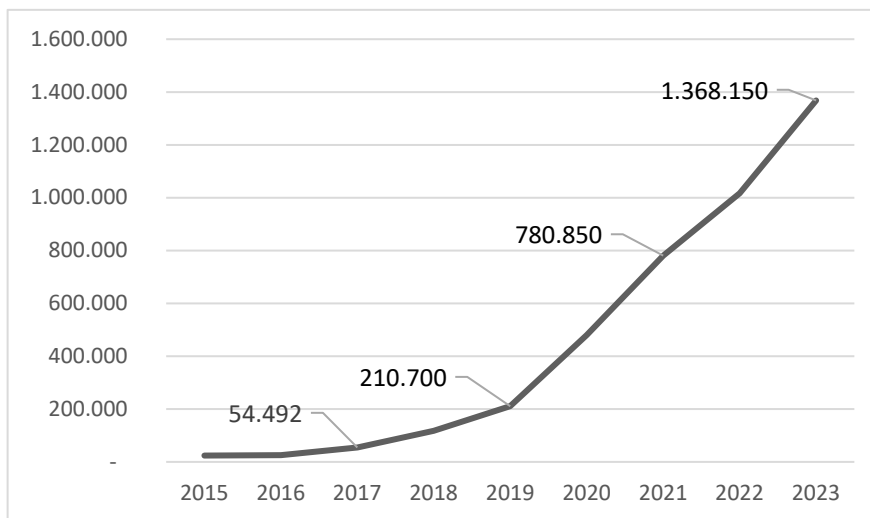


Abbildung 25: Prognose 2 auf Basis einer Lead-lag Analysis mit Norwegen als Vergleichsland, eigene Darstellung. Wachstumsraten von Norwegen basierend auf Daten von (European Alternative Fuels Observatory 2018b)(Anhang, Tabelle 8)

Nach dieser Prognose werden die frühen Übernehmer schon zwischen 2020-2021 erreicht. Zur kritischen Masse kann noch keine Aussage gemacht werden.

Die Voraussetzungen für die Diffusion sind in beiden Ländern allerdings unterschiedlich. Die Verschiebung der Diffusion kann vor allem darauf zurückgeführt werden, dass Elektroautos schon seit 2001 verschiedenste monetäre und nicht monetäre Förderung in Norwegen erhalten (European Alternative Fuels Observatory 2018b). Mit der Einführung erster attraktiver Elektroautos ab 2010/2011 stieg deshalb das Wachstum der Zulassungszahlen radikal an, da sofort eine große Anzahl an Käufern von den Elektroautos angesprochen wurde.

Das Wachstum in Deutschland verhielt sich bisher deutlich weniger sprunghaft. Aufgrund der moderateren Förderung ist im Anfangsstadium der Diffusion ist eine weniger steile Kurve zu erwarten. Der Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur in Norwegen ist im Vergleich zum Fahrzeugbestand deutlich schlechter als in Deutschland. Auf etwa 179.000 zugelassene Elektroautos (Stand September 2017) (Bigalke 2017) kommen 2000 Schnelllade- und 8900 Normallladepunkte (Stand Januar 2018) (European Alternative Fuels Observatory 2018b).

Für viele Nutzer, die ein Fahrzeug für die Langstrecke oder ein größeres Fahrzeug benötigen ist das aktuelle Angebot an Elektroautos noch nicht praxistauglich und auch mit entsprechender Förderung werden diese aktuell nicht umsteigen. Der Bestand an Elektrofahrzeugen in Norwegen erreicht also aufgrund der unzureichenden öffentlichen Ladeinfrastruktur (vgl. Bigalke 2017) und dem beschränkten Fahrzeugangebot voraussichtlich ein Plateau. Dies zeigt sich 2022 und 2023 am verlangsamen Wachstum zeigt.

In Deutschland ist hingegen mittelfristig damit zu rechnen, dass das Modellangebot und der Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur die Kundennachfrage deutlicher besser abdecken wird. Anfangs ist also aufgrund der moderateren Förderung eine weniger steile Kurve, ähnlich wie bei Prognose 1, zu erwarten. Im späteren Verlauf (etwa ab 2020) sollten die Zulassungszahlen allerdings schneller wachsen als in Norwegen.

6.1.3 Schlussfolgerung und Vergleich mit bestehenden Prognosen

Bloomberg New Energy Finance geht davon aus, dass bis 2030 24% aller weltweit abgesetzten Pkw elektrisch sein werden, wobei Europa als einer der Leitmärkte von Elektroautos ein höheres Potential hat. Bis 2030 geht man hier von 30% und bis 2040 von fast 70% aus. Die sogenannte Infrastrukturobergrenze soll allerdings innerhalb der nächsten 20 Jahre die Vollelektrifizierung des Pkw-Bestandes weltweit verhindern. Das heißt, dass der Ausbau von privater und öffentlicher Ladeinfrastruktur aufgrund von Schwächen im Stromnetz und Platzmangel nicht soweit stattfinden kann, dass für jeden Pkw-Nutzer ein Elektroauto praxistauglich ist.

In Schwellen- und Entwicklungsländern mit schwächerer Infrastruktur wird dies voraussichtlich früher eintreten als in Industriestaaten. Europa hat deshalb hier ein vergleichsweise hohes Potential. (Bloomberg New Energy Finance 2017).

Die Prognose von Bloomberg deckt sich mit den bisherigen Erkenntnissen. Da Deutschland ein Leitmarkt in Europa darstellt, kann von einem höheren Marktanteil von Elektrofahrzeugen zwischen 30% und 40% bis 2030 ausgegangen werden. Bei insgesamt rund 3,5 Millionen zugelassenen Fahrzeugen pro Jahr (Kraftfahrtbundesamt 2018b), wären das 2030 rund 1,05-1,4 Millionen Elektrofahrzeuge. Bezogen auf Prognose 1 bedeutet das, dass ab 2021-2022 das Wachstum langsam nachlassen wird.

Als Gründe für das sich verlangsamende Wachstum, können einerseits die Infrastruktur-obergrenze und andererseits Nutzeranforderungen genannt werden. Es wird weiterhin Pkw-Nutzer geben, die die Langstreckentauglichkeit und Flexibilität eines Verbrenners benötigen und selbst bei niedrigeren Kosten mittelfristig nicht auf Elektroautos umsteigen. Ein Szenario in welchem Verbrenner „Luxusartikel“ für besondere Ansprüche darstellen und Elektroautos die Norm sind, ist also durchaus denkbar. PHEVs werden bis 2025 als Übergangstechnologie dominieren. Das bisher stärkere Wachstum der PHEVs sollte sich also fortsetzen. Mittelfristig sollten allerdings BEVs die Mehrheit der zugelassenen Fahrzeuge darstellen, da PHEVs aufgrund der zwei Antriebe im Anschaffungspreis nicht mit Verbrennern gleichziehen können. BEVs bieten deshalb mittelfristig den größeren relativen Vorteil.

Andere Prognosen gehen von vergleichbaren Annahmen und Zahlen wie Bloomberg aus (International Energy Agency 2017, S. 23–25; Hannon et al. 2016; AlixPartners 2016). Speziell zu Deutschland konnten keine verlässlichen Prognosen gefunden werden. Bisherige Untersuchungen sind aufgrund einem anders als erwarteten Verlauf der technologischen Entwicklung und der Marktentwicklung veraltet (vgl. Plötz et al. 2014; Liesenkötter und Schewe 2014; Lindenberger et al. 2010, S. 99–100).

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Elektromobilität voraussichtlich ab 2021-2022 die frühen Übernehmer und Meinungsführer ansprechen kann und damit rund 1,15-1,25 Millionen zugelassene Fahrzeuge erreicht. Das Ziel von eine Million zugelassenen Elektroautos der Bundesregierung, sollte also 1-2 Jahre später als geplant erreicht werden. Die kritische Masse von 4-6 Millionen Fahrzeugen wird, abhängig davon wie das Förderprogramm weitergeführt wird, zwischen 2025 und 2030 erreicht. Mittelfristig wird sich das Wachstum verlangsamen. Ab 2030 sollten zwischen 30% und 40% Neuzulassungen in Deutschland elektrisch sein. Anfangs werden PHEVs als Übergangstechnologie den größeren Anteil am Elektroautoabsatz haben. BEVs werden diese aber mittelfristig ablösen.

Langfristig könnten allerdings auch andere Faktoren wie Ressourcenknappheit bei der Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien, die Überlastung des Stromnetzes in Deutschland (Anhang, Text 2) und die Einführung von marktreifen Brennstoffzellenfahrzeugen die vollständige Diffusion von Elektromobilität verhindern. Diese Betrachtung übersteigt allerdings den hier untersuchten Zeithorizont und den Umfang dieser Untersuchung.

6.2 Fazit

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Arbeit anhand der gestellten Forschungsfragen dargestellt.

Wo steht die Elektromobilität momentan im Verhältnis zum Gesamtautomarkt und welche Käufer spricht sie an?

Die Elektromobilität befindet sich momentan mit rund 100.000 zugelassenen Elektrofahrzeugen und damit einem Anteil von 0,2% am Gesamtfahrzeugbestand in Deutschland im Anfangsstadium der Diffusion. Auf Basis des Produktlebenszyklus sprechen Elektroautos aktuell vor allem Innovatoren an. Aktuelle Käufer übernehmen Elektroautos primär, weil sie umweltfreundlicher als Verbrenner sind. Für die Mehrheit der deutschen Pkw-Nutzer ist die Umweltfreundlichkeit des Fahrzeugs allerdings kein entscheidendes Adoptionskriterium. Unter der Annahme einer Vollelektrifizierung sollte der Massenmarkt bei einer kritischen Masse von rund 4-6 Millionen zugelassenen Fahrzeugen in Deutschland erreicht sein.

Welche Faktoren müssen erfüllt sein, dass die Elektromobilität eine kritische Masse an Nutzern in Deutschland erreicht?

Obwohl die Kaufbereitschaft für Elektroautos in Deutschland momentan sehr hoch ist, erfüllt die Elektromobilität noch nicht die Adoptionskriterien einer Mehrheit der potentiellen Nutzer in den Bereichen: Reichweite, Ladezeit und Modellauswahl. Der relative Vorteil der Elektromobilität ergibt sich aktuell primär aus dem Umweltschutz und bietet damit keinen ausreichenden Kaufanreiz.

Der unzureichende Ausbau von Schnellladeinfrastruktur wirkt sich aktuell negativ auf die Diffusion aus. Um positive Netzwerkeffekte zu erreichen, muss das Schnellladenetz soweit ausgebaut sein, dass es die Langstreckentauglichkeit von Elektroautos deutschlandweit garantiert ist. Nach einer im Abschnitt 5.1.3 erstellten Schätzung, ist dies bei einem Bestand von 10.200 Schnellladepunkten der Fall.

Die Elektromobilität muss also die Adoptionskriterien in den Bereichen Ladezeiten, Reichweite, Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur und Modellauswahl besser erfüllen und einen attraktiveren relativen Vorteil neben dem Umweltschutz bieten, um in Zukunft massenmarkttauglich zu sein.

Welche Faktoren beeinflussen die zukünftige Entwicklung der Diffusion der Elektromobilität in Deutschland?

Die Entwicklung des exogenen Umfelds zeigt, dass in Deutschland und weltweit in Zukunft ein wachsender Absatz von Elektroautos erwartet werden kann. Folgende Faktoren sind Treiber hinter diese Entwicklung:

- Staatliche Förderung der Elektromobilität in entscheidenden Pkw-Leitmärkten (Volksrepublik China, USA, Japan, Deutschland, Frankreich etc.)
- Positive technologische Entwicklung im Bereich der Batteriepreise und Ladeleistung von Elektrofahrzeugen
- Zunehmender Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in Deutschland
- Steigendes Engagement etablierter Pkw-Hersteller und damit auch zunehmender Wettbewerb

An internationalen Pkw-Leitmärkten wie den USA, Japan und der Volksrepublik China wird die Diffusion der Elektromobilität durch direkte und indirekte staatliche Fördermaßnahmen unterstützt. Besonders die Volksrepublik China zeigt hier ein hohes Engagement. Ziel hiervon ist einerseits die Reduzierung der Emissionen im Land, andererseits aber auch die Unterstützung der lokalen Autoindustrie. 2019 wird in China eine Elektroautoquote eingeführt, nach welcher 10% aller in China verkauften Fahrzeuge elektrisch sein müssen. Viele ausländische Hersteller, für die China ein extrem wichtiger Absatzmarkt darstellt, müssen deshalb ihr Modellportfolio entsprechend anpassen.

Bis 2020 sollen die Herstellungskosten von Lithium-Ionen-Batterien auf etwa die Hälfte der heutigen Kosten sinken, womit größere Reichweiten und niedrigere Anschaffungskosten für Elektroautos möglich werden. Die Anschaffungskosten von BEVs sollten sich deshalb zwischen 2025 und 2030 denen von Verbrennern angleichen.

Langfristig ergibt sich so ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis als neuer primärer Vorteil von Elektroautos. Die Ladetechnik entwickelt sich ebenfalls sehr positiv. 2020 werden erste Modelle auf den Markt kommen, die die von einer Mehrheit der Pkw-Nutzer geforderten Ladezeiten von unter 30 Minuten erfüllen können. Mithilfe des Förderprogramms der Bundesregierung kann wahrscheinlich ab 2020, der für positive Netzwerkeffekte benötigte Bestand von 10.200 Schnellladesäulen, erreicht werden.

Die für den deutschen Markt besonders entscheidenden Pkw-Hersteller der VW Konzern, die Daimler AG und die BMW Gruppe planen in Zukunft ihr Angebot an BEVs deutlich zu erweitern. Vor allem ab 2020 planen die Unternehmen ein ausgeglicheneres Fahrzeugportfolio, welches den heutigen Adoptionskriterien entsprechen sollte. Auch andere global führende Hersteller planen in Zukunft einen deutlich stärkeren Fokus ihres Modellportfolios auf die Elektromobilität. Der hierdurch entstehende intensivere Wettbewerb sollte das Angebot von Elektroautos hinsichtlich Erfüllung von Adoptionskriterien und relativem Vorteil zunehmend verbessern.

Wann kann damit gerechnet werden, dass eine kritische Masse an Nutzern in Deutschland erreicht wird?

Aufgrund der zukünftigen Entwicklung exogener Einflussfaktoren kann mittelfristig mit einer Massenmarkttauglichkeit der Elektromobilität gerechnet werden. Die Adoptionskriterien der Mehrheit der Pkw-Nutzer in den Bereichen Reichweite, Ladezeiten, Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur und Modellangebot sollten ab 2020 deutlich besser erfüllt werden können. Aufgrund der bestehenden Förderung und der geringfügigen Aufpreisbereitschaft vieler Nutzer, sollte die Elektromobilität zwischen 2020 und 2025 die frühen Übernehmer und erste Meinungsführer ansprechen können. Die kritische Masse von 4-6 Millionen zugelassenen Elektroautos sollte zwischen 2025 und 2030 erreicht werden, wenn die Elektromobilität mit der besseren Preis-Leistung einen klaren relativen Vorteil zum Verbrenner bietet. Die zukünftige Entwicklung der Förderung entscheidet letztendlich ob die kritische Masse schon 2025 oder erst 2030 erreicht wird. Anfangs werden PHEVs den größeren Anteil am Elektroautoabsatz haben. BEVs sollten diese aber mittelfristig ablösen.

7. Literaturverzeichnis

§ 3 d Kraftfahrzeugsteuergesetz.

Ackermann, Eva (2017): Bekanntmachung Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur-fuer-fahrzeuge-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Adami, Katharina; Streule, Josef (2015): Die Story im Ersten: Das Märchen von der Elektro-Mobilität. ARD, 10.08.2015. Online verfügbar unter <http://programm.ard.de/?sendung=2810615208065700>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Adolf, Jörg; Rommerskirch, Stefan (2014): Shell PKW Szenarien bis 2040. Unter Mitarbeit von Christoph Balzer, Arndt Joedicke, Uwe Schabala, Karsten Wilbrand, Natalia Anders, Alex Auf der Maur et al. Shell Deutschland Oil GmbH. Hamburg. Online verfügbar unter https://www.shell.de/promos/media/shell-passenger-car-scenarios-to-2040/_jcr_content.stream/1455700315660/b2e5b602c04e57cf59e2f047567f2510b8780ef8b9984ec1abd365706996f98e/shell-pkw-szenarien-bis-2040-vollversion.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

AlixPartners (2016): Pkw - Anteile der Antriebsarten an Neuzulassungen in Europa 2030 | Prognose. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/602769/umfrage/verteilung-der-antriebsarten-bei-den-neuzulassungen-von-pkw-in-europa/>, zuletzt aktualisiert am 06.2016, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V (2018): Kostenvergleich E-Fahrzeuge + Plug-In Hybride gegen Benziner und Diesel. München. Online verfügbar unter https://www.adac.de/_mmm/pdf/E-AutosVergleich_260562.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Aral Aktiengesellschaft (2017): Trends beim Autokauf 2017. Online verfügbar unter <http://www.aral.de/content/dam/aral/Presse%20Assets/pdfs-Broschueren/Aral-Studie-Trends-beim-Autokauf-2017.pdf>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Arbeitsgruppe 4 „Normung, Standardisierung und Zertifizierung“ der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) (2013): Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.din.de/blob/97246/c0cbb8df0581d171e1dc7674941fe409/technischer-leitfaden-ladeinfrastruktur-data.pdf>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

AUDI AG (Hg.) (2017): R8 Coupé V10. Online verfügbar unter <https://www.audi.de/de/brand/de/neuwagen/r8/r8-coupe-v10.html>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Autohaus.de (Hg.) (2016): So funktioniert der "Umweltbonus". Online verfügbar unter <https://www.autohaus.de/nachrichten/faqs-zur-elektroauto-foerderung-so-funktioniert-der-umweltbonus-1794686.html>, zuletzt aktualisiert am 20.12.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Barnard, Michael (2016): Will Electric Cars Make Traffic Quieter? Yes & No. CleanTechnica. Online verfügbar unter <https://cleantechnica.com/2016/06/05/will-electric-cars-make-traffic-quieter-yes-no/>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bayerische Motoren Werke AG (2017): Geschäftsbericht 2016. München. Online verfügbar unter https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/downloads/de/2016/BMW_GB16_de_Finanzbericht.pdf, zuletzt geprüft am 29.12.2017.

Bekker, Henk (2018): 2017 (Full Year) Europe: Car Sales per EU and EFTA Country. Car Sales Statistics. Online verfügbar unter <https://www.best-selling-cars.com/europe/2017-full-year-europe-car-sales-per-eu-efta-country/>, zuletzt aktualisiert am 17.01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bigalke, Silke (2017): Norwegen hat ein E-Auto-Problem. Süddeutsche Zeitung. Stockholm. Online verfügbar unter <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/elektroauto-norwegen-hat-ein-e-auto-problem-1.3671436>, zuletzt aktualisiert am 18.09.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bloomberg New Energy Finance (2017): Electric Vehicle Outlook 2017-Bloomberg New Energy Finance's annual long-term forecast of the world's electric vehicle market Executive Summary. Online verfügbar unter <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

BMW Group (2017): BMW Group Technology Workshops: E-Mobility. Online verfügbar unter https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/technologie_workshops/Technology_Workshops_E-Mobility.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2016): Elektromobilität (Umweltbonus). Online verfügbar unter http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html, zuletzt aktualisiert am 20.08.2017, zuletzt geprüft am 29.08.2017.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017a): Fahrzeugkonzepte für Elektroautos. Online verfügbar unter <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/fahrzeugkonzepte-fuer-elektroautos/#>, zuletzt geprüft am 20.12.2017.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017b): Wie klimafreundlich sind Elektroautos? Online verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_klimabilanz_2017_bf.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017a): BMVI - Startschuss für das Bundesprogramm Ladeinfrastruktur. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2017/019-dobrindt-e-ladesaeulenoffensive.html>, zuletzt aktualisiert am 15.02.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017b): Erster Aufruf zur Antragseinreichung gemäß der Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/erster-aufruf-zur-antragseinreichung.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bundesnetzagentur (2017): Ladesäulenregister. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte_node.html, zuletzt aktualisiert am 18.12.2017, zuletzt geprüft am 08.01.2018.

Bundesregierung Deutschland (o.J.): Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität. Online verfügbar unter https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/podcast/_node.html, zuletzt geprüft am 10.01.2018.

Bundesverband Carsharing e.V (2017): Aktuelle Zahlen und Daten zum CarSharing in Deutschland. Online verfügbar unter <https://carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/aktuelle-zahlen-daten-zum-carsharing-deutschland>, zuletzt aktualisiert am 01.01.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bundesverband Freier Tankstellen (2017): Anzahl der Autobahntankstellen in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2017. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/157962/umfrage/anzahl-der-autobahntankstellen-in-deutschland-seit-2005/>, zuletzt aktualisiert am 04.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bundesverband für Energie und Wasserwirtschaft (2017): BDEW-Erhebung Elektromobilität. Online verfügbar unter <http://www.zukunftsenergie.info/internet.nsf/id/bdew-erhebung-elektromobilitaet-de?open&ccm=300110010020>, zuletzt aktualisiert am 24.10.2017, zuletzt geprüft am 08.01.2018.

CAAM (2018): China - Automobilabsatz 2017 | Statistik. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/215337/umfrage/autoabsatz-in-china/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Camhi, Jonathan (2017): Uber to buy up to 24,000 Volvo SUVs for self-driving fleet. Business Insider Deutschland. Online verfügbar unter <http://www.businessinsider.de/uber-self-driving-taxi-fleet-24000-new-volvo-suvs-2017-11?r=US&IR=T>, zuletzt aktualisiert am 22.11.2017, zuletzt geprüft am 31.12.2017.

ChargeMap.com (2017): Anzahl der Ladestationen und der Anschlüsse für Elektrofahrzeuge in Deutschland im Zeitraum 1. Quartal 2016 bis 1. Quartal 2018 (Stand: 3. Januar 2018). Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/460234/umfrage/ladestationen-fuer-elektroautos-in-deutschland-monatlich/>, zuletzt geprüft am 04.01.2018.

Chediak, Mark (2017): The Latest Bull Case for Electric Cars: the Cheapest Batteries Ever. Bloomberg New Energy Finance. Online verfügbar unter <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-05/latest-bull-case-for-electric-cars-the-cheapest-batteries-ever>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2017, zuletzt geprüft am 31.01.2018.

Cornet, Andrea; Mohr, Detlev; Weig, Florian; Zerlin, Benno; Arnt-Philipp, Hein (2012): Mobility of the future: McKinsey&Company.

Curry, Claire (2017): Lithium-ion Battery Costs and Market. Squeezed margins seek technology improvements & new business models. Bloomberg New Energy Finance. Online verfügbar unter <https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2017/07/BNEF-Lithium-ion-battery-costs-and-market.pdf>, zuletzt aktualisiert am 05.07.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Daimler AG (2016a): BMW Group, Daimler AG, Ford Motor Company und der Volkswagen Konzern mit Porsche und Audi planen Joint Venture für ultraschnelles Hochleistungsladenetz an wichtigen Verkehrsachsen in Europa. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/BMW-Group-Daimler-AG-Ford-Motor-Company-und-der-Volkswagen-Konzern-mit-Porsche-und-Audi-planen-Joint-Venture-fuer-ultraschnelles-Hochleistungsladenetz-an-wichtigen-Verkehrsachsen-in-Europa.xhtml?oid=14866747>, zuletzt aktualisiert am 29.11.2016, zuletzt geprüft am 10.01.2018.

Daimler AG (2016b): Daimler Geschäftsbericht 2016. Hg. v. Daimler AG. Stuttgart. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/dokumente/investoren/berichte/geschaeftsberichte/daimler/daimler-ir-geschaeftsbericht-2016.pdf>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Desjardins, Jeff (2017): China Leading the Charge for Lithium-Ion Megafactories. Visual Capitalist. Vancouver. Online verfügbar unter <http://www.visualcapitalist.com/china-leading-charge-lithium-ion-megafactories/>, zuletzt geprüft am 26.12.2017.

DKE/AK EMOBILITY.60 (2016): Der Technische Leitfaden Ladeinfrastruktur – Version 2. Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e. V.; Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik; Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke; Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. Online verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/988408/750e290498bf9f75f50bb86d520caba7/leitfaden-elektromobilitaet-2016--data.pdf>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Dudenhöffer, Kathrin (2015): Akzeptanz von Elektroautos in Deutschland und China. Eine Untersuchung von Nutzungsintentionen im Anfangsstadium der Innovationsdiffusion. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-09118-7>.

Eckl-Dorna, Wilfried (2017): Toyota kündigt Elektroauto-Offensive mit 10 Modellen an. manager magazin. Online verfügbar unter <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/toyota-kuendigt-elektroauto-offensive-mit-10-modellen-an-a-1183940.html>, zuletzt aktualisiert am 18.12.2017, zuletzt geprüft am 21.01.2018.

ecomento.de (2017a): Hyundai & Kia treiben Elektroauto-Offensive voran - ecomento.de. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2017/12/13/hyundai-und-kia-treiben-elektroauto-offensive-voran/>, zuletzt aktualisiert am 13.12.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

ecomento.de (2017b): Mercedes-Elektroauto B 250 e läuft demnächst aus. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2017/06/16/mercedes-elektroauto-b-250-e-laeuft-demnaechst-aus/>, zuletzt aktualisiert am 16.06.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

ecomento.de (2017c): Renault, Nissan & Mitsubishi planen Elektroauto-Großangriff - ecomento.de. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2017/09/21/renault-nissan-und-mitsubishi-planen-elektroauto-grossangriff/>, zuletzt aktualisiert am 21.09.2017, zuletzt geprüft am 21.01.2018.

elektronik-zeit (o.J.): Elektroautos im Winter - Reichweite unter 50% - Infos und Hintergründe. Online verfügbar unter <https://www.elektronik-zeit.de/elektroauto-im-winter-heizung-kostet-reichweite/>, zuletzt geprüft am 21.09.2017.

eMobilitätOnline (2017): Elektroautos: Ford legt noch einen drauf. Online verfügbar unter <https://www.emobilitaetonline.de/news/wirtschaft/3866-elektroautos-ford-legt-noch-einen-drauf>, zuletzt aktualisiert am 16.01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

European Alternative Fuels Observatory (2018a): Europe. Online verfügbar unter <http://www.eafo.eu/europe>, zuletzt aktualisiert am 2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

European Alternative Fuels Observatory (2018b): Norway | EAFO. Online verfügbar unter http://www.eafo.eu/content/norway#country_pev_market_share_graph_anchor, zuletzt aktualisiert am 02.02.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

EV Obsession & CleanTechnica (2018): EV sales Archives | CleanTechnica. Online verfügbar unter <https://cleantechnica.com/tag/ev-sales/>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

EV Sales (2017): Größte Hersteller von Batterien für Elektroautos weltweit nach Absatz 2016 | Ranking. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/490657/umfrage/ranking-zu-den-groessten-herstellern-von-batterien-fuer-e-autos-nach-absatz/>, zuletzt aktualisiert am 02.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

EV-Volumes -The Electric Vehicle World Sales Database (2018): Global Plug-in Sales. Online verfügbar unter <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Fischer, Peter R.; Götze, Jan; Andreas, Huber; Kacher, Georg (2017): Porsche Mission E (2019): Vorschau - E-Porsche bleibt studiennah. Auto Bild. Online verfügbar unter <http://www.autobild.de/artikel/porsche-mission-e-2019-vorschau-5819678.html>, zuletzt aktualisiert am 29.12.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

focus2move (2017): Global Auto Market: The top 100 countries ranking in 2016. Online verfügbar unter <http://focus2move.com/world-car-market/>, zuletzt aktualisiert am 02.06.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Freese, Christian; Schönberg, Tobias; Horstkötter, Dirk (2014): Shared mobility - How new businesses are rewriting the rules of the private transportation game. München: ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS GMBH.

Frenzel, Ina; Jarass, Julia; Trommer, Stefan; Lenz, Babara (2015): Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung. 2. Aufl. Berlin: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.(DLR). Online verfügbar unter http://elib.dlr.de/96491/1/Ergebnisbericht_E-Nutzer_2015.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Füßel, Andreas (2017): Technische Potenzialanalyse der Elektromobilität. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, zuletzt geprüft am 29.01.2018.

Gaul, Armin (2017): Ausbau der Ladeinfrastruktur aus Betreibersicht. Innogy SE. Online verfügbar unter https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/dienstleistungen/vollversammlung/VV2017-05/7_Gaul.pdf, zuletzt geprüft am 31.01.2018.

Gert Berckmans; Maarten Messagie; Jelle Smekens; Noshin Omar; Lieselot Vanhaverbeke; Joeri Van Mierlo (2017): Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030. In: *Energies* 10 (9). DOI: 10.3390/en10091314.

goingelectric.de (2017a): NewMotion: Ladevorgänge steigen um bis zu 3.728 %. Online verfügbar unter <https://www.goingelectric.de/2017/12/06/news/newmotion-ladevorgaenge-stiegen-um-bis-zu-3728-prozent/>, zuletzt aktualisiert am 06.12.2017, zuletzt geprüft am 10.01.2018.

goingelectric.de (2017b): Porsche präsentiert Schnellladepark in Berlin. Online verfügbar unter <http://www.goingelectric.de/2017/07/14/news/porsche-praesentiert-schnellladepark-in-berlin/>, zuletzt aktualisiert am 14.07.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

goingelectric.de (2017c): Siemens stellt Schnellladesäule mit 150 kW vor. Online verfügbar unter <http://www.goingelectric.de/2017/05/08/news/siemens-schnellladesaeule-150-kw/>, zuletzt aktualisiert am 08.05.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

goingelectric.de (2017d): Stromtankstellen Statistik für Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/statistik/Deutschland/>, zuletzt geprüft am 09.01.2018.

goingelectric.de (2018): Zulassungszahlen von Elektroautos und Plug-In Hybriden. Online verfügbar unter <https://www.goingelectric.de/zulassungszahlen/>, zuletzt aktualisiert am 02.2018, zuletzt geprüft am 07.01.2018.

Hannon, Eric; Ramkumar, Surya; McKerracher, Colin; Itamar, Orlandi; Wilshire, Micheal; Trygegestad, Christer et al. (2016): An integrated perspective on the future of mobility. McKinsey&Company; Bloomberg New Energy Finance. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability%20and%20resource%20productivity/our%20insights/an%20integrated%20perspective%20on%20the%20future%20of%20mobility/an-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility.ashx>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Hartmans, Avery; McAlone, Nathan (2016): The story of how Travis Kalanick built Uber into the most feared and valuable startup in the world. Business Insider Deutschland. Online verfügbar unter <http://www.businessinsider.de/ubers-history?op=1>, zuletzt aktualisiert am 01.08.2016, zuletzt geprüft am 31.01.2018.

Haufe (Hg.) (o.J.): Dienstwagen, 1-%-Regelung / 1.2 Nachteilsausgleich für Elektrofahrzeuge. Online verfügbar unter https://www.haufe.de/personal/personal-office-premium/dienstwagen-1-regelung-12-nachteilsausgleich-fuer-elektrofahrzeuge_idesk_PI10413_HI4725769.html, zuletzt geprüft am 20.12.2017.

Hensley, Russell; Newman, John; Rogers, Matt (2012): Battery technology charges ahead. McKinsey&Company. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/battery-technology-charges-ahead>, zuletzt aktualisiert am 06.2012, zuletzt geprüft am 30.01.2018.

Hertzke, Patrick; Müller, Nicolai; Schenk, Stephanie (2017a): China's electric-vehicle market plugs in. McKinsey&Company. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/global-themes/china/chinas-electric-vehicle-market-plugs-in>, zuletzt aktualisiert am 06.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Hertzke, Patrick; Müller, Nicolai; Schenk, Stephanie (2017b): Dynamics in the global electric-vehicle market. McKinsey&Company. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/dynamics-in-the-global-electric-vehicle-market>, zuletzt aktualisiert am 07.2017, zuletzt geprüft am 15.01.2018.

Hollensen, Svend (2011): Global marketing. A decision-oriented approach. 5. ed. Harlow: Financial Times Prentice Hall.

Holzer, Holger (2014): Elektroauto noch nichts für kühle Rechner. ZEIT ONLINE. Online verfügbar unter <http://www.zeit.de/mobilitaet/2014-03/elektroauto-preis-vergleich/seite-2>, zuletzt aktualisiert am 03.03.2014, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Horváth & Partners (2016): Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien | Prognose. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus/>, zuletzt aktualisiert am 04.2016, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

International Energy Agency (2017): Global EV Outlook 2017: IEA Publications. Online verfügbar unter <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook2017.pdf>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Karnowski, Veronika (2014): Diffusionstheorien. Baden-Baden: Nomos (Konzepte, 6). Online verfügbar unter <https://doi.org/10.5771/9783845260334>.

Kittner, Noah; Lill, Felix; Kammen, Daniel M. (2017): Energy storage deployment and innovation for the clean energy transition. In: *Nat. Energy* 2 (9), S. 17125. DOI: 10.1038/nenergy.2017.125.

Koch, Alexander (2017): E-Autos: Elektroquote in China ab 2018 (Update!). Hg. v. Auto Zeitung. Online verfügbar unter <http://www.autozeitung.de/china-elektroquote-136922.html#>, zuletzt aktualisiert am 02.01.2018, zuletzt geprüft am 10.01.2018.

Kraftfahrtbundesamt (2017a): Anzahl der gemeldeten Pkw in Deutschland in den Jahren 1960 bis 2017 (Bestand in 1.000). Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12131/umfrage/pkw-bestand-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 07.01.2018.

Kraftfahrtbundesamt (2017b): Anzahl der Neuzulassungen von Elektroautos in Deutschland von 2003 bis 2017. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244000/umfrage/neuzulassungen-von-elektroautos-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

Kraftfahrtbundesamt (2017c): Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2017. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

Kraftfahrtbundesamt (2017d): Pkw-Bestand in Deutschland nach Kraftstoffarten (Stand: 1. Januar 2016 und 1. Januar 2017). Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/4270/umfrage/pkw-bestand-in-deutschland-nach-kraftstoffarten/>, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

Kraftfahrtbundesamt (2017e): Verkehr in Kilometern der deutschen Kraftfahrzeuge im Jahr 2016. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html, zuletzt aktualisiert am 15.06.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Kraftfahrtbundesamt (2018a): Anzahl der Neuzulassungen von Personenkraftwagen in Deutschland im Jahr 2017 nach Marken. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167008/umfrage/neuzulassungen-von-pkw-nach-marken-in-deutschland/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Kraftfahrtbundesamt (2018b): Anzahl der Neuzulassungen von Pkw in Deutschland von 1955 bis 2019 (in Millionen). Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/74433/umfrage/neuzulassungen-von-pkw-in-deutschland/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

kry/dpa/AFP (2017): Umrüstung: Deutsche Autobauer verkünden Elektrooffensive. Hg. v. SPIEGEL ONLINE. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/smart-soll-komplett-auf-elektroantrieb-umgeruestet-werden-a-1167185.html>, zuletzt aktualisiert am 11.09.2017, zuletzt geprüft am 29.12.2017.

Liebl, Johannes (Hg.) (2017): Grid Integration of Electric Mobility. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Proceedings).

Liesenkötter, Bernd; Schewe, Gerhard (2014): E-Mobility. Zum Sailing-Ship-Effect in der Automobilindustrie. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Lindenberger, Dietmar; Schlesinger, Michael; Lutz, Christian (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Berlin. Online verfügbar unter http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2010/EWI_2010-08-30_Energieszenarien-Studie.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

manager magazin (2017a): General Motors und Ford attackieren Tesla. Online verfügbar unter <http://www.manager-magazin.de/finanzen/boerse/angriff-auf-tesla-general-motors-und-ford-starten-elektroauto-offensive-a-1171075.html>, zuletzt aktualisiert am 03.10.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

manager magazin (2017b): Ranking der Autokonzerne nach weltweiten Zulassungszahlen: Das sind die größten Autobauer, das ändern die jüngsten Deals. Online verfügbar unter <http://www.manager-magazin.de/fotostrecke/ranking-weltgroesste-autohersteller-2016-nach-zulassungszahlen-fotostrecke-145789-2.html>, zuletzt aktualisiert am 13.03.2017, zuletzt geprüft am 21.01.2018.

Mennekes GmbH & Co. KG (o.J.): MENNEKES - Plugs for the world: Grundlagenwissen. Online verfügbar unter <http://www.mennekes.de/index.php?id=grundlagenwissen1>, zuletzt geprüft am 10.12.2017.

Moebus, Fabian (2017): Infografik: China ist das Boom-Land der Elektroautos. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/infografik/9530/china-ist-das-boom-land-der-elektroautos/>, zuletzt aktualisiert am 23.05.2017, zuletzt geprüft am 14.01.2018.

MWV; Energie Informationsdienst; Tank & Rast (2017): Anzahl der Tankstellen in Deutschland bis 2017 | Statistik. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2621/umfrage/anzahl-der-tankstellen-in-deutschland-zeitreihe/>, zuletzt geprüft am 09.01.2018.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (o.J.a): Arbeitsweise | Nationale Plattform Elektromobilität. Online verfügbar unter <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/die-npe/arbeitsweise/>, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (o.J.b): Der Ansatz | Nationale Plattform Elektromobilität. Online verfügbar unter <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/hintergrund/der-ansatz/>, zuletzt geprüft am 11.01.2018.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (Hg.) (2015): Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Online verfügbar unter http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG3_Statusbericht_LIS_2015_barr_bf.pdf, zuletzt geprüft am 08.01.2018.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2016): Wegweiser Elektromobilität, zuletzt geprüft am 08.01.2018.

Nils-Viktor, Sorge (2017): Elektroautos: China stürmt im Ländervergleich an die Spitze - manager magazin. Online verfügbar unter <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroautos-china-stuermt-im-laendervergleich-an-die-spitze-a-1152325.html>, zuletzt aktualisiert am 16.06.2017, zuletzt geprüft am 01.01.2018.

Perkowski, Jack (2017): How China Is Raising The Bar With Aggressive New Electric Vehicle Rules. Forbes. Online verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/jackperkowski/2017/10/10/china-raises-the-bar-with-new-electric-vehicle-rules/#51be99a177ac>, zuletzt aktualisiert am 10.10.2017, zuletzt geprüft am 19.01.2018.

Plötz, Patrick; Gnann, Till; Kühn, Andre; Wietschel, Martin (2014): Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe, zuletzt geprüft am 01.02.2018.

Porsche Deutschland (o.J.): Porsche 911 Carrera GTS. Online verfügbar unter <http://www.porsche.com/germany/models/911/911-carrera-gts/http://www.porsche.com/germany/models/911/911-carrera-gts/>, zuletzt aktualisiert am 20.08.2017, zuletzt geprüft am 10.12.2017.

Ramms, Tim (2017): BMW i5 / INEXT AB 2021 Fährt 750 km elektrisch und autonom. auto motor und sport. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/news/bmw-i5-inext-2021-elektro-autonom-fahren-752641.html>, zuletzt aktualisiert am 02.05.2017, zuletzt geprüft am 29.12.2017.

Rogers, Everett M. (2003): Diffusion of innovations. Fifth edition, Free Press trade paperback edition. New York, London, Toronto, Sydney: Free Press (Social Science).

Schaufuss, Patrick; Hertzke, Patrick; Hensley, Russell; Knupfer, Stefan M. (2017): How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability: McKinsey&Company. Online verfügbar unter <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and->

assembly/our-insights/electrifying-insights-how-automakers-can-drive-electrified-vehicle-sales-and-profitability.

Schlesinger, Michael; Lindenberger, Dietmar; Lutz, Christian (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Prognos AG; EWI-Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln; Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS). Online verfügbar unter http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2010/EWI_2010-08-30_Energieszenarien-Studie.pdf, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

Schmidt, Sabine (2009): Die Diffusion komplexer Produkte und Systeme. Ein systemdynamischer Ansatz. Zugl.: Cottbus, Techn. Univ., Diss., 2008. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Gabler Edition Wissenschaft). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-8196-7>.

Schwierz, Peter (2017): Erster Förderbescheid für 595 Ladepunkte geht nach Hamburg - electrive.net. electrive.net. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2017/04/29/bundesfoerderprogramm-ladeinfrastruktur-erster-foerderbescheid-geht-nach-hamburg/>, zuletzt aktualisiert am 29.04.2017, zuletzt geprüft am 13.08.2017.

Seibt, Philipp (2016): Taxidienst: Uber verliert vor Gericht - und nun? SPIEGEL ONLINE. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/fahrdienst-uber-uberpop-bleibt-in-deutschland-verboten-a-1096768.html>, zuletzt aktualisiert am 09.06.2016, zuletzt geprüft am 11.08.2017.

Shankleman, Jess (2017): Pretty Soon Electric Cars Will Cost Less Than Gasoline. Bloomberg New Energy Finance. Online verfügbar unter <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-05-26/electric-cars-seen-cheaper-than-gasoline-models-within-a-decade>, zuletzt aktualisiert am 26.05.2017, zuletzt geprüft am 05.01.2018.

Shao, Yongyu (2017): The Implementation and Prospects of China's Medium- and Long-term Development Plan for the Automotive Industry. In: *Mizuho China Monthly*. Online verfügbar unter

https://www.mizuhobank.com/fin_info/cndb/economics/monthly/pdf/R512-0093-XF-0105.pdf, zuletzt geprüft am 19.01.2018.

Siekemeier, Reinhard (2017): Sammelportale für Ladeinfrastruktur. Hg. v. Energie & Management GmbH. Online verfügbar unter https://extranet.thuega.de/de/infokanal/marktnachrichten/marktnews_detail.jsp?newsId=119122, zuletzt geprüft am 28.12.2017.

SNE Research (2017): Marktanteil der größten Hersteller von Lithium-Ionen-Akkus weltweit 2016 | Ranking. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/490589/umfrage/ranking-zu-den-groessten-herstellern-von-lithium-inonen-akkus-weltweit/>, zuletzt geprüft am 26.12.2017.

Spector, Julian (2017): Study: We're Still Underestimating Battery Cost Improvements. Greentech Media. Online verfügbar unter <https://www.greentechmedia.com/articles/read/were-still-underestimating-cost-improvements-for-batteries#gs.SHA6Des>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2018, zuletzt geprüft am 31.01.2018.

Statista - Das Statistik-Portal (Hg.) (2018): Consumer Markets-Automobile, Preis pro Einheit. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/outlook/1000000/102/automobile/europa#market-volumeBrand>, zuletzt geprüft am 18.01.2018.

SV/DPA (2016): Das Elektroauto vernichtet Arbeitsplätze. Focus Online. Online verfügbar unter https://www.focus.de/auto/elektroauto/auto-vw-personalchef-werk-salzgitter-braucht-neue-aufgaben_id_5930673.html, zuletzt aktualisiert am 13.09.2016, zuletzt geprüft am 26.12.2017.

Tagesspiegel Online (2017): Elektrisch für weniger als 18 000 Euro. Online verfügbar unter <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/neuer-smart-electric-drive-elektrisch-fuer-weniger-als-18-000-euro/19442608.html>, zuletzt aktualisiert am 26.02.2017, zuletzt geprüft am 21.01.2018.

Tesla (2017): Model S bestellen. Online verfügbar unter https://www.tesla.com/de_DE/models/design, zuletzt geprüft am 08.12.2017.

The Mobility House (o.J.a): Ladezeitenübersicht. Online verfügbar unter https://shop.mobilityhouse.com/de_de/ladezeitenuebersicht/, zuletzt geprüft am 10.12.2017.

The Mobility House (o.J.b): PHOENIX CONTACT Design Ladekabel Typ 2 - Typ 1 (7,4 kW, 32 A, 5m). Online verfügbar unter https://shop.mobilityhouse.com/de_de/ladekabel/design-charging-cable-type2-type1-7-4kw-32a-5m.html, zuletzt geprüft am 10.12.2017.

The Mobility House (2017): Übersicht aller relevanten Ladekabelarten und Steckertypen für die Elektromobilität. Online verfügbar unter <http://www.mobilityhouse.com/de/ladekabelarten-und-steckertypen/ined>, zuletzt geprüft am 09.12.2017.

Thomas, Jörn (2017): FACELIFT FÜR DEN VW E-GOLF (2017) Der neue Elektro-Kompaktwagen im Fahrbericht. auto motor und sport. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/fahrberichte/vw-e-golf-vii-2017-facelift-fahrbericht-11949453.html>, zuletzt geprüft am 26.12.2017.

U.S. Department of Energy (2017): Energy Efficiency & Renewable Energy. Online verfügbar unter <https://energy.gov/sites/prod/files/2017/02/f34/67089%20EERE%20LIB%20cost%20vs%20price%20metrics%20r9.pdf>, zuletzt geprüft am 30.01.2018.

Veit, Jörg; Staudacher, Fritz (2017): WissensFächer - Elektromobilität. 1., 2017. Heidelberg: Hüthig (de-WissensFächer).

Volkswagen Aktiengesellschaft (Hg.) (2017): Geschäftsbericht 2016. Online verfügbar unter https://www.volkswagenag.com/presence/investorrelation/publications/annual-reports/2017/volkswagen/de/Y_2016_d.pdf, zuletzt geprüft am 28.12.2017.

Wang, Ning; Pan, Huizhong; Zheng, Wenhui (2017): Assessment of the incentives on electric vehicle promotion in China. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, S. 177–189. DOI: 10.1016/j.tra.2017.04.037.

Ward's; BEA (2018): U.S. vehicle sales 1977-2017 | Statistic. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://www.statista.com/statistics/199983/us-vehicle-sales-since-1951/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Watanabe, Chisaki (2017): Why Battery Cost Could Put the Brakes on Electric Car Sales. Hg. v. Bloomberg New Energy Finance. Online verfügbar unter <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-11-28/electric-cars-need-cheaper-batteries-before-taking-over-the-road>, zuletzt aktualisiert am 28.11.2017, zuletzt geprüft am 31.01.2018.

welt.de (Hg.) (2017): Das Ende der Kabelei: Induktives Laden bei BMW - WELT. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/motor/news/article164063881/Induktives-Laden-bei-BMW.html>, zuletzt aktualisiert am 27.04.2017, zuletzt geprüft am 06.01.2018.

Wikipedia (2017a): Elektroauto. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=168616171>, zuletzt aktualisiert am 08.12.2017, zuletzt geprüft am 10.12.2017.

Wikipedia (2017b): Stromtankstelle. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=168182464>, zuletzt aktualisiert am 13.12.2017, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

Wikipedia (2017c): Tesla Supercharger. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=168254018>, zuletzt aktualisiert am 11.12.2017, zuletzt geprüft am 12.12.2017.

Wittich, Holger; Hebermehl, Gregor; Of, Andreas (2018): CHINA GEGEN
SPRITSCHLUCKER 553 Automodelle dürfen nicht mehr gebaut werden. auto motor und
sport. Online verfügbar unter [https://www.auto-motor-und-
sport.de/news/elektroautoquote-produktionsverbote-verbrauchsvorgaben-china-
2019-12185074.html](https://www.auto-motor-und-sport.de/news/elektroautoquote-produktionsverbote-verbrauchsvorgaben-china-2019-12185074.html), zuletzt aktualisiert am 02.01.2018, zuletzt geprüft am
19.01.2018.

8. Anhang

1. Texte

1. Technologiecluster

Innovationen können durch Interaktion untereinander die gegenseitigen Diffusion unterstützen. Der Erfolg von Personal Computern am Massenmarkt machte beispielsweise das Internet zugänglicher und attraktiver für Konsumenten, während der Zugang zum Internet den Personal Computer attraktiver machte. Beide Technologien haben ihren jeweiligen relativen Vorteil durch die Interaktion miteinander erhöht. Innovationen werden von Konsumenten also häufig nicht isoliert, sondern als ein zusammenhängendes Bündel wahrgenommen. Solche Bündel werden als Technologiecluster bezeichnet (Rogers 2003, S. 249–250). Bei der Untersuchung des Diffusionsprozesses einer Innovation muss deshalb überprüft werden, ob die Innovation Teil eines interagierenden Systems von mehreren Innovationen ist, welche die gegenseitige Diffusion beeinflussen.

Sowohl der Volkswagen Konzern als auch die Daimler AG sehen Vernetzung, autonomes Fahren, „Shared Mobility & Services“ und die Elektrifizierung von Pkw als die aktuellen globalen Kerntrends des Automobilsektors bis 2025 (Volkswagen Aktiengesellschaft 2017, S. 52; Daimler AG 2016b, S. 12). Die Studien „How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability“ (Schaufuss et al. 2017) und „An integrated perspective on the future of mobility“ (Hannon et al. 2016) von McKinsey&Company kommen zum gleichen Ergebnis.

Im folgenden Abschnitt soll untersucht werden, in welchem Verhältnis diese Entwicklungen zur Elektromobilität stehen. Erst werden die jeweiligen Trends erläutert und anschließend wird deren Verhältnis zur Elektromobilität herausgearbeitet.

1.2 Vernetzung

Die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung der Gesellschaft wirkt sich auch auf die Anforderungen von Kunden an die Mobilität aus. Im Jahr 2012 benutzen rund 28% der Konsumenten in den USA ihr Smartphone während des Fahrens (Cornet et al. 2012, S. 6). Es ist ein zunehmendes Bedürfnis bei Pkw-Nutzern, digitale Angebote gefahrlos und fest integriert im Fahrzeug zu nutzen, erkennbar. 2015 waren rund 37% der Pkw-Nutzer in den USA bereit, die Marke zu wechseln, sollte die Alternative ein besser vernetztes Auto bieten (Hannon et al. 2016, S. 19–20).

Cornet et al. 2012 kommt zu dem Ergebnis, dass durch Medienintegration im Auto, bei durchschnittlicher täglicher Nutzung von 50 Minuten, weltweit ein Markt von 5 Milliarden US\$ entstehen könne (Cornet et al. 2012, S. 6).

Zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen untereinander mit einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur über das sogenannte IoT (Internet of things) ermöglicht außerdem eine neue Fahrerfahrung und mehr Effizienz und Sicherheit im Verkehr (Hannon et al. 2016, S. 19–20). Durch die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander wird letztendlich auch das autonome Fahren technisch umsetzbar (Hannon et al. 2016, S. 19–20).

1.3 Shared Mobility & Services

Durch die Digitalisierung der Mobilität ergeben sich neue Möglichkeiten Konsumenten individuell angepasst Mobilitätsservices anzubieten. Der globale Erfolg der ride-hailing App Uber zeigt eindrucksvoll wie hoch die Nachfrage unter Konsumenten weltweit in diesem Bereich ist (Hartmans und McAlone 2016). Auch wenn das klassische Geschäftsmodell von Uber in Form eines P2P (peer to peer) ride-hailing Mobilitätsservices vorerst aufgrund juristischer Hürden in Deutschland gescheitert ist (Seibt 2016), zeigt dies doch das enorme Potential dieser Art von Dienstleistungen. Freese et al. 2014 rechnet bis 2020 mit einem jährlichen Wachstum des ride-hailing Marktes um 35% bis auf ein Gesamtumsatzpotential von 3,6 bis 5,3 Milliarden US\$ (Freese et al. 2014, S. 8–10). Neben ride-hailing werden auch andere „shared mobility“ Dienstleistungen wie Carsharing immer populärer. Der Markt für Carsharing wird global bis 2020 perspektivisch um 30% pro Jahr steigen um ein Umsatzpotential 3,7 bis 5,6 Milliarden US\$ zu erreichen (Freese et al. 2014, S. 8–10).

Die Studie „Mobility of the future“ prognostiziert, dass im Jahr 2030 eins von zehn verkauften Autos Teil der einer Carsharing Flotte sein könnte (Cornet et al. 2012). Da Carsharing Fahrzeuge eher für den Stadtverkehr und Kurzstrecken verwendet werden, aber meist eine hohe Gesamtfahrleistung haben, sind hier Elektroautos aufgrund der geringeren Betriebskosten besonders attraktiv.

Im Januar 2017 waren 10,4% (1782 Fahrzeuge) der Carsharing Flotte in Deutschland Elektroautos (Bundesverband Carsharing e.V 2017). Mit sinkenden Anschaffungspreisen und steigenden Reichweiten sollte der Anteil hier weiter stark ansteigen.

1.4 Autonomes Fahren

Durch Vernetzung von Fahrzeugen untereinander über das IoT und den technologischen Fortschritt im Bereich der künstlichen Intelligenz, soll laut Hannon et al. 2016 bereits gegen 2025 das autonome Fahren der Stufe 4 möglich sein. Die Stufe 4 bezeichnet die höchste Stufe des autonomen Fahrens, in welcher sich das Fahrzeug durchgängig unabhängig ohne Eingreifen des Fahrers im Straßenverkehr bewegen kann. Hannon et al 2016 geht davon aus, dass das autonome Fahren eine Plattform für eine Vielzahl neuer Mobilitätsservices wie Carsharing und ride-hailing bietet (Hannon et al. 2016, S. 18–20).

So beteiligt sich Uber in einer Kooperation mit Volvo an der Entwicklung von autonomen Fahren, mit dem Ziel einen autonomen ride-hailing Service zu schaffen. Durch autonome Fahrzeuge sollen die Kosten pro Meile von ride-hailing unter die von einem privaten Fahrzeug fallen (Privates Fahrzeug 0,57 \$/Meile, autonomes ride-hailing 0,17 \$/Meile) (Camhi 2017).

1.5 Zusammenhang der Trends

Die zunehmende Vernetzung und Digitalisierung von Fahrzeugen unterstützt also die Entwicklung von Shared Mobility Dienstleistungen und autonomen Fahren. Autonomes Fahren wird in Zukunft Shared Mobility noch günstiger und attraktiver machen. Da bei ride-hailing und Carsharing im Schnitt Kurzstrecken bei hoher Gesamtfahrleistung zurückgelegt werden, sind Elektroautos aufgrund der niedrigeren Betriebskosten hier attraktiver als Verbrenner. Schon heute sind bereits 10% der Carsharing Fahrzeuge in Deutschland elektrisch. Im privaten Bereich geht Hannon et al 2016 davon aus, dass durch autonomes Fahren die Anzahl an Pkws pro Haushalt zurückgeht. Autonomes Fahren ermöglicht einen geteilten Pkw im Haushalt, welcher am Tag von verschiedenen Mitgliedern „herbeigerufen“ und benutzt werden kann. Auch hier steigt die Gesamtfahrleistung von Pkws. Sobald Elektroautos also Reichweite und Ladeanforderungen der Konsumenten erfüllen, wären sie aufgrund der niedrigeren TCO auch hier die attraktivere Wahl (Hannon et al. 2016, S. 35).

Es bildet also ein Technologiecluster mit einer positiven Wechselwirkung der Trends untereinander. Die positive Auswirkung von Carsharing auf die Elektromobilität sind schon heute zu erkennen. Die Wirkung von autonomen Fahren hingegen wird voraussichtlich 2025 sichtbar sein, wenn Modelle die vollautonomes Fahren unterstützen am Markt erhältlich sind.

2. Zusätzliche Belastung des Stromnetzes durch Ladeinfrastruktur

Durch die Zunahme an Elektrofahrzeugen wird das elektrische Netz, vor allem durch das private Laden, zusätzlich belastet. Problematisch ist dabei weniger der zusätzliche Strombedarf, sondern die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge, welche zu einer Überlastung des Netzes führen können. Die Verteilnetze in Deutschland sind momentan nicht darauf ausgelegt, dass in einem Straßenzug mehrere Haushalte ein Elektroauto mit einer Ladeleistung von 11-22 kW gleichzeitig laden können (Liebl 2017, S. 81–102). Dies ist besonders vor dem Hintergrund bedenklich, dass ein Großteil der Ladevorgänge nach momentanen Nutzungsgewohnheiten zwischen 18 und 21 Uhr stattfinden (Frenzel et al. 2015, S. 55). In diesem Zeitraum besteht generell ein hoher Strombedarf und damit auch eine hohe Netzauslastung. Momentan gibt es im Netzbereich aufgrund der geringen Verbreitung an Elektroautos noch wenig Handlungsbedarf (Liebl 2017, S. 81–102). In Zukunft könnte sich dies allerdings ändern.

Mit dem aktuellen Netz wäre bei einem Marktanteil von Elektroautos von 25% und einer Ausstattung der Haushalte mit 22 kW Ladestationen bei normalem Ladeverhalten mit einer Überlastung zu rechnen (Gaul 2017). Als Lösung hierfür können, über sogenannte intelligente Zähler, flexible Stromtarife angeboten werden, welche Verbrauchern finanzielle Anreize geben zu Zeiten zu laden in denen die Netzbelastung niedrig ist. So könnte der Strompreis beispielsweise bei einer hohen Netzbelastung höher sein als bei niedriger (Liebl 2017, S. 81–102; Gaul 2017).

Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung in Deutschland von 38km pro Tag (Kraftfahrtbundesamt 2017e) sind die meisten Ladevorgänge innerhalb von weniger als einer Stunde abwickelbar und damit zeitlich flexibel. Verbraucher könnten dazu bewegt werden ihr Auto beispielsweise nach 24 Uhr zu laden, wo die Netzbelastung aufgrund des geringen allgemeinen Stromerbrauchs deutlich niedriger ist. Die Technik zur zeitlichen Einstellung von Ladevorgängen ist bei den vielen am Markt erhältlichen Ladestationen bereits heute vorhanden (beispielsweise Mennekes Amtron Stationen).

Solche Konzepte erfordern allerdings eine entsprechend komplexe technische Umsetzung, die möglichst nutzerfreundlich jeden Morgen ein vollgeladenes Auto gewährleistet. Dies könnte zusätzliche Kosten beim Pkw-Nutzer verursachen (Liebl 2017, S. 81–102). Möglicherweise muss deshalb der Staat mittelfristig den Markt entsprechend regulieren, um Anreize beim Verbraucher zu schaffen solche Lösungen zu nutzen.

Abbildung 1: Einfluss von Elektrofahrzeugen auf das deutsche Stromnetz (Gaul 2017, S. 3)

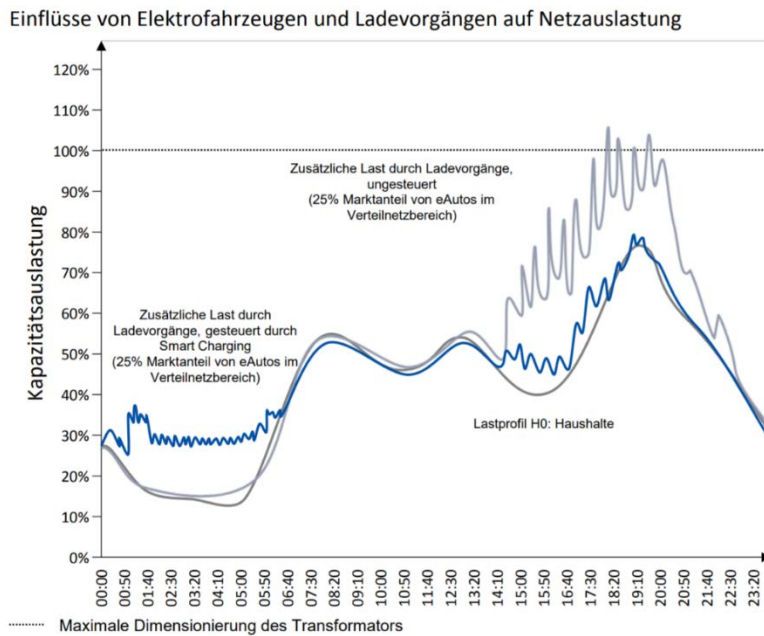


Abbildung 1 zeigt, dass durch intelligente Lösungen die zusätzliche Netzbelastung von Elektromobilität kaum eine Rolle spielt. Generell kann geschlussfolgert werden, dass die Netzbelastung langfristig ein Bottleneck für die Diffusion der Elektromobilität darstellen könnte. Es bestehen aber bereits Lösungsansätze zu dieser Problematik. Entscheidend wird sein wie schnell und effizient diese praktisch umgesetzt werden können.

2.Tabellen

Tabelle 1 Marktentwicklung Elektromobilität in Deutschland im Vergleich zum Gesamtmarkt und Prognose

Jahr	PHEV	BEV	Gesamt	Wachstum PHEV (%) im Vergleich zum Vorjahr	Wachstum BEV (%) im Vergleich zum Vorjahr	Gesamtwachstum (%) im Vergleich zum Vorjahr	Pkw-Neuzulassungen (gerundet)	Wachstum Pkw-Gesamtzulassungen (%) im Vergleich zum Vorjahr	Anteil Elektroautos (%) an den Gesamtzulassungszahlen
2010		542	542				2.920.000		0,019
2011		2154	2154		297,42	297,4169742	3.170.000	8,56	0,068
2012		2956	2956		37,23	37,23305478	3.080.000	-2,84	0,096
2013		6051	6051		104,70	104,7023004	2.950.000	-4,22	0,205
2014	4527	8522	13049		40,84	115,6503057	3.040.000	3,05	0,429
2015	11614	12363	23977	156,549591	45,07	83,74588091	3.210.000	5,59	0,747
2016	13744	11410	25154	18,3399346	-7,71	4,908871001	3.350.000	4,36	0,751
2017	29436	25.056	54492	114,173458	119,60	116,6335374	3.440.000	2,69	1,584
	Prognose	Wachstum							
2018	91.765								
2019	154.531	62.767							
2020	260.231	105.700							
2021	438.229	177.998							
2022	737.978	299.749							
2023	1.242.754	504.777							

Daten für BEV: 2010-2013 von (Kraftfahrtbundesamt 2017b) 2014-2017 von (goingelectric.de 2018)

Daten für PHEV: (goingelectric.de 2018)

Daten für Pkw-Neuzulassungen: (Kraftfahrtbundesamt 2018b)

Die Prognose basiert auf dem durchschnittlichen Wachstum von Elektroautos von 2015-2017

Tabelle 2: Anteil Pkw-Marken an Gesamtneuzulassungen 2016

Marke	Neuzulassungen	Marktanteil (%)
VW	634.270	18,43%
Mercedes	326.188	9,48%
Audi	283.196	8,23%
BMW	261.864	7,61%
Ford	246.589	7,16%
Opel	243.715	7,08%
Skoda	194.230	5,64%
Renault	135.456	3,94%
Hyundai	108.518	3,15%
Seat	108.203	3,14%
Fiat	84.324	2,45%
Toyota	81.086	2,36%
Peugeot	70.930	2,06%
Nissan	68.019	1,98%
Mazda	67.626	1,96%
Kia	64.068	1,86%
Dacia	62.678	1,82%
Citroen	52.760	1,53%
Mini	46.706	1,36%
Mitsubishi	43.367	1,26%
Volvo	40.857	1,19%
Suzuki	38.165	1,11%
Smart	36.723	1,07%
Porsche	29.276	0,85%
Land Rover	23.656	0,69%
Honda	20.199	0,59%
Jeep	13.390	0,39%
Jaguar	8.987	0,26%
Subaru	7.440	0,22%
Alfa Romeo	6.096	0,18%
Tesla	3.332	0,10%
DS	3.309	0,10%
Ssangyong	3.232	0,09%
Lexus	3.002	0,09%
Sonstige	20.169	0,59%
Gesamt	3.441.626	1

Daten basieren auf Angaben von (Kraftfahrtbundesamt 2018a)

Es folgen:

Tabelle 3: Neuzulassungen von BEVs nach Modell, Marke und Anteil an den BEV-Gesamtneuzulassungen inkl. Reichweite, UVP, Karosserieform und Ladeleistung des jeweiligen Modells

Zahlen zu Neuzulassungen basieren auf Angaben von (goingelectric.de 2018).

Die Angaben zur Reichweite basieren auf den NEFZ-Angaben des Herstellers. Bei mehreren verfügbaren Konfigurationen, wurde jeweils die höchst mögliche Reichweite gewählt (Stand 18.12.2017).

Die Angaben zur UVP basieren auf den jeweiligen Herstellerangaben. Es wurde jeweils die günstigste Variante des Fahrzeugs gewählt (Stand 18.12.2017).

Die Angaben zur Karosserieform basieren auf den jeweiligen Herstellerangaben. Falls keine genauen Angaben vom Hersteller gemacht wurden, wurde das Fahrzeug subjektiv vom Autor eingeordnet (Stand 18.12.2017).

Die Angaben zur Ladeleistung basieren auf den jeweiligen Herstellerangaben. Bei mehreren verfügbaren Konfigurationen, wurde jeweils die mit der höchsten Ladeleistung gewählt (Stand 18.12.2017).

Tabelle 4: Neuzulassungen von PHEVs nach Modell/Marke und Anteil an den PHEV-Gesamtneuzulassungen inkl. Reichweite, UVP und Karosserieform des jeweiligen Modells

Zahlen zu Neuzulassungen basieren auf Angaben von (goingelectric.de 2018).

Die Angaben zur Reichweite basieren auf den NEFZ-Angaben des Herstellers. Bei mehreren verfügbaren Konfigurationen, wurde jeweils die höchst mögliche Reichweite gewählt (Stand 18.12.2017).

Die Angaben zur UVP basieren auf den jeweiligen Herstellerangaben. Es wurde jeweils die günstigste Variante des Fahrzeugs gewählt (Stand 18.12.2017).

Die Angaben zur Karosserieform basieren auf den jeweiligen Herstellerangaben. Falls keine genauen Angaben vom Hersteller gemacht wurden, wurde das Fahrzeug subjektiv vom Autor eingeordnet (Stand 18.12.2017).

BEV	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Gesamt	Marktanteil (%)	Reichweite*	Karosserieform	UVP	Normalladung	Schnellladung
Gesamt	1188	1508	2171	1394	1582	2160	1729	2139	2232	2143	2856	3346	24448						
Smart	2	1	7	0	39	365	154	232	321	504	808	1312	3745	15,32					
smart fortwo electric drive	2	1	7	0	34	231	134	180	227	398	621	1152	2987	12,22	160	Kleinwagen	21940	22kW	-
Smart fourfour electric drive	0	0	0	0	5	134	20	52	94	106	187	160	758	3,10	160	Kleinwagen	22600	22kW	-
VW	114	131	172	197	228	258	203	539	575	442	715	530	4104	16,79					
Volkswagen e-Golf	21	29	45	128	132	177	113	475	494	389	601	422	3026	12,38	300	Kleinwagen	39500	11kW	50kW
Volkswagen e-up!	93	102	127	69	96	81	90	64	81	53	114	108	1078	4,41	200	Kleinwagen	26900	11kW	50kW
Kia	177	282	97	223	108	104	365	372	252	380	277	296	2933	12,00					
Kia Soul EV	177	282	97	223	108	104	365	372	252	380	277	296	2933	12,00	250	Kleinwagen	294909	6,6kW	50kW
BMW	244	168	263	222	201	219	205	173	226	221	276	373	2791	11,42					
BMW i3 BEV	244	168	263	222	201	219	205	173	226	221	276	373	2791	11,42	220	Kleinwagen	37550	11kW	-
Renault	180	431	587	280	271	680	413	423	278	243	235	301	4322	17,68					
Renault ZOE	180	431	587	280	271	680	413	423	278	243	235	301	4322	17,68	400	Kleinwagen	31900	22kW	-
Hyundai	29	12	27	73	225	47	47	43	93	63	130	92	881	3,60					
Hyundai IONIQ electric	29	12	27	73	225	47	47	43	93	63	130	92	881	3,60	280	Kleinwagen	33300	6,6kW	-
Tesla	151	202	670	197	322	353	180	198	346	161	261	290	3331	13,62					
Tesla Model S	96	163	457	124	206	217	102	120	226	112	205	213	2241	9,17	632	Limousine	69019	16,5kW	120kW
Tesla Model X	55	39	213	73	116	136	78	78	120	49	56	77	1090	4,46	565	SUV	91250	16,5kW	120kW
Nissan	136	131	172	39	82	56	69	84	67	63	84	60	1043	4,27					
Nissan Leaf	115	117	145	35	68	41	44	63	51	57	54	51	841	3,44	250	Kleinwagen	31950	6,6kW	50kW
Nissan e-NV 200	21	14	27	4	14	15	25	21	16	6	30	9	202	0,83	170	Van	23290	6,6kW	
Opel	15	15	40	3	2	3	1	14	13	23	48	56	233	0,95					
Opel Ampera-e	15	15	40	3	2	3	1	14	13	23	48	56	233	0,95	520	Kleinwagen	42990	7,4kW	50kW
Peugeot	54	39	29	20	20	18	18	17	18	15	10	11	269	1,10					
Peugeot iON	54	39	29	20	20	18	18	17	18	15	10	11	269	1,10	150	Kleinwagen	21800	3,7kW	-
Mercedes	68	61	85	123	46	33	41	29	19	10	7	20	542	2,22					
Mercedes B-Klasse Electric Drive*	68	61	85	123	46	33	41	29	19	10	7	20	542	2,22	200	Van	26638	11kW	-
Mitsubishi	0	5	5	0	1	3	0	2	9	3	5	2	35	0,14					
Mitsubishi Electric Vehicle IMIEV*	0	5	5	0	1	3	0	2	9	3	5	2	35	0,14	160	Kleinwagen	26379	3,7kW	-
Citroen	18	25	17	16	25	21	20	11	14	15	0	3	185	0,76					

Citroen Berlingo	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	0	0	15	0,06	170	Van	15690	3,7kW	-
Citroen C-Zero	18	25	17	16	25	21	20	11	8	6	0	3	170	0,70	150	Kleinwagen	21800	3,7kW	-
Ford	0	5	0	1	12	0	13	2	1	0	0	0	34	0,14					
Ford Focus Electric	0	5	0	1	12	0	13	2	1	0	0	0	34	0,14	225	Kleinwagen	34900	16,5kW	50kW

PHEV	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Gesamt	Marktanteil (%)	UVP	Reichweite	Karosserieform
Gesamt	1457	1191	1839	1679	1858	1977	1742	1709	2102	1924	2864	1929	22271				
Mercedes	54	41	65	10	94	64	59	66	133	98	816	79	1579	7,09			
Mercedes E 350 e	54	41	65	10	94	64	59	66	133	98	816	79	1579	7,09	59440	30	Limousine
VW	183	136	127	341	363	310	299	350	437	536	589	498	4169	18,72			
Volkswagen Passat GTE	157	121	76	154	177	139	164	198	208	235	314	291	2234	10,03	44250	50	Kombi; Limousine
Volkswagen Golf GTE	26	15	51	187	186	171	135	152	229	301	275	207	1935	8,69	36900	50	Kleinwagen
Audi	217	213	528	422	578	635	568	567	423	351	314	318	5134	23,05			
Audi A3 e-tron	157	171	446	380	516	535	529	537	372	296	270	245	4454	20,00	37900	50	Kleinwagen
Audi Q7 e-tron	60	42	82	42	62	100	39	30	51	55	44	73	680	3,05	82300	56	SUV
Mitsubishi	282	164	358	294	201	107	82	104	166	166	197	113	2234	10,03			
Mitsubishi Plug-In Hybrid Outlander	282	164	358	294	201	107	82	104	166	166	197	113	2234	10,03	39990	54	SUV
BMW	438	530	622	465	522	563	502	398	695	594	665	678	6672	29,96			
BMW 225xe Active Tourer iPerformance	210	282	280	218	298	338	265	226	475	374	341	373	3680	16,52	39150	41	Keinwagen
BMW i3 Range Extender	144	137	135	135	96	96	120	65	138	111	162	189	1528	6,86	42150	220	Kleinwagen
BMW 330e iPerformance	24	51	102	49	54	44	43	36	28	27	67	49	574	2,58	45650	40	Limousine
BMW 740 iPerformance	26	21	36	22	17	20	23	34	25	34	35	28	321	1,44	96600	48	Limousine
BMW X5 xDrive40e iPerformance	18	14	31	16	32	30	29	17	16	34	33	26	296	1,33	71600	30	SUV
BMW i8	16	25	38	25	25	35	22	20	13	14	27	13	273	1,23	134000	37	Coupe
Porsche	38	42	43	54	42	219	140	143	133	109	160	141	1264	5,68			
Porsche Panamera 4 E-Hybrid	17	9	9	26	7	198	117	118	118	97	124	115	955	4,29	109219	51	Limousine
Porsche Cayenne S E-hybrid	21	33	34	28	35	21	23	25	15	12	36	26	309	1,39	82920	36	SUV
Volvo	245	65	96	93	58	79	92	81	115	70	123	102	1219	5,47			
Volvo XC90 T8 TWIN ENGINE	88	52	43	21	18	54	33	32	51	48	62	78	580	2,60	74650	43	SUV
Volvo V60 D6 T WIN Engine	157	13	53	72	40	25	59	49	64	22	61	24	639	2,87	57250	50	Kombi

Tabelle 5: Entwicklung des Ladeinfrastrukturbestandes in Deutschland und Prognose

	Bestand Elektroautos	Ladesäulen	Schnellladepunkte (43KW<)	Fahrzeuge pro Ladepunkt	Fahrzeuge pro Schnellladepunkt	Wachstum Ladesäulen	Wachstum Schnellladepunkte
2015	20.000	3600	460	5,56	43,48		
2016	45.000	5400	810	8,33	55,56	50,00	76,09
2017	54997	7200	1490	7,64	36,91	33,33	83,95
2018	100000	10600	2470	9,43	40,49	47,22	65,77
Schnellladepunkte	Tesla Super Charger	CCS	CHAdeMO	Typ 2 Stecker (43KW<)	Gesamt		
2015	200	120	80	60	460		
2016	360	210	120	120	810		
2017	390	460	320	320	1490		
2018	390	880	680	520	2470		
Prognose	Ladesäulen	Schnell-ladepunkte					
2019	15212,91	4188,58					
2020	21833,26	7102,90					
2021	31334,66	12044,96					

Daten basieren auf Angaben von (goingelectric.de 2017d).

Pro Ladestation existieren laut (goingelectric.de 2017d) aktuell rund 2,9 Ladepunkte. Die genaue Anzahl der Ladepunkte im Zeitverlauf wird von goingelectric.de nicht angegeben. Beim Gesamtbestand werden also Ladestationen angegeben. Die Angaben zur Schnellladung basieren hingegen auf Ladepunkten. Die Angaben sind immer zum Januar des jeweiligen Jahres.

Die Prognose basiert auf dem bisherigen durchschnittlichen Wachstum der Ladeinfrastruktur von 2015-2018 (Ladesäulen: 43,5%, Schnellladepunkte: 75,3%).

Tabelle 6: Vergleich der Entwicklung des Absatzes von Elektroautos der Volksrepublik China, USA, Europa, Welt und Deutschland

	2013	2014	2015	2016	2017
Volksrepublik China					
Abgesetzte Elektroautos	17.600,00	75.000,00	188.700,00	351.861,00	600.174,00
Wachstum Elektromobilität (%)		326,14	151,60	86,47	70,57
Abgesetzte Pkw insgesamt	17.930.000,00	19.700.000,00	21.150.000,00	24.380.000,00	24.171.400,00
Anteil Elektroautos am Pkw Gesamtabsatz (%)	0,10	0,38	0,89	1,44	2,48
USA					
Abgesetzte Elektroautos	77.547,00	100.158,00	100.562,00	144.455,00	166.070,00
Wachstum Elektromobilität (%)		29,16	0,40	43,65	14,96
Abgesetzte Pkw insgesamt	15.530.100,00	16.452.200,00	17.396.300,00	17.464.800,00	17.134.700,00
Anteil Elektroautos am PKW Gesamtabsatz (%)	0,50	0,61	0,58	0,83	0,97
Europa					
Abgesetzte Elektroautos	65.700,00	96.540,00	192.500,00	222.200,00	306.143,00
Wachstum Elektromobilität (%)		46,94	99,40	15,43	37,78
Abgesetzte Pkw insgesamt	12.208.215,00	13.006.451,00	14.202.024,00	15.131.719,00	15.631.687,00
Anteil Elektroautos am Pkw Gesamtabsatz (%)	-	0,74	1,36	1,47	1,96
Global					
Abgesetzte Elektroautos	210.800,00	315.400,00	540.000,00	773.600,00	1.200.000,00
Wachstum Elektromobilität (%)		49,62	71,21	43,26	55,12
Deutschland					
Abgesetzte Elektroautos	6.051	13.049	23.977	25.154	54.492
Wachstum Elektromobilität (%)		115,65	83,75	4,91	116,63
Abgesetzte Pkw insgesamt	2.950.000	3.040.000	3.210.000	3.350.000	3.440.000
Anteil Elektroautos am Pkw Gesamtabsatz (%)	-	0,43	0,75	0,75	1,58

Abgesetzte Elektroautos basieren auf (EV Obsession & CleanTechnica 2018), mit Ausnahme von „Global“, dort basieren sie auf (EV-Volumes -The Electric Vehicle World Sales Database 2018). Beide Datenbanken geben bei Ihren Absatzzahlen die gleichen Werte an. Es sollte also keinen Bruch in der Kontinuität der Zahlen geben.

Abgesetzte Pkw in den USA basieren auf (Ward's und BEA 2018). Abgesetzte Pkw in China basieren auf (CAAM 2018). Abgesetzte Pkw in Europa basieren auf (Bekker 2018). Ob hier jeweils dieselbe Methodik bei der Erhebung der Daten verwendet wurde, konnte nicht genau festgestellt werden. Die Tendenzen der Ergebnisse können aber weiterhin als glaubwürdig betrachtet werden.

Tabelle 7: Zehn weltweit führende Pkw-Hersteller nach Absatz 2016

Hersteller	Absatz
Volkswagen	9.968.198
General Motors	9.549.376
Toyota	8.959.691
Renault-Nissan	7.971.828
Hyundai Kia	7.183.602
Ford	6.340.416
Honda	4.687.454
Fiat Chrysler Automobiles	4.662.222
PSA Gruppe	2.756.713
Suzuki	2.607.322

Zahlen basieren auf Daten von (manager magazin 2017b).

Tabelle 8: Lead-lag Analysis Vergleich Norwegen und Deutschland

Norwegen				Prognose für Deutschland	
Jahr	Marktanteil BEVs (%)	Marktanteil PHEVs (%)	Marktanteil Gesamt (%)	Jahr	Zulassungszahlen
2009	0,11	0	0,11	2015	23.977,00
2010	0,31	0	0,31	2016	25.154,00
2011	1,45	0	1,45	2017	54.492,00
2012	3,1	0,25	3,35	2018	117.250,00
2013	5,79	0,23	6,02	2019	210.700,00
2014	12,55	1,17	13,72	2020	480.200,00
2015	17,12	5,19	22,31	2021	780.850,00
2016	15,67	13,37	29,04	2022	1.016.400,00
2017	20,82	18,27	39,09	2023	1.368.150,00

Zahlen Norwegen zeigen Marktanteil an den jährlichen Pkw-Zulassungszahlen basierend auf Daten von (European Alternative Fuels Observatory 2018b)

Die Prognose zu Deutschland zeigt die jährlichen Zulassungszahlen von Elektroautos. 2015-2017 basieren auf Daten von (goingelectric.de 2018). 2018-2023 stellt Prognose auf Basis der jeweiligen Marktanteile von Norwegen von 2012-2017 dar.

Literaturverzeichnis

Bekker, Henk (2018): 2017 (Full Year) Europe: Car Sales per EU and EFTA Country. Car Sales Statistics. Online verfügbar unter <https://www.best-selling-cars.com/europe/2017-full-year-europe-car-sales-per-eu-efta-country/>, zuletzt aktualisiert am 17.01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Bundesverband Carsharing e.V (2017): Aktuelle Zahlen und Daten zum CarSharing in Deutschland. Berlin. Online verfügbar unter <https://carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/aktuelle-zahlen-daten-zum-carsharing-deutschland>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

CAAM (2018): China - Automobilabsatz 2017 | Statistik. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/215337/umfrage/autoabsatz-in-china/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Camhi, Jonathan (2017): Uber to buy up to 24,000 Volvo SUVs for self-driving fleet. Hg. v. businessinsider.de. Online verfügbar unter <http://www.businessinsider.de/uber-self-driving-taxi-fleet-24000-new-volvo-suvs-2017-11?r=US&IR=T>, zuletzt aktualisiert am 22.11.2017, zuletzt geprüft am 31.12.2017.

Cornet, Andrea; Mohr, Detlev; Weig, Florian; Zerlin, Benno; Arnt-Philipp, Hein (2012): Mobility in the future: McKinsey&Company.

Daimler AG (Hg.) (2016): BMW Group, Daimler AG, Ford Motor Company und der Volkswagen Konzern mit Porsche und Audi planen Joint Venture für ultraschnelles Hochleistungsladenetz an wichtigen Verkehrsachsen in Europa. Online verfügbar unter <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/BMW-Group-Daimler-AG-Ford-Motor-Company-und-der-Volkswagen-Konzern-mit-Porsche-und-Audi-planen-Joint-Venture-fuer-ultraschnelles-Hochleistungsladenetz-an-wichtigen-Verkehrsachsen-in-Europa.xhtml?oid=14866747>, zuletzt aktualisiert am 29.11.2016, zuletzt geprüft am 10.01.2018.

European Alternative Fuels Observatory (2018): Norway | EAFO. Online verfügbar unter http://www.eafo.eu/content/norway#country_pev_market_share_graph_anchor, zuletzt aktualisiert am 02.02.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

EV Obsession & CleanTechnica (2018): EV sales Archives | CleanTechnica. Online verfügbar unter <https://cleantechnica.com/tag/ev-sales/>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

EV-Volumes -The Electric Vehicle World Sales Database (2018): Global Plug-in Sales. Online verfügbar unter <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Freese, Christian; Schönberg, Tobias; Horstkötter, Dirk (2014): Shared mobility - How new businesses are rewriting the rules of the private transportation game. München: ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS GMBH.

Frenzel, Ina; Jarass, Julia; Trommer, Stefan; Lenz, Babara (2015): Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung. 2. Aufl. Berlin: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.(DLR). Online verfügbar unter http://elib.dlr.de/96491/1/Ergebnisbericht_E-Nutzer_2015.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Gaul, Armin (2017). Innogy SE. Online verfügbar unter https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/dienstleistungen/vollversammlung/VV2017-05/7_Gaul.pdf.

goingelectric.de (2017): Stromtankstellen Statistik für Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/statistik/Deutschland/>, zuletzt geprüft am 09.01.2018.

goingelectric.de (2018): Zulassungszahlen von Elektroautos und Plug-In Hybriden. Online verfügbar unter <https://www.goingelectric.de/zulassungszahlen/>, zuletzt aktualisiert am 02.2018, zuletzt geprüft am 07.01.2018.

Hannon, Eric; Ramkumar, Surya; McKerracher, Colin; Itamar, Orlandi; Wilshire, Micheal; Trygegestad, Christer et al. (2016): An integrated perspective on the future of mobility. Hg. v. McKinsey&Company und Bloomberg New Energy Finance. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability%20and%20resource%20productivity/our%20insights/an%20integrated%20perspective%20on%20the%20future%20of%20mobility/an-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility.ashx>, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Hartmans, Avery; McAlone, Nathan (2016): The story of how Travis Kalanick built Uber into the most feared and valuable startup in the world. Hg. v. businessinsider.de. Online verfügbar unter <http://www.businessinsider.de/ubers-history?op=1>, zuletzt aktualisiert am 01.08.2016, zuletzt geprüft am 11.08.2017.

Kraftfahrtbundesamt (2017a): Anzahl der Neuzulassungen von Elektroautos in Deutschland von 2003 bis 2017. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244000/umfrage/neuzulassungen-von-elektroautos-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

Kraftfahrtbundesamt (2017b): Verkehr in Kilometern der deutschen Kraftfahrzeuge im Jahr 2016. Flensburg. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html, zuletzt aktualisiert am 15.06.2017, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Kraftfahrtbundesamt (2018): Anzahl der Neuzulassungen von Pkw in Deutschland von 1955 bis 2019 (in Millionen). Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/74433/umfrage/neuzulassungen-von-pkw-in-deutschland/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

Liebl, Johannes (Hg.) (2017): Grid Integration of Electric Mobility. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Proceedings).

manager-magazin.de (2017): Ranking der Autokonzerne nach weltweiten Zulassungszahlen: Das sind die größten Autobauer, das ändern die jüngsten Deals. Hamburg. Online verfügbar unter <http://www.manager-magazin.de/fotostrecke/ranking-weltgroesste-autohersteller-2016-nach-zulassungszahlen-fotostrecke-145789-2.html>, zuletzt aktualisiert am 13.03.2017, zuletzt geprüft am 21.01.2018.

Rogers, Everett M. (2003): Diffusion of innovations. Fifth edition, Free Press trade paperback edition. New York, London, Toronto, Sydney: Free Press (Social Science).

Schaufuss, Patrick; Hertzke, Patrick; Hensley, Russell; Knupfer, Stefan M. (2017): How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability: McKinsey&Company. Online verfügbar unter <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/electrifying-insights-how-automakers-can-drive-electrified-vehicle-sales-and-profitability>.

Seibt, Phlipp (2016): Taxidienst: Uber verliert vor Gericht - und nun? Hg. v. spiegel.de. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/fahrdienst-uber-uberpop-bleibt-in-deutschland-verboden-a-1096768.html>, zuletzt aktualisiert am 09.06.2016, zuletzt geprüft am 11.08.2017.

Statista - Das Statistik-Portal (2018): Anzahl der Neuzulassungen von Personenkraftwagen in Deutschland im Jahr 2016 nach Marken. Hg. v. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167008/umfrage/neuzulassungen-von-pkw-nach-marken-in-deutschland/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.

Volkswagen Aktiengesellschaft (Hg.) (2017): Geschäftsbericht 2016. Online verfügbar unter https://www.volkswagenag.com/presence/investorrelation/publications/annual-reports/2017/volkswagen/de/Y_2016_d.pdf, zuletzt geprüft am 28.12.2017.

Ward's; BEA (2018): U.S. vehicle sales 1977-2017 | Statistic. Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://www.statista.com/statistics/199983/us-vehicle-sales-since-1951/>, zuletzt aktualisiert am 01.2018, zuletzt geprüft am 02.02.2018.