



POLICY PAPER

Elektromobilität in Deutschland

Ziele, Chancen, Risiken,
notwendige Maßnahmen und politische Initiativen

Jens Clausen (Borderstep)

Stand: August 2017

Projektleitung

adelphi research gemeinnützige GmbH

Alt-Moabit 91
14193 Berlin

T +49 (0)30-89 000 68-0
F +49 (0)30-89 000 68-10

www.adelphi.de
office@adelphi.de

Projektpartner

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH

Clayallee 323
14169 Berlin

T: +49 (0)30 - 306 45 1000

www.borderstep.de
info@borderstep.de

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH

Schopenhauerstr. 26
14129 Berlin

T: +49 (0) 30 80 30 88-0

www.izt.de
info@izt.de

Abbildung Titel: © e.GO Mobile AG Mediathek

evolution2green wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Ziel und Methodik	5
2 Potenziale alternativer PKW-Antriebe	6
2.1 Batterieelektrische Fahrzeuge	6
2.2 Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb	7
2.3 Hybridfahrzeuge	8
2.4 Beurteilung der alternativen Antriebe	8
3 Pfadabhängigkeiten und Hemmnisse	9
4 Ziele und Trends in der Elektromobilität	11
5 Chancen und Risiken	13
5.1 Chancen	13
5.2 Risiken	13
6 Maßnahmen und politische Initiativen	14
6.1 Thematische Zuordnung der Elektromobilität	14
6.2 Maßnahmen zur Förderung der Verbreitung von Elektromobilen	14
6.3 Maßnahmen zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der Automobilbranche	15
Literaturverzeichnis	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhausgasemissionen von Verbrennungs- und Elektrofahrzeugen
(Heute und 2030)

6

Abkürzungsverzeichnis

BEV	batterieelektrisches Fahrzeug
FCV	Fuel Cell Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
HEV	Hybridfahrzeug
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle (Fahrzeug mit Verbrennungsmotor)
NPE	Nationale Plattform, Elektromobilität
PEV	Plug-in Hybridfahrzeug

1 Ziel und Methodik

Das Projekt Evolution2Green wird von adelphi gemeinsam mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und dem Borderstep Institut durchgeführt. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung thematisiert das Vorhaben Transformationspfade hin zu einer Green Economy und die Gestaltung von Pfadwechseln.

Im zweiten Arbeitspaket des Projektes erfolgte die Analyse von 15 durch signifikante Umweltauswirkungen und erhebliche Transformationshemmnisse geprägten Transformationsfeldern in den Bereichen Mobilität, Energie, Ernährung/Landwirtschaft und Ressourcen. Diese Transformationsfelder wurden anhand des im ersten Arbeitspaket entwickelten Modells der evolutionären Ökonomik (Clausen & Fichter, 2016) auf Pfadabhängigkeiten untersucht, die einer Transformation zur Green Economy entgegenwirken. Untersucht wurden im Kontext der Mobilität die Felder PKW-Antriebe (Clausen, 2017a), Straßen (Clausen, 2017b), Mobilitätsverhalten (Korte, Göll & Behrendt, 2017) sowie die Entsorgung von Altfahrzeugen (Tappeser & Chichowitz, 2017).

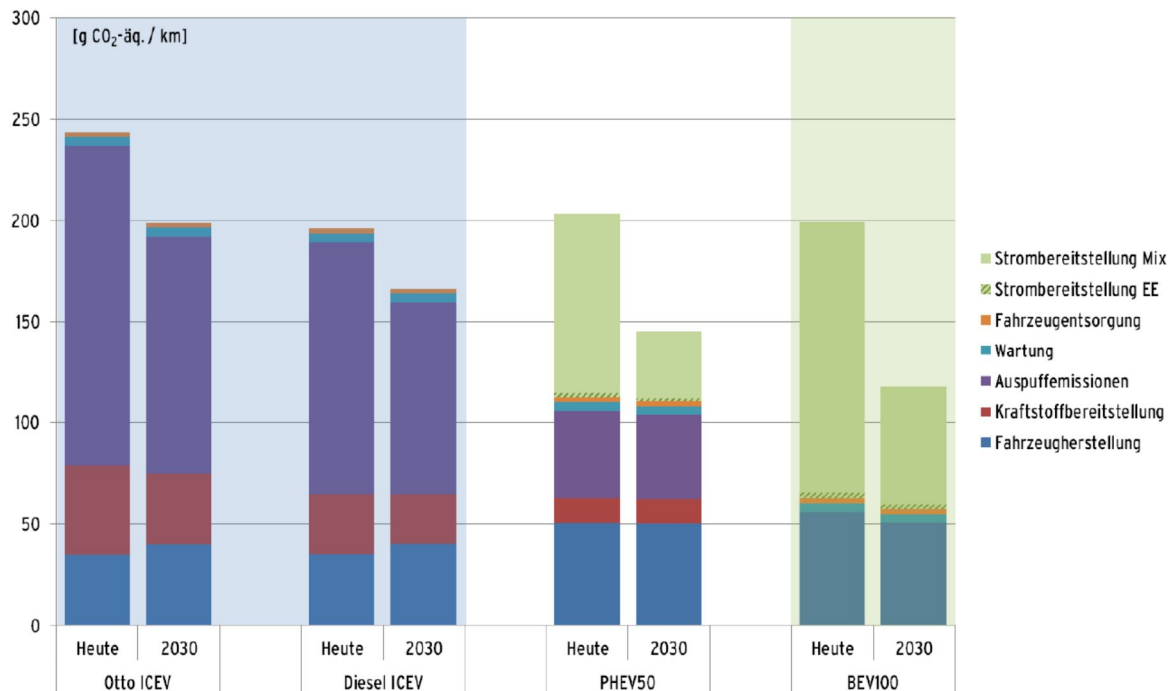
Im dritten Arbeitspaket des Projektes erfolgte die Erstellung von 21 Fallstudien erfolgreicher, bzw. potentiell erfolgreicher Transformationsprozesse. Zentrale Zielstellung war die Identifikation von Erfolgsfaktoren für eine Transformation zu einer Green Economy und die Herausarbeitung lösungsorientierter Handlungs- und Steuerungsansätze. Rund um die Elektromobilität wurden Länderstudien zu Norwegen (Clausen, 2017c), Kalifornien (Clausen, 2017d), China (Beigang & Clausen, 2017) und den Niederlanden angefertigt (Perleberg & Clausen, 2017). Weiter wurden die Entwicklung des Streetscooters (Clausen, 2017e) sowie des Unternehmens Tesla (Clausen & Perleberg, 2017) analysiert.

Das vorliegende Policy Paper stellt die Ergebnisse aller Arbeiten im Überblick dar und fokussiert dabei auf Maßnahmen und politische Initiativen, die im Rahmen der Transformation zu einer klimaneutralen und umweltverträglichen motorisierten Individualmobilität mit einer international wettbewerbsfähigen Automobilbranche in Deutschland erforderlich scheinen.

2 Potenziale alternativer PKW-Antriebe

Das Umweltbundesamt (Umweltbundesamt (Hrsg.), 2016, S. 19) sieht beim PKW ein Kontinuum vom konventionellen Antrieb durch Verbrennungsmotor (ICEV) über verschiedene Hybridvarianten (Hybrid, Plug-In, Range Extender) bis zum reinen Elektrofahrzeug (BEV).

Abbildung 1: Treibhausgasemissionen von Verbrennungs- und Elektrofahrzeugen (Heute und 2030)



Quelle: Umweltbundesamt (2016, S.19)

Neben dem Batterieelektrischen Fahrzeug (BEV) wird auch das Brennstoffzellenfahrzeug (FCV) als reines Elektrofahrzeug eingestuft.

2.1 Batterieelektrische Fahrzeuge

Für den reinen Elektroantrieb eines PKW wird der Verbrennungsmotor mit seinen Komponenten fortgelassen und stattdessen ein oder zwei Elektromotoren an den Achsen oder in den Radnaben sowie eine Leistungselektronik zur Motorsteuerung und eine Batterie eingebaut. Obwohl Leistungselektronik und Elektromotoren erheblich leichter sind als ein Verbrennungsmotor ergibt sich ein Gewichtsnachteil, da die bisherigen Batterien noch sehr schwer sind. Die Herstellung einer Batterie ist zudem teuer und mit erheblichem Energie- und Ressourcenaufwand verbunden. Vielfältige Studien untersuchen die Herstellung von Li-Ionen Batterien ökobilanziell, zuletzt Romare und Dahllöf (2017), die in der Batterieherstellung aus Umweltsicht erheblichen Bedarf zur Steigerung der Öko-Effizienz sehen. Mit Blick auf die Vielfalt der gegenwärtig in Entwicklung befindlichen Batteriesystemen, beispielhaft sei das Konzept einer Natrium-Glas Batterie mit deutlich gesteigerter Kapazität pro kg und schnellen Ladezeiten erwähnt (Braga, Grundish, Murchison & Goodenough, 2017), ist nicht unwahrscheinlich, dass bei dieser Technologie noch erhebliche Effizienzpotenziale erschlossen werden können.

Das Umweltbundesamt (2016) kommt aktuell zu dem Schluss, dass Elektrofahrzeuge sowohl in der Nutzungsphase als auch in der Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus klare Klimavorteile haben, und der heute noch erforderliche Aufwand der Fahrzeugherstellung durch Verbesserung spezifischer Batterieeigenschaften und verstärktes Recycling, auch aus ökonomischen Gründen, deutlich effizienter werden wird.

Elektrofahrzeuge stoßen in der Nutzung keine Emissionen wie NO_x oder Feinstaub aus. Schädliche Emissionen sind eher mit der Herstellung verbunden, die Innenstädte würden also deutlich entlastet. Da die Geräusentwicklung des Antriebs eines PKW neben den Windgeräuschen und den Reifen nur einer von drei wichtigen Ursachen ist, wirkt sich der leise Elektroantrieb auf die Lärmemissionen nur bei niedrigen Geschwindigkeiten bis zu 30 km/h aus.

Nachdem erste im Vergleich zu Verbrennern deutlich wirtschaftlichere Elektrofahrzeuge bereits seit kurzem verfügbar sind (Clausen, 2017f) ist mit ihrer Verbreitung relativ bald zu rechnen. Kostenvorteile entwickeln diese Fahrzeuge zunächst auf der Kurzstrecke. Ihre kleinen und damit preiswerten Batterien ermöglichen Reichweiten von 100 bis 150 km.

Parallel wird intensiv das Netz an Ladesäulen ausgebaut und die Reichweite der verfügbaren Fahrzeuge wird bis 2020 deutlich ansteigen, womit sich die Vorteilhaftigkeit der Elektrofahrzeuge auf weitere Marktsegmente ausdehnen wird. Auch die Fahrdynamik der Elektrofahrzeuge dürfte bei ihrer weiteren Diffusion eine wesentliche Rolle spielen (Clausen, 2017a, S. 27; Valentine-Urbschat & Valentine-Urbschat, 2014, S. 22).

2.2 Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb

In einer Brennstoffzelle treffen Wasserstoff und Sauerstoff an einer Elektrolytmembran aufeinander und werden chemisch zu Wasser umgewandelt. Bei dieser Reaktion wird Strom frei, der dem Antrieb eines Elektromotors dienen kann. Im Vergleich zum BEV hat das Verfahren aber einen deutlichen Nachteil bei der Effizienz: Um für 100 Fahrkilometer 20 kWh Strom zur Verfügung zu haben, sind beim BEV ca. 26,3 kWh Stromerzeugung erforderlich (Eaves & Eaves, 2004). Ein Stromnetzwirkungsgrad von 92%, der Wirkungsgrad des Ladegerätes von 89%, der Batterie von 94% sowie des Antriebsstrangs von 89% „verbrauchen“ ebenfalls Strom. Beim FCV sind dagegen 67,3 kWh Stromerzeugung erforderlich, also ca. das 2,5-Fache. Hier „verbrauchen“ die Elektrolyse mit einem Wirkungsgrad von 72%, der Pipelinetransport mit 86%, die Brennstoffzelle mit 54% und der elektrische Antriebsstrang mit 89% Wirkungsgrad den größten Anteil des erzeugten Regenerativstroms, so dass nur knapp 30% zum Fahren zur Verfügung stehen (Eaves & Eaves, 2004; Lutz & Sauer, 2010, S. 3). Der Vorteil der FCV liegt darin, dass Wasserstoff grundsätzlich speicherbar ist.

An der Brennstoffzelle arbeiten seit 25 Jahren viele der großen Automobilhersteller weltweit (Greene & Duleep, 2013, S. 3). Aber die Brennstoffzelle ist noch weit von einem Durchbruch am Markt entfernt. Die gegenwärtig angebotenen Wagen sind teuer. Die Produktionszahlen sind dementsprechend noch minimal. Navigant Research schätzt den Bestand auf ca. 1.000 Brennstoffzellenfahrzeuge weltweit Ende 2015 und erwartete einen Bestand von gerade einmal 240.000 Mitte der 2020er Jahre (Kane, 2015). So ist zu erwarten, dass die Brennstoffzelle noch für lange Zeit ein eher unbedeutender Antrieb bleibt.

Um die Ladeinfrastruktur ist es noch deutlich schlechter bestellt als für Stromer. Benzin und Dieselmotoren gibt es in Deutschland in über 14.000 Tankstellen, Wasserstoff führen dagegen bislang nur rund 30 öffentliche Stationen (Micksch, 2017). Das dem Linde Konzern, einem Hersteller von technischen Gasen, gehörende Carsharingunternehmen Beezero bietet seit August 2016 50 Brennstoffzellen-SUVs an. Das Ziel ist, erste Pilotnutzer von der neuen Technologie zu begeistern (Losch, 2016).

2.3 Hybridfahrzeuge

Unter einem Hybridantrieb versteht man eine Kombination von zwei Antriebsarten. Am weitesten verbreitet ist die Kombination eines Verbrennungsmotors mit einem Elektromotor und einer etwas leistungsfähigeren Batterie als in einem Auto mit Verbrennungsmotor. Im Audi Q5 Hybrid hat sie eine Kapazität von 1,3 kWh, in einem Plug-in Hybrid benötigt sie zur Erzielung von 30 bis 50 km elektrischer Reichweite ca. 5 bis 8 kWh Kapazität.

Der verbrauchssenkende Effekt eines normalen (nicht plug-in) Hybrid-PKW wird dadurch erreicht, dass diese Wagen die Bremsenergie mittels Rekuperation wiedergewinnen und in die Batterie einspeisen können. Die Bremsenergie steht dann zum erneuten Beschleunigen wieder zur Verfügung. Insbesondere bei permanentem Stadtverkehr, z.B. im Falle von Taxis, ist dies die Erklärung für niedrigere Verbräuche. Der Plug-in Hybrid hat darüber hinaus die Fähigkeit, die (kleine) Batterie an der heimischen Steckdose zu laden und dann die ersten 30 bis 50 km vollelektrisch zu fahren.

Hybridautos werden von allen hier dargestellten Antriebskonzepten in der größten Stückzahl verkauft. In Deutschland wurden 2016 bereits 47.996 Hybridwagen zugelassen, davon ca. 28% Plug-Ins (Krafftfahrtbundesamt, 2017, S. 11).

Figenbaum und Kolbenstvedt (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2016, S. III) berichten, dass von über 2.000 befragten Eigentümern eines Plug-in-Hybrid etwa 55% der Jahresfahrleistung voll-elektrisch erbracht wurde, wobei der elektrische Anteil bei (meist kurzen) Fahrten zur Arbeit und im Sommer höher war, im Winter niedriger.

2.4 Beurteilung der alternativen Antriebe

Die einfachen Hybrid-PKW stellen wie auch verbesserte Benziner und Diesel kaum einen Beitrag zu umweltfreundlicheren PKW-Antrieben dar. Die Gruppe der Plug-In Hybrids ist dagegen schon eher geeignet, die Durchschnittsverbräuche an Energie sowie die Emissionen zu reduzieren.

Brennstoffzellenfahrzeuge kann man zwar schon zu hohen Preisen kaufen, ihre Produktion in großen, den Markt verändernden Stückzahlen scheint jedoch vor der Mitte der 2020er Jahre eher unwahrscheinlich. Zudem haben sie den Nachteil einer im Vergleich zum batterieelektrischen Fahrzeug etwa um den Faktor 2,5 schlechteren Systemeffizienz.

Die Transformation der PKW-Antriebe hin zu verbrauchseffizienten und schadstoffarmen Antrieben dürfte im Wesentlichen in den nächsten 10 Jahren durch batterieelektrische Fahrzeuge, einige davon mit Range Extender, vorangetrieben werden. Dabei dürfte die Batterie mit der durch sie bestimmten Reichweite und Ladezeit, ihren Kosten und den notwendigen Aufwand zur Herstellung das zentrale Bauteil sein. Die Verfügbarkeit von Regenerativstrom stellt eine notwendige Bedingung für die Klimawirksamkeit dieser Transformation dar.

3 Pfadabhängigkeiten und Hemmnisse

Durch die zunehmende Zahl von Automobilen in der Gesellschaft verschob sich seit den 1950er Jahren der Modal Split immer mehr zum motorisierten Individualverkehr. Parallel wuchsen die Größe der Automobilhersteller und Zulieferer sowie die Zahl der Beschäftigten in Produktion und Werkstätten. Das Automobil – mit Verbrennungsmotor – entwickelte sich zum selbstverständlichen Element des Alltags und schrittweise wurden Infrastrukturen in bestimmter Richtung verändert: Wohnungen wurden fern von Arbeitsplätzen und Schulen gebaut oder gemietet, Geschäfte entstanden auf der grünen Wiese statt in den Innenstädten (Clausen, 2017b). Der Pfad des motorisierten Individualverkehrs stabilisierte sich kontinuierlich.

Dabei ist die (Pfad-)Abhängigkeit vom Automobil selbst größer als die vom „Bauteil“ Verbrennungsmotor. Als bedeutendste Pfadabhängigkeiten des Verbrennungsmotors als PKW-Antrieb sehen wir die folgenden (Clausen, 2017a, S. 40):

- Niedrige Preise für Benzin und Diesel ermöglichen das Autofahren zu einem Preis, den die Autofahrer und Autofahrerinnen – mit Blick auf seinen Nutzen – offensichtlich zu zahlen bereit sind. Auch die Zahlungsbereitschaft für den Kauf des Automobils selbst ist im breiten Publikum vorhanden. Flossen 1970 noch 12,5% der Konsumausgaben privater Haushalte in den Verkehr, so waren es 1990 schon 20,3% und 2010 24,9%.
- Bis in die 1990er Jahre hinein wurden ernsthafte Anstrengungen zur Entwicklung alternativer Antriebe nicht gemacht. Elektroantriebe wurden zwar für stationäre Anwendungen in der Industrie gebraucht und daher kontinuierlich verbessert, da sie aber nicht mobil eingesetzt wurden, verschwand die Batterietechnik langsam aus der deutschen universitären wie privaten Forschungslandschaft. Heute wird ein Großteil der Patente für dem elektrischen Antriebsstrang von Unternehmen in Ostasien gehalten (Clausen, 2017a, S. 19). Auch das Start-up Tesla in Kalifornien ist aktiv. Die deutsche Automobilbranche hat zwar ein wenig in Wasserstoffantriebe und Brennstoffzellen investiert, hat aber auch hier im Gegensatz zu Toyota und Honda keine verkaufsfähigen Produkte. Auch bei Elektroantrieben liegt sie im Rückstand.
- Die Bindung der Hersteller wie auch der Zulieferer an den Verbrennungsmotor ist stark. Etwa ein Viertel der Arbeitsplätze in der Zulieferbranche sind konkret an den Antriebsstrang für Verbrennungsmaschinen gebunden. Mit den hochmotorisierten Premiummodellen verdienen Hersteller und Zulieferer viel Geld. Der große Hersteller Volkswagen konnte noch vor wenigen Jahren nicht glauben, dass die Post wirklich ein elektrisch angetriebenes Lieferfahrzeug wollte, worauf die Post es dann eigenständig mit einem Start-up der RWTH Aachen auf die Beine stellte (Clausen, 2017e).
- Wenig wirksame umweltrechtliche Vorschriften zur Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen, Stickoxiden und Feinstaub machen es für die Hersteller attraktiv, kleinschrittige Verbesserungen durchzuführen anstatt auf grundsätzliche Änderungen des Antriebskonzeptes zu setzen (Clausen, 2017a).

Zwischen den verschiedenen Pfadabhängigkeiten bestehen insoweit Zusammenhänge, als sie nur zusammen die hohe Stabilität des sozio-technischen Systems „Automobilität mit Verbrennungsmotor“ erklären können. Niedrige Treibstoffpreise zusammen mit der durch immense Werbeausgaben geförderten hohen Zahlungsbereitschaft der Kundschaft und angesichts eines komplett fehlenden bzw. wenig wirksamen umweltpolitischen Druckes zur Veränderung ließen Hersteller und Zulieferer immer mehr immer leistungsstärkere Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor entwickeln und erfolgreich vermarkten.

Auch volkswirtschaftlich besteht eine hohe Bedeutung, und damit eine Abhängigkeit von der Automobilbranche mit ihren 447.200 Mitarbeitern zzgl. 295.400 Mitarbeitern in deutschen Zulieferbetrieben. Die Automobilindustrie hat im Jahr 2014 ihren Umsatz auf 367,9 Mrd. € gesteigert und damit einen neuen Rekord erreicht. Mit 236,8 Mrd. € kamen fast zwei Drittel

des Umsatzes aus dem Export¹. Die Exporte von Autos machen fast 20% aller deutschen Exporte aus. Erfolg und Wettbewerbsfähigkeit der Automobilbranche sind damit wesentliche Faktoren des nationalen Wohlstandes.

Auf die Verbreitung der in Kapitel 2 vorgestellten alternativen Antriebe wirken sich die Pfadabhängigkeiten mit unterschiedlicher Intensität aus. Herstellung und Nutzung von Hybrid-PKW, die den bisher üblichen Verbrennern recht ähnlich – also “anschlussfähig” – sind, werden weniger stark behindert als die Vermarktung von batterieelektrischen Fahrzeugen und solchen mit Brennstoffzelle. Über die Bindung an pfadgebundenen Strukturen der Fahrzeugbranche mit ihren Verbrennungsmaschinen hinaus sind dabei sowohl die Verbreitung des Brennstoffzellenfahrzeuge wie auch die des Batterieelektrischen Fahrzeugs mit spezifischen Hemmnissen verbunden.

Wesentliche spezifische Hemmnisse für Brennstoffzellenfahrzeuge liegen in den noch hohen Kosten der Brennstoffzelle und der heute noch extrem niedrigen Zahl von Tankstellen. Als sehr wesentlich dürfte sich aber der im Vergleich zum BEV deutlich (um etwa den Faktor 2,5) schlechtere Systemwirkungsgrad herausstellen, der grundsätzlich mit allen Power-to-Gas Konzepten verbunden ist. Der Vorteil der Speicherbarkeit des Brennstoffs besteht dabei letztlich nur so lange, wie das Stromnetz nicht über Großspeicher mit hohem Wirkungsgrad verfügt.

Spezifische Hemmnisse für Batterieelektrische Fahrzeuge liegen in der begrenzten Reichweite in Verbindung mit einer erst im Aufbau befindlichen Ladeinfrastruktur. Heute einigermaßen bezahlbare Batterien bieten bis zu 100 oder 150 km Reichweite. Höhere Reichweiten sind mit höheren Kosten und höheren Umweltbelastungen in der Herstellung verbunden. Je kleiner aber die Reichweite, desto bedeutender das Problem der Ladeinfrastruktur, wobei nicht nur die Zahl der Säulen noch zu klein ist, auch die Bezahlssysteme sind noch nicht so weit entwickelt, dass wirklich jedes Elektrofahrzeug an jeder Säule laden kann. Hinzu kommen Hemmnisse bei den zukünftigen Nutzern: Unsicherheiten bezüglich der Reichweitenplanung, der praktischen Durchführung des Ladevorgangs sowie der durch das Fahrzeug real möglichen Reichweite lassen vermuten, dass die Elektrofahrzeuge sich zunächst die Pionierkunden, danach die frühe und späte Mehrheit der Nutzer mühsam nach und nach erschließen müssen. Hierzu werden bessere Ladeinfrastrukturen und leistungsfähigere Batterien von zentraler Bedeutung sein.

Hinzu kommt die Herausforderung des Strukturwandels bei den Herstellern. Deutschland hat (auch aus chinesischer Sicht) einen kaum einholbaren Technologievorsprung bei der Konstruktion und dem Bau von Verbrennungsmotoren. Nicht zuletzt durch anspruchsvolle Kunden hierzulande haben sich die deutschen Automobile der Mittel- und Oberklasse zu internationalen Exportschlägern entwickelt. Der Pfadwechsel zum Elektrofahrzeug gefährdet diese Position. Nicht nur, dass es hierzulande noch kaum Kunden von Elektrofahrzeugen gibt, deren Reaktion und Feedback für die Hersteller zur Realisierung internationaler TOP-Qualität unverzichtbar sind, auch die Zahl der Patente für viele der Schlüsseltechnologien der Elektromobilität war in Deutschland im internationalen Vergleich noch vor wenigen Jahren eher klein (e-mobil bw (Hrsg.), 2015) und die Lieferkette weist zumindest im Batteriebau deutliche Lücken auf. Das durch die Nationale Plattform Elektromobilität aufgestellte Ziel, bis 2020 in Deutschland einen internationalen Leitmarkt für Elektromobilität aufzubauen, scheint mit dieser Ausgangsposition kaum erreichbar (Nationale Plattform Elektromobilität, 2016, S. 14).

¹ Vgl. <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/zahlen-und-daten-uebersicht.html> vom 24.6.2017.

4 Ziele und Trends in der Elektromobilität

Das zentrale Ziel der Transformation der PKW-Antriebe in Richtung Nachhaltigkeit besteht darin, drei wesentliche Umweltauswirkungen zu reduzieren:

- geringere CO₂-Emissionen durch höhere Effizienz sowie das Potenzial zur effizienten Nutzung regenerativer Energie,
- Schadstofffreiheit im Fahrzeugbetrieb sowie
- Reduktion der innerörtlichen Lärmemission.

Das Ziel der Klimaneutralität in 2050 ist aus Sicht der Umweltpolitik imperativ und aus heutiger Sicht ist es in absehbarer Zeit nur mit BEV erreichbar.

Die radikalste Lösung ist dabei die Umstellung auf einen reinen Elektroantrieb, langfristig immer im Zusammenhang mit einer Versorgung mit 100% Regenerativstrom gedacht. Im auf die Einhaltung des 2°C-Ziels hin entwickelten „Szenario 450“ der internationalen Energieagentur errechnete die IEA schon 2009 die Notwendigkeit, in 2030 **im globalen Mittel** im Neuwagenmarkt einen Anteil von 7% BEV, 21% PEV und 29% HEV abzusetzen. Nur noch 43% des globalen Marktes in diesem Szenario sollten schon 2030 bei Benzin- und Dieselfahrzeugen verbleiben.

Valentine-Urbschat (2014, S. 145) leiten aus den Zahlen zur Reduktion des Energieeinsatzes für die Mobilität im Szenario 450 die plausible Notwendigkeit ab, bis 2030 einen Anteil von ca. 25% BEV im **Fahrzeugbestand der OECD-Länder** zu etablieren. Das deutsche Ziel lautet seit 2011, in 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen². Das Szenario 450 würde es erforderlich machen, dass es schon 2030 ungefähr 10 Millionen Elektrofahrzeuge sind.

Auch die zivilgesellschaftlichen Kräfte in der Klima Allianz Deutschland (Klima Allianz Deutschland, 2016, S. 20) fordern den Markthochlauf alternativer Antriebe:

Im Kern einer erfolgreichen Klimaschutzstrategie für den Verkehrssektor steht die maximale Reduktion des Endenergiebedarfs. Neben verkehrsvermeidenden und –verlagernden Maßnahmen sind die vollständige Ausschöpfung der Effizienzsteigerungspotenziale der Antriebe aller motorisierten Verkehrsträger sowie der Markthochlauf alternativer (teil)elektrischer Antriebe zentral. Vor allem der Pkw-Verkehr lässt sich bis 2050 durch weitere Effizienzsteigerungen und den parallel anlaufenden sukzessiven Umstieg auf Elektromobilität fast vollständig dekarbonisieren.

Aus der Sicht der Umweltverbände verspricht die Elektromobilität als Element einer Transformation zur Nachhaltigkeit nur dann eine wirklich umweltentlastende Wirkung, wenn sie Teil einer Verkehrswende ist und die Energiewende parallel und erfolgreich fortgesetzt wird (Lottsiepen, 2014). Nur durch den Erfolg der Energiewende lässt sich eine erneuerbare Stromversorgung der Elektromobile sichern und nur durch eine erfolgreiche Verkehrswende lässt sich der Modal Split soweit vom PKW weg verlagern, dass wir in der Lage sein könnten, die Materialkreisläufe rundum die große Zahl schwerer Wagen zu bewältigen. Canzler und Knie (2014) gehen in ihrem Zukunftsbild sogar noch weiter und sehen sowohl Strom wie auch Wärme und Verkehr als Teile einer gesellschaftlichen Versorgungsstruktur, die zu einem synergetischen „Gesamtkunstwerk“ weiter entwickelt werden muss.

Die Bundesregierung hat lange Zeit ihr Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen in 2020 betont (Nationale Plattform Elektromobilität, 2016), welches aber von Jahr zu Jahr unrealistischer ist

² Vgl. http://www.bmvi.de//Anlage/original_1091814/Nationaler-Entwicklungsplan-Elektromobilitaet.pdf vom 25.5.2016.

und zunehmend in Frage gestellt wird. Auch die neue Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung, 2016) enthält zwar Aussagen, aber keine überprüfbaren Ziele zur Elektromobilität. Unter der Annahme, dass die Bundesregierung ihr Klimaziel, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95% zu reduzieren, wirklich umsetzen wird, ergibt sich ein Ausstieg aus dem Verkauf von Verbrennungsmotoren etwa 2030 bis 2035 aber quasi zwingend.

Andere Länder treiben die Elektromobilität deutlich entschlossener voran, z.B. Norwegen (Clausen, 2017c), Kalifornien (Clausen, 2017d) und die Niederlande (Perleberg & Clausen, 2017). Aber in diesen drei Ländern gibt es kaum eine Automobilbranche, die Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor herstellt und gegen eine Politik der Elektromobilität Widerstand leisten würde, es existieren dort keine „veto player“.

Anders ist es in China. Nach dem aktuellen chinesischen „Development Plan for Fuel-efficient and New Energy Vehicles“ im Zeitraum 2016-2020 soll die Entwicklung von Elektro- und Hybridfahrzeugen in China entschlossen vorangetrieben werden (Beigang & Clausen, 2017). Bis 2020 sollen chinesische Hersteller die weltweite Technologieführerschaft erreichen und an die Spitze der Verkaufszahlen von New Energy Vehicles aufsteigen (Tagscherer, 2012, S. 4). In China sollen in 2020 schon 2,1 Millionen, fünf Jahre später 5,25 Millionen und 2030 dann 15,2 Millionen Elektrofahrzeuge abgesetzt werden, was 2030 einem Marktanteil von 40% entsprechen würde (Mizuho Bank, 2017).

Chinesische Hersteller wie BYD führen schon heute die Liste der Unternehmen mit der höchsten Produktionszahl an BEV an. Mit Borgward in Bremen und Beijing WKW Automotive in der Lausitz bereiten zwei chinesische Unternehmen die Produktion von BEV in Deutschland vor. Zusammen mit Tesla, Streetscooter und der e.Go Mobile AG wächst damit die neue Start-up-Szene in der Automobilbranche zusehends.

Die traditionelle deutsche Automobilbranche ist aber nicht nur durch neue Hersteller herausgefordert. Durch Firmenaufkäufe steigen sowohl chinesische Unternehmen wie auch Tesla in deutsche Unternehmen ein, die für effiziente Produktionstechnik und hohe Qualität stehen. So wurden in den letzten Jahren Techni SAT Automotive mit 6.200 MA in Dresden, Carcoustics mit 1.900 MA in Leverkusen, Brötje Automation mit 800 MA in Rastede sowie Kuka mit 12.300 MA in Augsburg durch chinesische Investoren übernommen (Ernst & Young, 2017). Im Mai 2017 wurde die Anlasser-Sparte von Bosch mit 7.000 MA ebenso nach China verkauft. Durch den Erwerb des rheinland-pfälzischen Anlagenbauers Grohmann Engineering gewinnt Tesla bedeutende Automatisierungsexpertise aus der deutschen Halbleiter-, der Elektronik- und der Automobilindustrie (Handelsblatt Online, 2016; Tesla, Inc., 2016). Der Zukauf des Spezialisten für hoch automatisierte Fabrikation steht in Zusammenhang mit der Zielsetzung Teslas, bis 2018 die Produktionskapazität auf jährlich 500.000 Elektrofahrzeuge zu steigern (Tesla, Inc., 2016).

Die deutschen Hersteller Volkswagen, BMW und Daimler haben in 2016 alle neue elektrische Modelle angekündigt. BMW will 2017 schon 100.000 Elektroautos verkaufen, in 2025 planen Volkswagen 1 Million, BMW 500.000 und Daimler 400.000 Elektroautos zu produzieren. Zusammen wären das 1,9 Millionen Wagen. Bei einer Batteriekapazität von 35 - 50 kWh pro Auto errechnet sich ein Batteriebedarf von 66,5 - 95 MWh, während die NPE für 2025 eine nationale Produktion von 13 GWh anstrebt (Nationale Plattform Elektromobilität, 2016, S. 13). Ziel wäre damit ein Importanteil bei Batterien von 80 - 85%.

5 Chancen und Risiken

5.1 Chancen

Mit einem Erfolg der Elektromobilität sind Chancen in der Umwelt- wie der Wirtschaftspolitik verbunden. Umweltpolitisch kann die Elektromobilität aus heutiger Sicht einen großen und vergleichsweise rasch wirkenden Beitrag zur Bekämpfung des Treibhauseffektes, zur Reduktion der Schadstoffbelastung in Innenstädten sowie auch zur Reduktion der innerörtlichen Lärmemissionen leisten.

Wirtschaftspolitisch besteht eine Chance darin, Deutschland in den nächsten Jahren zu einem Leitmarkt der Elektromobilität zu entwickeln. Ein solcher Leitmarkt müsste die normative Idee eines über die den gesamten PKW-Lebenszyklus wirksam klimaneutralen PKW-Verkehrs mit dem großen Vorsprung zusammenführen, den die deutsche Automobilbranche in der Produktion qualitativ hochwertiger PKW hat. In Anlehnung an das Verständnis von Clustern bei (Porter, 1998, S. 78) ist hier darauf hinzuweisen, dass Cluster und Leitmärkte leistungsstarker Forschung, Hersteller und Zulieferer bedürfen, aber ebenso ohne eine Gruppe anspruchsvoller Kunden nicht denkbar sind. Die Realisierung eines deutschen Leitmarktes für Elektromobilität und damit die angestrebte Technologieführerschaft deutscher Hersteller bedarf daher eines schnellen Wachstums dieses nationalen Absatzmarktes.

Eine weitere Chance besteht im Erringen der Technologieführerschaft in der Batterietechnik. Mit Blick auf die Bedeutung, die die Batterietechnik für die Funktion der Elektroautos (Reichweite, Dauer der Ladezeit) sowie für die Kosten (Preis und Lebensdauer der Batterie) und die Umweltbelastungen (Ressourceneffizienz der Batterie) hat, wird sich die Batterie zur Schlüsseltechnologie der Elektromobilität entwickeln. Nationale Kompetenzen scheinen hier kaum verzichtbar.

5.2 Risiken

Genauso wie Chancen sind die Risiken der Elektromobilität mit der Umwelt- wie der Wirtschaftspolitik verbunden. Umweltpolitisch bestehen die Risiken in einem Misserfolg der Klimapolitik und entsprechend katastrophalen und globalen Langfristfolgen, wobei der Klimaschutzbeitrag durch die Elektromobilität in Deutschland sich über die Vorbildwirkung von Deutschland durch internationale Effekte potenzieren könnte.

Ein weiteres umweltpolitisches Risiko besteht darin, dass es nicht gelingt, die Herstellung der Batterien durch Fortschritte in der Effizienz deutlich material- und energieeffizienter zu machen. Auch die ressourcenpolitisch notwendige Realisierung eines Materialkreislaufs in der Automobilwirtschaft steht noch aus (Tappeser & Chichowitz, 2017).

Die wirtschaftspolitischen Risiken sind ebenso gravierend. Gelingt der Aufbau eines Leitmarktes nicht rasch und bevor die Unternehmen anderer Nationen eine wesentlichen Vorsprung erreicht haben, dann droht der Verlust der Technologieführerschaft und ggf. auch ein drastisches Absinken des Exports. Dies wieder würde zu einem deutlichen Verlust an Arbeitsplätzen in der Automobilbranche führen, die heute 2/3 ihrer deutschen Produktion exportiert. Die Technologieführerschaft könnte eng verknüpft sein mit einem Beherrschen der Batterietechnik. Die gegenwärtig für 2025 absehbare fast vollständige Importabhängigkeit könnte die deutsche Automobilbranche marginalisieren.

Sowohl die neuen Start-ups in der Elektromobilität wie der Aufkauf zentraler Zulieferer der Produktions- und Automatisierungstechnik durch chinesische und US-amerikanische Unternehmen stellen weitere Risiken für die deutsche Automobilbranche dar.

6 Maßnahmen und politische Initiativen

6.1 Politische Neuordnung der Elektromobilität

Seit 2010 existiert die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). Noch 2016 veröffentlichte sie im Wegweiser Elektromobilität (Nationale Plattform Elektromobilität, 2016) die Prognose, dass in 2017 ca. 200.000 Elektromobile im deutschen Fahrzeugbestand sein würden. Real waren es zum 31.12.2016 allerdings nur 34.000 Wagen. Die Arbeit der NPE insgesamt ist bisher alles andere als erfolgreich. Die Zahl der Publikationen, mit der die NPE das für die wirtschaftliche Zukunft des Landes zentrale Thema begleitet, liegt bei etwa zwei Publikationen pro Jahr. Mit dem Förderprogramm zum Aufbau der Ladeinfrastruktur hat das BMVI ausgerechnet die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) beauftragt, also eine Organisation, die im Kern zur Förderung einer deutlich weniger effizienten Alternative gegründet wurde. Die Etablierung eines nationalen Leitmarktes ist nach wie vor in weiter Ferne. Das langjährige Ziel, in 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen zu haben, hält die Bundeskanzlerin aktuell für unrealistisch (Tagesspiegel, 2017).

Die Bundesregierung scheint in der Frage der Elektromobilität uneins. Zu den Ankündigungen von Frankreich und Großbritannien, ab 2040 keine Benziner, Diesel und Hybride mehr zuzulassen merkt der Sprecher des Verkehrsministerium nur an, diese Absicht sei „relativ phantasielos“ (Kusido, 2017). In Deutschland steht ein solches Verbot nicht auf der Agenda.

Während aber in Kalifornien die Elektromobilität von der Behörde für Luftreinhaltung vorangetrieben wird und in den Niederlanden vom Ministerium für Infrastruktur und Umwelt so ist in Norwegen die Verantwortung für Elektromobilität auf drei Ministerien verteilt. Das Finanzministerium ist für die wirtschaftlichen Anreize, das Verkehrsministerium für die lokalen Anreize wie z.B. die Parkordnung und die Mautstraßenordnung und das Umweltministerium ist für die Klimapolitik zuständig.

In Deutschland ist im BMVi ein Referat Elektromobilität in der Unterabteilung für Nachhaltige Mobilität, Energie, Logistik eingerichtet worden. Ob es klug ist, dieses Thema nur einem Ministerium zuzuordnen, kann in Frage gestellt werden. Es sollte erwogen werden, das Thema aufgrund seiner Bedeutung für Wirtschaft, Energie und Umweltschutz dem BMWi gemeinsam mit dem BMUB zuzuordnen und hier eine hinreichend ausgestattete und wirksame Koordinationsstelle einzurichten, die insbesondere die Themen Energiewende und Elektromobilität aufeinander abstimmt. Für die Verkehrspolitik ist das Thema der PKW-Antriebe dagegen von eher geringem Belang, da die Art des Antriebs sich auf die Möglichkeiten der Mobilität nur marginal auswirkt. Während die Ladeinfrastrukturen eindeutig in die Zuständigkeit der Verkehrspolitik fallen, ist dies für die Antriebstechnik kritisch zu sehen. Dies gilt besonders deshalb, weil nur etwa ein Drittel der in Deutschland gebauten Autos hierzulande zum Einsatz gelangt. Die wirtschaftspolitische Bedeutung für Arbeitsplätze und Export sowie die umweltpolitische Bedeutung für den Klimaschutz erfordern hier ein Umdenken.

6.2 Maßnahmen zur Förderung der Verbreitung von Elektromobilen

Der spät erfolgte Versuch, durch geringfügige Verbesserung der Nachfrageseite positive Impulse zu setzen, ist bisher erfolglos. Es ist relativ deutlich, dass die Höhe der Kaufprämie gegenwärtig nicht ausreicht, um (angesichts der noch vorhandenen Defizite bei der Ladeinfrastruktur) wirkliche Dynamik in den Markt zu bringen. Es mag zwar im kurzfristigen Interesse der deutschen Automobilhersteller liegen, die Kaufprämie gegenwärtig wenig wirksam zu ge-

stalten, da die nationalen Anbieter bisher kaum E-Modelle im Angebote haben. Aber die Unwirksamkeit der Kaufprämie ist auch für die nationalen Hersteller mit zwei wesentlichen Risiken verbunden:

- Die Diffusion durch die Gruppe der Pionierkunden in die frühe Mehrheit erfordert vermutlich einige Jahre. Es wäre daher zielführender, wenn der Markt sich bei zunächst kleinen Stückzahlen dennoch deutlich dynamischer entwickeln würde, damit in 2020, wenn die Modellverfügbarkeit hergestellt sein wird, sich auch genug Käufer finden.
- Nur mit einer großen Zahl von Käufern kann von einem Leitmarkt gesprochen werden. Ohne einen Leitmarkt aber dürfte es für die deutschen Hersteller kaum machbar sein, bis Mitte der 20er Jahre die Technologieführerschaft zu erreichen.

Daher ist die Kaufprämie auf BEV deutlich zu erhöhen, z.B. zu verdoppeln. Auch ein Verzicht auf die Erhebung von Mehrwertsteuer auf E-Mobile nach norwegischem Vorbild (Clausen, 2017c) wäre denkbar. Ein eigener Anteil des Herstellers ist dabei von zweifelhaftem Wert, da der Hersteller den eigenen Prämienanteil „einpreisen“ wird. Dies gilt insbesondere für die in der E-Mobilität aktiven Start-ups, die zwar für die Dynamik der Innovation von hoher Bedeutung sind, aber im Gegensatz zu den etablierten Autokonzernen den Eigenanteil der Prämie nicht als „Mischkalkulation“ behandeln können.

Weiter ist der Ausbau der Ladeinfrastruktur bisher viel zu wenig dynamisch. Neben dem Ausbau der begonnenen Förderprogramme sollten z.B. mit Mitteln aus dem Autobahnbau, sämtliche Autobahnraststätten mit jeweils 50 Schnelladepunkten (mit der Möglichkeit der online-Vorreservierung) ausgerüstet werden. Auch die Bezahl- und Abrechnungssysteme der Ladesäulen scheint noch entwicklungsfähig, da immer wieder berichtet wird, dass Elektromobilisten aufgrund der falschen Ladekarte nicht laden konnten.³

6.3 Maßnahmen zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der Automobilbranche

Es sollte ein kontinuierlicher Dialog mit der Branche geführt werden, um Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken der Wettbewerbsfähigkeit im Segment der Elektromobilität zu beobachten.

Von kaum zu überschätzender Bedeutung scheint die Batterietechnik zu sein. Koordiniert durch die Bundesregierung und unterstützt durch Forschungsförderung sollte sowohl an der Forschung und Entwicklung wie der Aufskalierung der Produktion gearbeitet werden. Die F&E zu neuen, leistungsfähigeren, preisgünstigeren und ressourcenschonenderen Batteriekonzepten sollte deutlich gefördert werden. Der Ankauf von Patenten für aussichtsreiche Verfahren durch die Hersteller wäre hilfreich. Die Aufskalierung der Produktion sollte durch die Hersteller erfolgen und das Ziel der Volumens der Batterieproduktion sollte von 13 GWh in 2025 (Nationale Plattform Elektromobilität, 2016, S. 13) auf mindestens 50 GWh hochgesetzt werden.

Eine zentrale Stärke der deutschen Hersteller ist die Fähigkeit, hochqualitative Premiummodelle zu produzieren. Dies eröffnet ihnen sogar objektiv die Chance, als „me too“ Elektroautos zwar nicht als erste einzuführen, sie dafür aber „besser“ zu machen. Gerade hierzu aber benötigen die Hersteller einen starken Leitmarkt mit anspruchsvollen Kunden, für die noch für einige Jahre erhebliche Kaufanreize erforderlich sein werden. Und es wird von Bedeutung

³ Vgl. <http://www.haz.de/Hannover/Aus-der-Stadt/Uebersicht/e-Autotest-Erste-Testfahrt-in-Hannover> vom 26.6.2017.

sein, dass nicht große Teile der Schlüsselakteure der Produktions- und Automatisierungstechnik von ausländischen Investoren aufgekauft werden. Dieser Prozess könnte den Vorsprung der deutschen Hersteller in der Premiumproduktion deutlich abschwächen.

Mit Blick darauf, dass die Energiewende in der Stromproduktion bisher zu Gesamtvergütungszahlungen von über 200 Milliarden € geführt hat⁴, sollten Kosten im zwei- bis dreistelligen Milliardenbereich zur Realisierung einer Wende zum Elektrofahrzeug nicht abschrecken.

⁴ Vgl. http://erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf.pdf?__blob=publicationFile vom 26.6.2017.

Literaturverzeichnis

- Beigang, A. & Clausen, J. (2017). *Elektromobilität in China. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 23.3.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_emobilitaet_china_borderstep.pdf
- Braga, M. H., Grundish, N. S., Murchison, A. J. & Goodenough, J. B. (2017). Alternative strategy for a safe rechargeable battery. *Energy Environ. Sci.*, 10 (1), 331–336. doi:10.1039/C6EE02888H
- Canzler, W. & Knie, A. (2014). Mobil mit selbst gemachtem Strom. *Politische Ökologie*, 32 (Juni), 46–52.
- Clausen, J. (2017a). *PKW-Antriebe. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin.
- Clausen, J. (2017b). *Straßen. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin.
- Clausen, J. (2017c). *Elektromobilität in Norwegen. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 23.3.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_emobilitaet_norwegen_borderstep.pdf
- Clausen, J. (2017d). *Elektromobilität in Kalifornien. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 23.3.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_emobilitaet_kalifornien_borderstep_0.pdf
- Clausen, J. (2017e). *Der Post-Streetscooter. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 28.3.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-emobility_streetscooter_borderstep.pdf
- Clausen, J. (2017f). Elektrisierende Entwicklung. E-Mobile im kommunalen Fuhrpark. *Alternative Kommunalpolitik*, 38 (4), 50–51.
- Clausen, J. & Fichter, K. (2016). *Evolutorische Ökonomik – Pfadabhängigkeiten. Evolution2Green Teilbericht zu AP 1.2*. Berlin. Zugriff am 3.5.2016. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/evolution2green_inputpapier_pfadabhaengigkeiten.pdf
- Clausen, J. & Perleberg, S. (2017). *Tesla Motors. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 8.5.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-04-e2g-fallstudie_emobilitaet_tesla_borderstep.pdf
- Die Bundesregierung. (2016). *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2016. Neuauflage 2016*. Berlin. Zugriff am 23.1.2017. Verfügbar unter: https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Nachhaltigkeit/0-Buehne/2016-05-31-download-nachhaltigkeitsstrategie-entwurf.pdf?__blob=publicationFile&

- Eaves, S. & Eaves, J. (2004). *A Cost Comparison of Fuel-Cell and Battery Electric Vehicles*. Charleston RI und Mesa AZ. Zugriff am 23.6.2017. Verfügbar unter: http://www.met-ricmind.com/data/bevs_vs_fcvs.pdf
- e-mobil bw (Hrsg.). (2015). *Elektromobilität weltweit. Baden-Württemberg im internationalen Vergleich*. Stuttgart. Zugriff am 24.5.2016. Verfügbar unter: http://www.e-mobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Service/Publikationen/e-papers/internationales_Benchmarking/
- Ernst & Young. (2017). *Chinesische Unternehmenskäufe in Europa. Eine Analyse von M&A Deals 2006 - 2016*. Zugriff am 25.6.2017. Verfügbar unter: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-ma-chinesische-investoren-januar-2017/\\$FILE/EY-ma-chinesische-investoren-januar-2017.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-ma-chinesische-investoren-januar-2017/$FILE/EY-ma-chinesische-investoren-januar-2017.pdf)
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2016). *Learning from Norwegian Battery Electric and Plug-in Hybrid Vehicle users Results from a survey of vehicle owners*. Oslo. Zugriff am 17.11.2016. Verfügbar unter: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43161>
- Greene, D. L. & Duleep, G. (2013). *Status and Prospects of the Global Automotive Fuel Cell Industry and Plans for Deployment of Fuel Cell Vehicles and Hydrogen Refueling Infrastructure*. Oak Ridge. Zugriff am 26.5.2016. Verfügbar unter: https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/fcev_status_prospects_july2013.pdf
- Handelsblatt Online. (2016, November 8). Tesla kauft Grohmann Engineering: Kampfansage vom Elektroauto-Pionier.
- Kane, M. (2015, Dezember 17). Navigant: Fuel Cell Vehicle Sales To Exceed 228,000 Units By 2024. *Inside EVs*. Zugriff am 16.9.2016. Verfügbar unter: <http://insideevs.com/navigant-fuel-cell-vehicle-sales-exceed-228000-units-2024/>
- Klima Allianz Deutschland. (2016). *Klimaschutzplan 2050 der deutschen Zivilgesellschaft*. Berlin. Zugriff am 28.4.2016. Verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klimaschutzplan2050_final.pdf
- Korte, F., Göll, E. & Behrendt, S. (2017). *Automobilität im Wandel. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin.
- Kraftfahrtbundesamt. (2017). *Fahrzeugzulassungen (FZ): Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen Jahr 2016*. Flensburg. Zugriff am 26.6.2017. Verfügbar unter: http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2016/fz14_2016_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Kusido, S. (2017, Juli 27). Brexit für Benziner und Diesel. *Hannoversche Allgemeine Zeitung*.
- Losch, R. (2016, August 16). Mit der Brennstoffzelle zum Gardasee. *Hannoversche Allgemeine Zeitung*, S. 9.
- Lottsiepen, G. (2014). Raus auf die Straße. Chancen von E-Mobilität und Elektroautos. *Politische Ökologie*, 32 (Juni), 74–80.
- Lunz, B. & Sauer, D. U. (2010, Februar 18). Technologie und Auslegung von Batteriesystemen für die Elektromobilität. Gehalten auf der Solar Mobility, Berlin. Zugriff am 27.6.2017. Verfügbar unter: <https://www.bsm-ev.de/themen/infocenter/energiespeicherung/batteriesysteme-fuer-elektromobilitaet/view>
- Micksch, S. (2017, Juni 14). Wasserstoffautos: Kurz mal Wasserstoff tanken. *Frankfurter Rundschau*.

- Mizuho Bank. (2017). *The “New Normal” in China’s Auto Industry*. Hongkong. Zugriff am 24.6.2017. Verfügbar unter: https://www.mizuhobank.com/service/global/cndb/economics/kanan_asia/pdf/R421-0062-XF-0105.pdf
- Nationale Plattform Elektromobilität. (2016). *Wegweiser Elektromobilität. Handlungsempfehlungen der Nationalen Plattform Elektromobilität*. Berlin. Zugriff am 23.6.2017. Verfügbar unter: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Wegweiser_Elektromobilitaet_2016_web_bf.pdf
- Perleberg, S. & Clausen, J. (2017). *Elektromobilität in den Niederlanden. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 23.3.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_emobilitaet_niederlande_borderstep.pdf
- Porter, M. E. (1998). Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review* (S. 77–90). Harvard.
- Romare, M. & Dahllöf, L. (2017). *The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries*. Stockholm. Zugriff am 23.6.2017. Verfügbar unter: <https://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebede9559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>
- Tagesspiegel. (2017, Mai 16). Elektromobilität: Merkel kassiert das Ziel von einer Million E-Autos bis 2020. *Tagesspiegel*.
- Tagscherer, U. (2012). *Electric mobility in China - A Policy review*. Fraunhofer ISI Discussion Papers No. 30. Fraunhofer ISI. Verfügbar unter: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/p/de/diskpap_innosysteme_policyanalyse/discussionpaper_30_2012.pdf
- Tappeser, V. & Chichowitz, L. (2017). *Umgang mit Altfahrzeugen. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin. Zugriff am 17.1.2017. Verfügbar unter: www.evolution2.green.de
- Tesla, Inc. (2016, November 8). Formation of Tesla Advanced Automation Germany. Zugriff am 30.3.2017. Verfügbar unter: https://www.tesla.com/de_DE/blog/formation-of-tesla-advanced-automation-germany
- Umweltbundesamt (Hrsg.). (2016). *Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 23.6.2017. Verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_27_2016_umweltbilanz_von_elektrofahrzeugen.pdf
- Valentine-Urbschat, M. & Valentine-Urbschat, N. (2014). *Elektrisiert*. München: Valentine-Urbschat.