

sofia

Sonderforschungsgruppe
Institutionenanalyse

**Verkehrs-, umwelt- und raumbezogene Aspekte der
Elektromobilität unter Berücksichtigung
entscheidungstheoretischer Überlegungen
zum Nutzerverhalten**

Thomas Döring und Birgit Aigner-Walder

sofia-Diskussionsbeiträge 15-5, Darmstadt 2015

ISBN: 978-3-941627-46-8

Sofia-Diskussionsbeiträge
zur Institutionenanalyse
Nr. 15-5

ISSN 1437 - 126X

ISBN 978-3-941627-46-8

Verkehrs-, umwelt- und raumbezogene Aspekte der Elektromobilität unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Überlegungen zum Nutzerverhalten

Thomas Döring und Birgit Aigner-Walder

Darmstadt und Villach, Oktober 2015

INHALT

1 Ausgangspunkt und Problemstellung.....	3
2 Elektromobilität und Nutzerverhalten aus entscheidungs theoretischer Sicht	5
2.1 Relevante Opportunitätskosten der Nutzung von Elektrofahrzeugen.5	
2.1.1 Nutzungskosten, Reichweite und Sicherheit	5
2.1.2 Ladeinfrastruktur und Anschaffungskosten	7
2.2 Weitere Bestimmungsfaktoren des individuellen Substitutionsverhaltens.....	8
2.2.1 Energiepreise und Lebenszykluskosten	8
2.2.2 Psychologische Einflüsse und Angebotssituation.....	9
3 Verkehrs-, umwelt- und raumbezogene Implikationen der individuellen Nutzung von Elektrofahrzeugen	11
3.1 Verkehrsbezogene Aspekte einer verstärkten Nutzung von Elektromobilität	11
3.1.1 Elektrofahrzeuge und multimodale Verkehrsmittelwahl.....	11
3.1.2 Auswirkungen auf Nutzung und Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur	12
3.1.3 Erforderliche Fortschritte im Bereich der Batterietechnologie.....	13
3.2 Umweltbezogene Effekte einer verstärkten Nutzung von Elektromobilität	13
3.2.1 Ökologisierung des Verkehrs durch Elektromobilität	14
3.2.2 Umwelteffekte der Herstellung von Elektrofahrzeugen	14
3.2.3 Klimabilanz von elektrischen und konventionellen Fahrzeugen	17
3.2.4 Umweltfreundlichkeit und individuelle Kaufentscheidung.....	17
3.3 Räumliche Aspekte der Nutzung von Elektrofahrzeugen.....	18
3.3.1 Notwendigkeit einer räumlich differenzierten Betrachtung	20
3.3.2 Abschwächung des Reichweitenproblems in urbanen Räumen	20
3.3.3 Unterschiedliches Mobilitätsverhalten in urbanen und ländlichen Räumen.....	21
3.3.4 Elektromobilität und Energiewende im urbanen Raum	23
3.3.5 Ausbau der Ladeinfrastruktur im urbanen und ländlichen Raum	24
3.3.6 Elektromobilität im ländlichen Raum.....	25
3.3.7 Eingeschränkte Substitutionsbereitschaft im ländlichen Raum.....	26
4 Schlussfolgerungen.....	27
5 Literaturverzeichnis	30

1

Ausgangspunkt und Problemstellung

Zweifelsohne wirken sich neue Technologien auf die Alltagsmobilität einschließlich der Wahl verfügbarer Verkehrsmittel aus und implizieren damit verkehrs- umwelt- und raumbezogene Folgen. So hat beispielsweise bezogen auf die Infrastruktur für den physischen Verkehr der Ausbau der Bahn-Hochgeschwindigkeitsnetze seit Mitte der 1990er Jahre zu einer bevölkerungsbereinigten Zunahme der Distanzen von Dienst- und Geschäftsfahrten um rund 50 % geführt. Dies gilt in gleicher Weise für die Zunahme von Fernpendlern vgl. (vgl. Scheiner/Steinberg 2002; Schneider et al. 2001; Vogt et al. 2001). Auch trägt die Entwicklung der IuK-Technologien und die damit einhergehende höhere Verfügbarkeit und Schnelligkeit in der Informationsübermittlung zu einem veränderten Mobilitätsverhalten bei, sei es in Gestalt einer stärkeren Zeitautonomie von Kontaktpartnern, sei es in Gestalt einer Steigerung der mobilen Erreichbarkeit und der damit verbundenen Zunahme „mobiler Lebensformen“. Gleichzeitig wirkt sich die zunehmende Digitalisierung aber auch hemmend auf die Mobilität aus, wenn dadurch etwa die Strukturen der Arbeitswelt räumlich und zeitlich flexibler werden (Stichwort: mobile Arbeitsplätze, Tele-/Videokonferenzen etc.) und auf diese Weise Pendler- und Geschäftsfahrten - auch zur Entlastung der Umwelt - reduziert werden (vgl. Bamberg 2010; Frick/Grimm 2014). Technologische Innovationen können zudem zu Alternativen im Rahmen bestehender Mobilitätsformen führen, wie dies etwa für die Entwicklung neuer Antriebstechniken im Bereich des motorisierten Individualverkehrs gilt (Stichwort: Elektromobilität, Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antriebe etc.).

Technologische Neuerungen bleiben nicht ohne Folgen für das Nutzerverhalten. In einer Vielzahl von Mobilitäts- und Verkehrs-Studien dominiert jedoch nicht selten eine vergleichsweise deterministische Sichtweise dergestalt, dass von der Verfügbarkeit technologischer Möglichkeiten vorbehaltlos auf deren (zumindest mehrheitliche) Nutzung geschlossen wird. Ähnliches gilt bezogen auf die Ausprägung sozio-ökonomischer oder demographischer Makrodaten (vgl. z.B. Kunert et al. 2008; ifmo 2011). So wird etwa der massenhafte Anstieg der individuellen Pkw-Nutzung der zurückliegenden Jahrzehnte weitestgehend auf strukturelle Veränderungen zurückgeführt, die sich aus dem Zusammenwirken von technologischer Möglichkeit (hier: der Option „Pkw“) und allgemeinen ökonomischen und sozialen Entwicklungstrends in modernen Industriegesellschaften ergeben (vgl. exemplarisch Kutter 2001; Kutter/Stein 1998). Insbesondere bezogen auf die soziale Akzeptanz von technischen Neuerungen – ökonomisch gesprochen: die Substitutionsbereitschaft zwischen bestehenden und neuen Technologien – muss jedoch die Perspektive des Akteurs und sein individuelles Entscheidungsverhalten stärker in den Blick genommen werden, um die für Verkehr, Umwelt und Raum sich ergebenden Folgen besser abschätzen zu können.

Entsprechende Studien, die das individuelle Entscheidungsverhalten im Umgang mit technologischen Neuerungen ins Zentrum der Untersuchung stellen, sind jedoch nach wie vor nur in geringer Zahl vorhanden. So steht beispielsweise außer Frage, dass

Neuerungen im Bereich von IuK-Technologien die physische Mobilität nachhaltig beeinträchtigen werden. Gleichwohl sind die vorhandenen theoretischen wie empirischen Befunde der Mobilitätsforschung, wie die Entwicklung von IuK-Technologien die individuelle Mobilitätsnachfrage verändern wird, jedoch unklar oder widersprüchlich. Entsprechend stellt etwa Bamberg (2010) fest: „Die Dynamik dieser Entwicklung ist z.Z. kaum prognostizierbar“. Vor diesem Hintergrund hat unter anderen das Institut für Mobilitätsforschung (ifmo) in Kooperation mit dem Imperial College London jüngst eine Grundlagenstudie gestartet, um den Stand des Wissens zum Einfluss von IuK-Technologien auf das Mobilitätsverhalten aufzuarbeiten.

Ein ähnlicher Erkenntnisstand lässt sich für andere verkehrs- und mobilitätsrelevante Technologiebereiche diagnostizieren. Eine der wenigen Ausnahmen hiervon bilden Analysen des Nutzerverhaltens bezogen auf die Akzeptanz neuer Antriebstechnologien im Bereich des motorisierten Individualverkehrs und hier speziell mit Blick auf die Nutzung elektrisch betriebener Fahrzeuge (vgl. stellvertretend Bongard 2014; Fazel 2014; Peters et al. 2013; Haugrund 2013; Pieper et al. 2013; Paternoga et al. 2013; Dudenhöffer et al. 2012; Döring/Aigner 2012; Döring 2012; Ahrend et al. 2011; Peters/Hoffmann 2011; Döring/Aigner 2011). Zu den Elektrofahrzeugen zählen dabei terminologisch nicht allein reine batterie-elektrisch betriebene Fahrzeuge (BEV), sondern auch solche Elektrofahrzeuge, die entweder über einen Verbrennungsmotor zur Reichweitenverlängerung verfügen (REEV) oder bei denen sowohl ein E-Motor als auch ein Verbrennungsmotor für den Antrieb sorgt, wie dies bei den am Stromnetz aufladbaren Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEV) der Fall ist. Schließlich werden zudem Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV), welche die benötigte Energie direkt an Bord des Fahrzeugs erzeugen (z.B. in Form von Wasserstoffbrennstoffzellen), zu den Elektrofahrzeugen gezählt. In Anbetracht dessen sollen nachfolgend exemplarisch die vorhandenen Einsichten zum Nutzerverhalten im Umgang mit der Elektromobilität zusammenfassend dargestellt sowie – wenngleich nur ansatzweise und damit in lediglich rudimentärer Form – einige sich daraus ergebende verkehrs-, umwelt- und raumbezogene Implikationen aufgezeigt werden.

2

Elektromobilität und Nutzerverhalten aus entscheidungstheoretischer Sicht

Ökonomisch gesehen wird die individuelle Nachfrage nach einem Gut (hier: Elektrofahrzeuge) durch unterschiedliche Faktoren bestimmt, zu denen unter anderen der Preis eines Gutes, der Preis naher Substitute (hier: treibstoffgetriebener Fahrzeuge), das Einkommen der potentiellen Nachfrager (als Bestimmungsfaktor der individuellen Zahlungsfähigkeit), die jeweiligen Bedürfnisse und Vorlieben (kurz: die Präferenzen als Bestimmungsfaktor der individuellen Zahlungsbereitschaft) sowie die Erwartungen in Hinblick auf die zukünftige Entwicklung des Marktes für das entsprechende Gut gehören (vgl. Mankiw/Taylor 2012). Hinzu kommen psychologische Faktoren wie habituelle Verhaltensroutinen (Gewohnheiten), subjektive Verzerrungen in der Wahrnehmung von Marktinformationen oder auch emotionale Einflussgrößen (vgl. Bamberg 2010; Hunecke 2006).

2.1

Relevante Opportunitätskosten der Nutzung von Elektrofahrzeugen

Ausgangspunkt der nachfolgenden Überlegungen ist die Frage, wie wahrscheinlich der Wechsel von einem konventionellen Fahrzeug zu einem Elektrofahrzeug ist unter Berücksichtigung der damit verbundenen Opportunitätskosten (d.h. der für den Fall des Wechsels entgangenen Vorteile aus der Nutzung treibstoffgetriebener Fahrzeuge und deren charakteristischen Eigenschaften). Für eine erste Einschätzung der mit einer verstärkten Nutzung von Elektrofahrzeugen – monetär wie psychologisch – verbundenen Opportunitätskosten kann ein Vergleich der direkten Nutzungs- bzw. Betriebskosten, der Anschaffungskosten, der Reichweite und Sicherheit von Elektrofahrzeugen sowie der Verfügbarkeit der benötigten Ladeinfrastruktur als zweckmäßig gelten.

2.1.1 Nutzungskosten, Reichweite und Sicherheit

Ökonomische Studien zeigen, dass die Energiekosten für den Gebrauch eines Elektrofahrzeugs sich im Durchschnitt auf rund 4 Euro pro 100 Kilometer belaufen, was lediglich der Hälfte dessen entspricht, was an direkten Kosten für die Nutzung eines treibstoffbetriebenen Fahrzeugs gegenwärtig zu veranschlagen ist. Allerdings sind im Fall des Elektrofahrzeugs weitere Kosten zu berücksichtigen, die aufgrund der Batterieabnutzung entstehen und sich auf rund 20 Euro je 100 Kilometer belaufen. Der Grund hierfür ist, dass bezogen auf den aktuellen Stand der Technik eine Batterie nach maximal 1.500 Ladevorgängen erneuert werden muss. Die Zahl der maximal zu realisierenden Ladezyklen variiert dabei sowohl in Abhängigkeit vom Batterietyp (Blei-Batterie, Nickel-Metallhydrid-Batterie, Lithium-Ionen-Batterie etc.) als auch der Außentemperatur. Der erhebliche Unterschied in den direkten Nutzungskosten zwischen konventionell und elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ist Ausdruck der divergierenden Energiedichte der verschiedenen Antriebsstoffe bzw. Speichermedien: Um die Energiedichte von einem Liter Dieselöl (annähernd 10 kWh) zu erreichen, bedarf es

einer 333 kg schweren Blei-Batterie, einer 167 kg schweren Nickel-Metallhydrid-Batterie oder einer 55 kg schweren Lithium-Ionen-Batterie. Damit erreichen aktuell selbst modernste Akkus gerade einmal 8% der energetischen Leistungsfähigkeit von Dieselöl. Und dies bei rund 5.000 Euro für eine Blei-Batterie, ca. 20.000 Euro für eine Nickel-Metallhydrid-Batterie sowie knapp 35.000 Euro für eine Lithium-Ionen-Batterie. Die Höhe der direkten Nutzungskosten eines Elektrofahrzeugs wird somit entscheidend von den Möglichkeiten der Speicherung von elektrischer Energie bestimmt.

Bezüglich der Präferenzen der Nachfrager ist zudem davon auszugehen, dass die potentiellen Nutzer von Elektrofahrzeugen die gleiche Qualität und Quantität des Gutes „Mobilität“ bezüglich Reichweite, zeitlicher Verfügbarkeit oder Sicherheit erwarten. Auch in diesem Zusammenhang stellt wiederum die Batterie eine besondere Herausforderung dar. Problematisch ist hierbei zum einen die räumliche Reichweite von Elektrofahrzeugen, die gegenwärtig 150 bis 350 Kilometer beträgt, bevor die Batterie erneut aufgeladen werden muss. Im Vergleich zu einem treibstoffgetriebenen Fahrzeug (aktuelle Reichweite: 600 bis 1.000 Kilometer) weisen Elektromobile damit einen erheblichen Wettbewerbsnachteil auf. Hinzu kommt, dass die Reichweite eines Elektrofahrzeugs zudem von topographischen ebenso wie klimatischen Faktoren abhängt, d.h. je bergiger der Streckenverlauf und je wärmer die Außentemperatur, umso niedriger ist die Reichweite (vgl. Boston Consulting Group 2010; Deutsches Clean Tech Institut 2010).

Aus der aktuell (noch) geringen Reichweite von Elektrofahrzeugen („low-range usage“) ergeben sich weitere Opportunitätskosten: Wollen potentielle Konsumenten die Gesamtheit ihrer Mobilitätsbedürfnisse in flexibler Weise befriedigen, dürfte dies häufig entweder die Anschaffung von mehr als nur einem Fahrzeug oder die zusätzliche Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel erfordern, um auch größere Entfernungen („high-range usage“) problemlos bewältigen zu können. Dies bedeutet jedoch zum einen, dass die Zahlungsbereitschaft für ein Elektrofahrzeug weit überwiegend nicht deren aktuellen Preisen entspricht. Dies heißt zum anderen aber auch, dass die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen in starkem Maße vom jeweiligen Haushaltseinkommen abhängt.

Hinzu kommen bislang nur unzureichend geklärte Sicherheitsfragen, bei denen aus Sicht der Opportunitätskosten wiederum die Batterietechnik ein Schlüsselfaktor ist. So stellt zum einen die Brand- und Explosionsgefahr nach wie vor eines der größten Probleme im Bereich der Speichertechnik dar, da Batterien grundsätzlich aus Materialien bestehen, die heftig miteinander reagieren können. Dies gilt vor allem für Lithium-Batterie-Varianten, die zwar allesamt vergleichsweise langlebig sind, zugleich aber auch als besonders explosiv gelten, da das hochreaktive Lithium zu Überhitzung neigt. Inwieweit die Entwicklung neuer Batterievarianten nicht nur zu einer größeren Reichweite sondern auch zu einem verbesserten Thermomanagement und damit zu einer höheren Nutzersicherheit führt, ist gegenwärtig noch offen.

2.1.2 Ladeinfrastruktur und Anschaffungskosten

Weitere Opportunitätskosten verbinden sich zudem mit den Ladezeiten von marktüblichen Elektrofahrzeugen, die die Betankungszeiten eines konventionellen Fahrzeugs um ein Vielfaches übersteigen. Während bei letztgenanntem Fahrzeugtyp nicht mehr als 5 Minuten ausreichen, um rund 100.000 kWh im Tank aufzunehmen, benötigen Elektrofahrzeuge 8-12 Stunden für das Wiederaufladen der Batterie an der Haushaltssteckdose. Selbst im Fall einer Schnellaufladung („fast charging“) beansprucht der Ladevorgang üblicherweise rund 30 Minuten (vgl. Pehnt/Höpfner 2007).

Das Problem der vergleichsweise langen Ladezeiten verweist auf das grundlegendere Problem einer zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur unzureichend ausgebauten Infrastruktur für Elektrofahrzeuge. Dies betrifft neben entsprechenden Werkstätten und Servicestellen ebenso die Zahl an öffentlich zugänglichen Ladestationen, die ein möglichst schnelles Laden der Batterie ermöglichen. Entsprechende Schnellladestationen sind jedoch vergleichsweise teuer und daher aktuell nur für Firmen oder Forschungszwecke finanzierbar. Bis zum Jahr 2020 wird allerdings mit weiterentwickelten Ladesystemen gerechnet, die durch deutlich höhere Spannungen und Stromstärken gekennzeichnet sein sollen (vgl. Deutsches Clean Tech Institut 2010). Sowohl einige Hersteller von Elektroautos als auch einige Länder (Dänemark, Israel) bevorzugen Batteriewechsel- anstelle von Ladestationen. Für ein solches System spricht, dass die ansonsten langen Stromladezeiten durch ein robotergestütztes Wechseln der Batterie deutlich kürzer ausfallen würden. Ein weiterer Vorteil wäre, dass Elektrofahrzeuge auf diese Weise deutlich günstiger verkauft werden könnten, da die Batterie zum Anschaffungszeitpunkt lediglich geleast werden muss. Allerdings müssten entsprechende Wechselstationen sehr große Mengen an Batterien vorhalten, um den bestehenden Bedarf zu decken. Parallel dazu müssten aber auch die Stationen als solche aufgebaut werden, was in der Summe (Batterievorhaltung und Netz an Stationen) jedoch mit einem erheblichen Kapitalbedarf verbunden wäre. Ein solches Netz an Wechselstationen ist aber auch angesichts der bislang mangelnden Standardisierung der Batterien für die nähere Zukunft wenig realistisch. Sind davon BEV-, REEV- und PHEV-Fahrzeuge betroffen, besteht für FCEV-Fahrzeuge noch das zusätzliche Problem, dass die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ebenfalls eine eigene Betankungsinfrastruktur benötigt, wobei die Speicherung und Betankung von Wasserstoff sowohl technisch aufwendig als auch kostenträchtig ist (vgl. Canzler/Knie 2015).

Wiederum vor allem aufgrund der Batterie liegen die Mehrkosten bei einem elektrisch betriebenen unteren Mittelklassewagen aktuell je nach Hersteller zwischen 10.000 und 15.000 Euro und damit um den Faktor 2,5 über den Anschaffungskosten eines konventionellen Fahrzeugs. Nach vorliegenden Ergebnisse von Verbraucherstudien werden jedoch die Anschaffungskosten von 89% der Befragten beim Kauf eines Elektrofahrzeugs als besonders wichtig eingestuft (vgl. Arnold et al. 2010). Gegenwärtig ist davon auszugehen, dass auch im Jahr 2025 die Herstellungskosten eines Elektrofahrzeugs immer noch um rund 60% über denen eines konventionellen Fahrzeugs liegen werden. In der gleichen Studie wird darauf verwiesen, dass die Konsumenten in Deutschland jedoch lediglich einen Preisaufschlag beim Elektrofahrzeug in

Höhe von etwas mehr als 20% (bzw. rund 2.500 Euro) akzeptieren würden. Als preisgünstiger erweisen sich Elektrofahrzeuge nur dann, wenn man die gesamten Kosten des Lebenszyklus („Total Cost of Ownership“) in den Blick nimmt und dabei zugleich von zukünftig sowohl steigenden Ölpreisen als auch sinkenden Batteriekosten ausgeht.

2.2

Weitere Bestimmungsfaktoren des individuellen Substitutionsverhaltens

Zusätzlich zu den bislang bereits genannten Einflussgrößen der Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen lassen sich noch weitere Bestimmungsfaktoren der Substitutionsentscheidung zwischen konventionell und elektrisch angetriebenen Fahrzeugen benennen. Zu ihnen zählen vor allem die zukünftige Entwicklung der Energiepreise, die gesamten Lebenszykluskosten von Elektrofahrzeugen, deren Verfügbarkeit am Markt sowie verhaltenspsychologische Aspekte des Mobilitätsverhaltens.

2.2.1 Energiepreise und Lebenszykluskosten

Eine Studie der Boston Consulting Group aus dem Jahr 2009 hat die unterschiedlichen Lebenszykluskosten verschiedener Antriebstechnologien mit geringem CO₂-Ausstoß (rein elektrischer Antrieb, alternative Antriebe jenseits reiner Elektromotoren einschließlich Hybridtechnologien, verbrauchsarme Verbrennungsmotoren) miteinander verglichen (vgl. Boston Consulting Group 2009). Danach stellen zwar reine Elektroantriebe jene Antriebstechnologie dar, welche die größten Mengen an CO₂-Emissionen zu vermeiden in der Lage ist. Sie sind aus ökonomischer Sicht jedoch nicht die kosteneffektivste Form der CO₂-Vermeidung. Letzteres trifft vielmehr auf verbrauchsarme Verbrennungsmotoren zu, bei denen sich die Kosten zur Reduktion von einem Prozent CO₂-Emissionen bei gegebenen Energiepreisen auf 50-100 Euro belaufen. Demgegenüber entstehen bei reinen Elektroantrieben Vermeidungskosten in Höhe von 98-197 Euro.

Während die umweltbezogene Kosteneffektivität bei der Kaufentscheidung potenzieller Nachfrager allerdings eine eher nachrangige Rolle spielen dürfte, trifft dies nicht in gleicher Weise auf die Höhe der Lebenszykluskosten zu. Die Studie zeigt, dass Elektrofahrzeuge aus Konsumentensicht unter Kostenaspekten vergleichsweise unattraktiv sein werden, solange der Ölpreis sich auf einem moderaten Niveau bewegt und die Einführung von Elektrofahrzeugen nicht zugleich staatlicherseits nennenswert gefördert wird, was in Deutschland – trotz des gerade von der Bundesregierung verabschiedeten Elektromobilitätsgesetzes – jedoch nach wie vor nicht der Fall ist (vgl. auch Dudenhöffer et al. 2012). Zudem zeigt eine aktuelle Untersuchung, dass aufgrund der momentan niedrigen Treibstoffpreise „Neuwagenkäufer in alte Verhaltensmuster“ zurückfallen, was von Dudenhöffer (2015: 549) wie folgt bewertet wird: „Mit billigem Treibstoff steigt der Wunsch nach höherer PS-Leistung der Neuwagen. [...] Durch billigen Treibstoff setzt sich der Boom der SUV in einem bisher nicht gekannten Maße fort. [...] Das zögerliche Verhalten, Elektrofahrzeuge und/oder Plug-In Hybridfahrzeuge zu kaufen, wird verstärkt. Bei Preisen konventioneller Kraftstoffe, die auf

dem Niveau des Jahres 2005 liegen, verkümmert jeder Anreiz, lokal emissionslose Fahrzeuge zu kaufen“.

Bei einem Vergleich der durchschnittlichen Lebenszykluskosten als Funktion des Rohölpreises muss ein in Deutschland gekauftes und gefahrenes Elektrofahrzeug gegenwärtig als vergleichsweise unattraktiv bewertet werden. Geht man von den aktuellen Batteriekosten in Höhe von rund 500 Euro (700 USD) je kWh aus, liegen die Lebenszykluskosten eines Elektrofahrzeugs deutlich über jenen eines Fahrzeugs mit verbrauchsarmen Verbrennungsmotor. Eine wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit des Elektrofahrzeugs wäre danach erst dann erreicht, wenn sich der Rohölpreis auf einem Niveau von 197 Euro (280 USD) je Barrel bewegen würde. Nur für den Fall, dass die gegenwärtigen Batteriekosten vergleichsweise stark sinken (z.B. auf 353 Euro bzw. 500 USD pro kWh), kann davon ausgegangen werden, dass die wirtschaftliche Attraktivität von Elektrofahrzeugen steigt. Dies wäre ab einem Rohölpreis in der Bandbreite zwischen 70 und 84 Euro (100 und 125 USD) je Barrel der Fall. Zum Vergleich: Aktuell beträgt der Rohölpreis auf dem Weltmarkt 48 USD je Barrel (Stand: September 2015).

2.2.2 Psychologische Einflüsse und Angebotssituation

Bei den bisherigen Überlegungen zu den individuellen Opportunitätskosten eines privaten Gebrauchs von Elektrofahrzeugen wurde von einem weitgehend rationalen Entscheidungsverhalten (Rational-Choice-Ansatz) der potentiellen Nutzer ausgegangen. Zusätzlich sind hier jedoch auch Verhaltensanomalien und Verhaltensgewohnheiten zu berücksichtigen, wie diese etwa aus psychologischen (bzw. verhaltensökonomischen) Studien zur Verkehrsmittelwahl bekannt sind (vgl. Hunecke 2006; Bamberg 2010; FehrAdvice & Partners AG 2012). Danach erfordert die erstmalige Ausführung einer neuen Verhaltensweise (hier: der Kauf eines Elektrofahrzeugs) eine kognitiv aufwendige, bewusste Entscheidung. Ist ein Akteur jedoch mit seinem bisher getroffenen Entscheidungen zufrieden (hier: Kauf eines konventionell angetriebenen Fahrzeugs), setzt eine Gewohnheitsbildung ein (habituelles Verhalten). Vergangene Verhaltenshäufigkeiten üben dann einen stärkeren Einfluss auf das zukünftige Entscheidungsverhalten aus als berichtete Verhaltensabsichten (etwa in Form der Absicht eines ökologisch motivierten Kaufs eines Elektrofahrzeugs).

Begünstigt wird dieses Verhalten durch verschiedene Wahrnehmungsverzerrungen wie etwa den sogenannten Status quo Bias, der den empirisch belegten Tatbestand kennzeichnet, dass Akteure eine bestehende Situation (hier: Nutzung konventioneller Fahrzeuge) möglichst nicht verändern wollen. Damit werden jedoch Verhaltensänderungen unwahrscheinlicher, was durch den sogenannten Availability Bias noch zusätzlich begünstigt wird. Danach entscheiden sich Verbraucher für die leichter verfügbaren konventionellen Fahrzeuge häufiger als für die nach wie vor weniger gut verfügbaren Elektrofahrzeuge. Und selbst bei bestehender Substitutionsbereitschaft sorgt die vorherrschende Nichtberücksichtigung irreversibler Kosten (z.B. Anschaffungs- und Reparaturkosten eines im Besitz befindlichen konventionellen Fahrzeugs) dafür, dass eine selbst unter monetären Gesichtspunkten optimale Entscheidung ver-

hindert oder zumindest zeitlich hinausgezögert wird (Sunk Cost Fallacy). Damit wird zumindest ein schneller Umstieg auf Elektrofahrzeuge zum aktuellen Zeitpunkt unwahrscheinlicher. Aber selbst für den Fall, dass private Haushalte sich für die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs entscheiden, hätten sie es bei der gegebenen Marktsituation schwer, ein geeignetes Angebot zu finden, da sowohl Anzahl als auch Variationsbreite der Produkte im Vergleich zum Markt für treibstoffgetriebene Fahrzeuge aktuell immer noch sehr niedrig sind (vgl. Dudenhöffer 2014; Döring 2012). Mit verantwortlich hierfür ist – neben einer unzureichenden staatlichen Förderung von Elektrofahrzeugen – nicht zuletzt die nicht gerade strenge CO₂-Regulierung durch die EU-Verordnung Nr. 443/2009 für Pkw-Neuwagen, durch die der Substitutionsdruck für konventionelle Antriebe vergleichsweise gering ist und die Entwicklung alternativer Antriebe entsprechend ausgebremst wird.

3

Verkehrs-, umwelt- und raumbezogene Implikationen der individuellen Nutzung von Elektrofahrzeugen

Angesichts der zurückliegenden Ausführungen zu den Eigenschaften von Elektrofahrzeugen (Nutzungskosten, Anschaffungskosten, zeitliche Flexibilität der Nutzung, räumliche Reichweite etc.) und dem sich daraus ergebenden Nutzerverhalten ist ohne massive staatliche Förderanreize in absehbarer Zukunft mit keinem weitverbreiteten Gebrauch von Elektromobilität zumindest im Bereich des motorisierten Individualverkehrs zu rechnen. Eine entsprechende staatliche Förderung von Elektrofahrzeugen ist jedoch zumindest in ökonomischer Sicht umstritten. So stellte etwa Lamparter (2015: 31) erst jüngst fest, dass sich für einen Markterfolg „die Elektroautos [...] den Kundenwünschen anpassen [müssen]“, anstatt diese staatlicherseits „mit hohen Subventionen in den Markt zu drücken“. Ohne zusätzliche (finanzielle) Anreize für Elektrofahrzeuge erscheint jedoch der von der Bundesregierung bis zum Jahr 2020 politisch als wünschenswert angesehene Nutzungsgrad dieser Antriebstechnologie in der Größenordnung von 1 Mio. Elektroautos auf deutschen Straßen sowie die bis 2030 formulierte Zielgröße von 5 Mio. Elektrofahrzeugen (vgl. Bundesregierung 2009) als unrealistisch, wenn keine grundlegenden Innovationen im Bereich der Elektromobilität (insbesondere bei der Batterietechnologie) erfolgen. Hintergrund der genannten Zielvorgaben ist bekanntermaßen das Postulat, den deutschen Automobilmarkt zu einem Leitmarkt für Elektromobilität zu machen, um auf diese Weise vor allem der Entwicklung auf dem chinesischen Markt Rechnung zu tragen, der für die deutschen Automobilhersteller nicht nur als der mit Abstand wichtigste Zukunftsmarkt gilt, sondern für den zugleich angenommen wird, dass die Erlangung nennenswerter Marktanteile entscheidend von Fortschritten im Bereich der elektrischen Antriebstechnologie abhängig ist (vgl. Canzler/Knie 2015: 44).

3.1

Verkehrsbezogene Aspekte einer verstärkten Nutzung von Elektromobilität

Von den unterschiedlichen verkehrsbezogenen Effekten, die bei einem zukünftig vermehrten Gebrauch von Elektrofahrzeugen zu erwarten sind, soll hier vor allem auf drei mögliche Problemfelder näher eingegangen werden. Dies betrifft neben den erwarteten bzw. erhofften Auswirkungen auf die multimodale Verkehrsmittelwahl sowie den Implikationen für die Nutzung und Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur ebenso den Fortschrittsbedarf im Bereich der Batterietechnologie als einer wesentlichen Grundlage für die Durchsetzung von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionell angetriebenen Verkehrsmitteln.

3.1.1 Elektrofahrzeuge und multimodale Verkehrsmittelwahl

Bezogen auf den motorisierten Individualverkehr in Deutschland gibt es aktuell keinerlei Anzeichen, dass „reine“ elektrische Antriebe ihrem momentanen Nischendasein entwachsen könnten. So wurden zwar Ende 2014 von deutschen Herstellern insge-

samt 16 Modelle mit elektrischem Antrieb angeboten, deren Verkaufszahlen lagen aber – mit Ausnahme des BMW i3 – deutlich hinter den Erwartungen zurück (vgl. NPE 2014). Aus entscheidungstheoretischer Sicht ist dies keineswegs überraschend, da die prinzipielle Verfügbarkeit dieser neuen Mobilitätstechnologie noch keine Rückschlüsse über deren subjektive Akzeptanz und damit deren gesellschaftliche Durchsetzungsfähigkeit im Verkehrsbereich zulässt. Damit könnte sich allerdings auch die häufig kommunizierte Hoffnung nicht erfüllen, dass eine verstärkte Nutzung von Elektrofahrzeugen aufgrund von deren räumlich begrenzten Reichweite auch zu einer steigenden Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel im Personennah- wie im Personenfernverkehr führt, um auf diese Weise die Vision eines „klimaneutralen Verkehrs“ (vgl. InnoZ 2014) zu verwirklichen. Die der Elektromobilität diesbezüglich zugeschriebenen „Trojanerfunktion“, wonach es „nicht mehr nur der Antrieb [ist], der sich durchsetzt, sondern auch das Versprechen, dass stromgeführte Verkehrsmittel insgesamt auf lange Sicht etabliert werden“ als Folge einer „multimodalen Verkehrsmittelwahl [...], bei der zunehmend mehr Menschen nicht mehr nur ein Hauptverkehrsmittel nutzen“ (Canzler/Knie 2015: 51), hat ihre Anreiz- bzw. Verhaltenswirksamkeit noch nicht entfalten können.

3.1.2 Auswirkungen auf Nutzung und Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur

Aber auch bei einer steigenden Akzeptanz von Elektrofahrzeugen ist nicht zwingend davon auszugehen, dass sich der Gebrauch öffentlicher Verkehrsmittel erhöht (vgl. Maaß 2014). Würden sich Elektroautos (aber auch Hybridfahrzeuge) in Zukunft durchsetzen, verlieren mit Blick auf die individuellen Mobilitätsentscheidungen auch die Betriebskosten für die zu leistenden Fahrtstrecken an Gewicht, da – ausgehend von den bestehenden relativen Preisen – Strom deutlich günstiger als Benzin ist. Die mögliche Folge wäre ein Anstieg der Pkw-Nutzung bei einem Straßennetz, das bereits aktuell in vielen Regionen überlastet ist. Die Überlastung des Straßennetzes stellt aus ökonomischer Sicht insofern ein Problem dar, wie Deutschland durch eine Raumstruktur gekennzeichnet ist, die auf einer flächendeckend guten Versorgung mit Verkehrsinfrastruktur beruht. Letztere ist dabei nicht nur die Grundlage für eine polyzentrische Siedlungsstruktur, sondern zugleich auch Basis für die bestehende Wirtschaftsstruktur, für die eine hochgradig arbeitsteilige Vernetzung im Raum charakteristisch ist.

Neben den Auswirkungen auf den Auslastungsgrad des Straßennetzes hätte ein vermehrter Gebrauch elektrisch betriebener Fahrzeuge – unter sonst gleichen Bedingungen – zudem negative Folgen für die Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur durch Bund, Länder und Kommunen, wobei allein der Ausbau- und Erhaltungsbedarf für Bundes- und Landesstraßen gegenwärtig auf jährlich über 6,2 Mrd. Euro veranschlagt wird (vgl. Institut der deutschen Wirtschaft 2014: 30; Maaß 2014: 11). Wird zudem auch der entsprechende Finanzierungsbedarf im Bereich des kommunalen Straßennetzes mit berücksichtigt, dürfte sich der genannte Betrag auf rund 9 Mrd. Euro erhöhen. Der Grund für diesen negativen Finanzierungseffekt ist, dass bei einer umfangreichen Substitution von konventionell angetriebenen Fahrzeugen durch Elektrofahrzeuge die bisherigen Finanzierungsquellen für den Verkehr wegzufallen

drohen, da für diesen Fall mit einem starken Rückgang der Einnahmen aus der Mineralölsteuer gerechnet werden muss, die im Jahr 2014 knapp 40 Mrd. Euro betrug. Aktuelle Schätzungen gehen hier von Einnahmeausfällen in Höhe von 70 Mrd. Euro in den kommenden 15 Jahren aus, was jährlichen Mindereinnahmen in Höhe von rund 4,6 Mrd. Euro entspricht. Bis 2040 werden unter der Annahme eines postfossilen Anteils von 50 % an den gesamten Verkehrsleistungen bei sonst gleichen Bedingungen bezogen auf das individuelle Mobilitätsverhalten sogar Steuerausfälle in einer Größenordnung von 300 Mrd. Euro erwartet, was jährlichen Mindereinnahmen in Höhe von etwas mehr als 11 Mrd. Euro entsprechen würde. Dem stünden dann zwar auch verminderte Aufwendungen für Ölimporte von schätzungsweise etwas mehr als 30 Mrd. Euro pro Jahr gegenüber (vgl. Canzler/Knie 2015: 45). Diese Minderaufwendungen bei den Importen hätten jedoch keinerlei kompensatorische Wirkung bezogen auf die Einnahmeausfälle im Bereich der öffentlichen Haushalte und damit verbundene fiskalische Lücke hinsichtlich der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung.

3.1.3 Erforderliche Fortschritte im Bereich der Batterietechnologie

Für eine vermehrte Nutzung von Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr gilt aus entscheidungstheoretischer Perspektive schließlich auch die Weiterentwicklung der verfügbaren Batterietechnologie als ein Schlüsselfaktor. Von den verschiedenen neuen Batteriekonzepten, die sich derzeit allesamt noch im Forschungsstadium befinden, gelten unter anderen der Lithium-Luft- sowie der Aluminium-Luft-Akkumulator als besonders aussichtsreich. Ziel der Forschungsanstrengungen im Bereich der Batterieentwicklung ist die Realisierung einer höheren Speicherdichte, um das bestehende Gewichts- bzw. Reichweitenproblem als einem wesentlichen Bestimmungsfaktor für die individuelle Nutzerakzeptanz zu reduzieren (vgl. Canzler/Knie 2015: 30). Mit Blick auf die Marktfähigkeit entsprechender Batteriekonzepte müssen allerdings zum einen bestimmte technische Probleme, wie die Stabilität der Ladezyklen oder auch der Feuchtigkeitsschutz von Lithium und das damit verbundene Sicherheitsrisiko noch gelöst werden. Zum anderen bedarf es der Realisierung potenzieller Skaleneffekte in der Herstellung neuer Batterievarianten, um – bemessen am Status quo – die Anschaffungs- und Betriebskosten von Elektrofahrzeugen auf ein „nutzerfreundlicheres Niveau“ zu reduzieren. Nicht zuletzt bedarf es einer höheren Energiedichte der Batterien, um die elektrische Antriebstechnologie neben dem motorisierten Individualverkehr auch für andere Bereiche des Straßenverkehrs – so vor allem den Schwerlastverkehr – nutzbar machen zu können (vgl. Heymann et al. 2013).

3.2

Umweltbezogene Effekte einer verstärkten Nutzung von Elektromobilität

Neben den verkehrsbezogenen Implikationen spielen in der Diskussion um eine verstärkte Nutzung von Elektrofahrzeugen bekanntermaßen deren ökologische Effekte eine zentrale Rolle. Elektromobilität gilt dabei als ein bedeutsamer Beitrag zur Klimapolitik im Sinne der nachhaltigen Einsparung von CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich, was zugleich als ein positiver Anreiz mit Blick auf die individuelle Entschei-

dung zugunsten des Kaufs eines Elektrofahrzeugs bewertet wird. Eine umfassende ökologische Bewertung von Elektromobilität setzt allerdings eine vergleichende Betrachtung der gesamten Klimabilanz von Elektrofahrzeugen voraus, die neben den umweltbezogenen Effekten der unmittelbaren Nutzung auch jene des Herstellungsprozesses sowie der Energiegewinnung berücksichtigt.

3.2.1 Ökologisierung des Verkehrs durch Elektromobilität

Offen bleibt aus gegenwärtiger Sicht, ob eine verstärkte Nachfrage nach Elektrofahrzeugen zu einem „umweltfreundlicheren“ Verkehr führen würde. Bezogen auf den Energieverbrauch gelten Elektrofahrzeuge zwar im Vergleich zu herkömmlichen (Benzin oder Diesel betriebenen) Fahrzeugen bekanntermaßen als deutlich effizienter, da sie – abhängig vom Fahrzeugtyp – nur die Hälfte oder gar ein Viertel der Energie für das Zurücklegen derselben Wegstrecke benötigen. Betrachtet man die Wirkungskette von der Energiequelle bis zum Rad, sind mit Strom angetriebene Fahrzeuge bekanntermaßen durch den mit Abstand höchsten Wirkungsgrad gekennzeichnet (vgl. Degelmann 2014: 25). Zu diesem positiven ökologischen Effekt eines geringen unmittelbaren Energieverbrauchs bzw. einer hohen Energieeffizienz kommt zudem hinzu, dass während des Fahrbetriebs nur geringe Lärmbelastigungen, keine Feinstaubemissionen sowie keine CO₂- oder NO_x-Abgase entstehen. Jenseits dessen ist jedoch festzustellen, dass unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus (bzw. der gesamten Wertschöpfungskette) von entsprechenden E-Fahrzeugen mit vergleichbarer Größe und ähnlichen Ausstattungsmerkmalen wie bei treibstoffbetriebenen Fahrzeugen diese durch einen fast identischen Ausstoß an Treibhausgasen (gemessen in CO₂-Äquivalenten) pro Kilometer gekennzeichnet sind (vgl. Pehnt/Höpfner 2007).

Ein eindeutiger Vorteil von Elektrofahrzeugen ist nur dann gegeben, wenn die benötigte Energie primär aus regenerativen Energiequellen gewonnen wird. Würde in Deutschland der politisch formulierte Zielwert von einer Million Elektroautos bis 2020 realisiert, so wäre damit ein Energiebedarf von rund 1,98 Mrd. kWh verbunden, was etwa 0,3 % des deutschen Stromverbrauchs in 2010 entsprechen würde. Je höher dabei der Anteil an erneuerbaren Energien (Windkraft, Sonnenenergie, Wasserkraft, Bio-Energie) bei der Stromerzeugung ist, umso besser fällt die Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen aus. Geht man beispielsweise von einem Bruttostromverbrauch aus, der zu 30% aus regenerativen Energien gewonnen wird, könnten eine Million Elektrofahrzeuge schätzungsweise 1,14 Mrd. Tonnen CO₂ vermeiden. Bei einem Anteil von 50% erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung könnte der bestehenden CO₂-Ausstoß sogar um rund 1,88 Mrd. Tonnen reduziert werden (vgl. Deutsches Clean Tech Institut 2010).

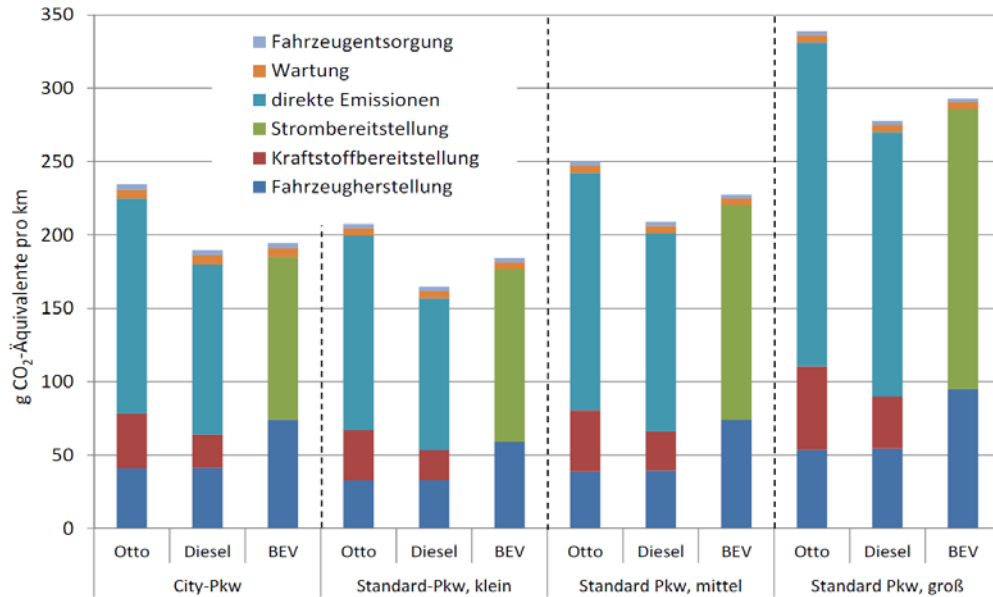
3.2.2 Umwelteffekte der Herstellung von Elektrofahrzeugen

Unter Umweltaspekten ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass der Herstellungsprozess der benötigten Batterie mit einem hohen Energiebedarf verbunden ist. Dies gilt nicht allein für die fabrikmäßige Fertigung der Batterie als solche. Vielmehr muss hier die gesamte Produktionskette in den Blick genommen werden, zu der unter anderen

auch die Extraktion der benötigten Rohstoffe (neben Lithium etwa ebenso Silizium) und deren Transport zu rechnen ist (vgl. Döring/Aigner 2012). Hinzu kommt, dass mit der Batterie eines E-Fahrzeugs aufgrund der aktuell darin enthaltenen Schwermetalle insbesondere für den Fall einer breiten Nutzung dieser Antriebstechnik ein erhebliches Umweltrisiko verbunden ist.

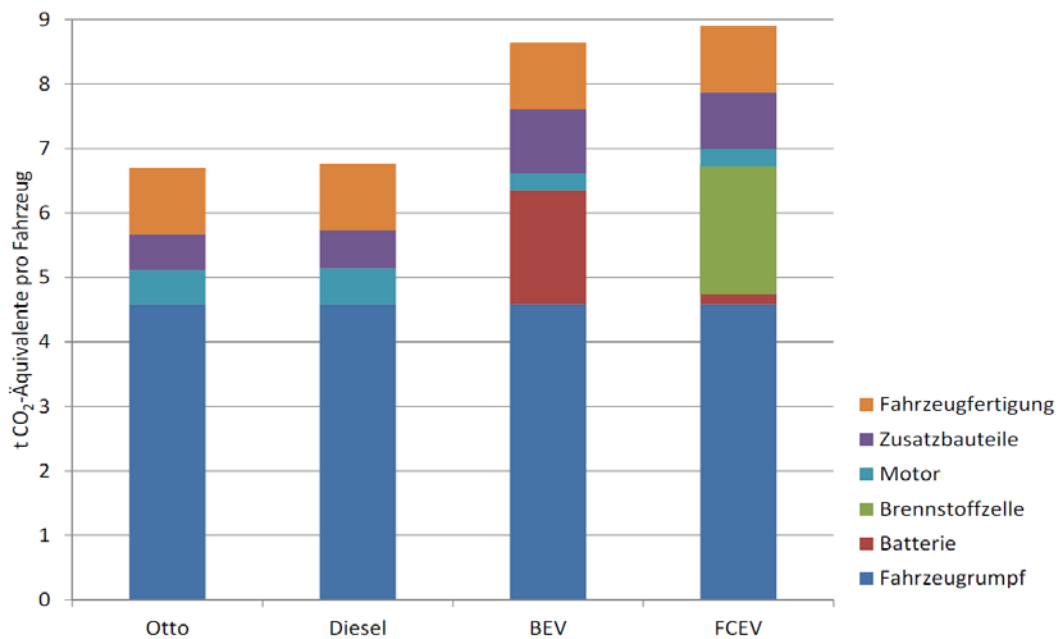
Aber auch wenn man den zuletzt genannten Punkt unberücksichtigt lässt und der Blick allein auf die Treibhausgasemissionen (gemessen in CO₂-Äquivalenten) pro Kilometer konzentriert ist, die mit der Fahrzeugherstellung, der Kraftstoff-/Strombereitstellung, dem unmittelbaren Betrieb, der Wartung sowie der Fahrzeugentsorgung verbunden sind, zeigt eine vergleichende Klimabilanzierung von konventionell und elektrisch betriebenen Fahrzeugen unter Berücksichtigung verschiedener Nutzungsmuster, dass im Fall des bestehenden Anteils an regenerativen Energien an der deutschen Stromherstellung Elektrofahrzeuge zwar im Vergleich zu benzinbetriebenen Fahrzeugen günstigere Werte aufweisen, nicht jedoch auch gegenüber dieselbetriebenen Fahrzeugen, wie die nachstehende Abbildung 1 zeigt (vgl. ifeu 2011: 16ff.). Inwieweit diesbezüglich allerdings die jüngsten Erkenntnisse bezüglich der Manipulationen der Automobilhersteller bei der Abgasmessung von Dieselmotoren zu einem anderen Vergleichsergebnis führen würden, muss hier offen bleiben.

Abbildung 1: Vergleich der CO₂-Äquivalente pro km verschiedener Fahrzeugtypen mit unterschiedlicher Antriebstechnologie



Quelle: ifeu (2011: 17).

Abbildung 2: Vergleich der Klimawirkung der Herstellung eines mittleren Pkw mit unterschiedlicher Antriebstechnologie



Quelle: ifeu (2011: 28).

3.2.3 Klimabilanz von elektrischen und konventionellen Fahrzeugen

Eine zukünftig verbesserte Klimabilanz für Elektrofahrzeuge wird vor allem aus der veränderten Zusammensetzung der Energiequellen zur Stromerzeugung erwartet, wenn diese sich in Richtung regenerativer Energiequellen verschiebt. Allerdings ist auch bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen der Spielraum für entsprechende Verbesserungen noch nicht vollständig ausgeschöpft, wie die Diskussion des Power-to-Liquid-Ansatzes (PtL) zeigt. Es handelt sich dabei um Synthese-Verfahren zur Herstellung von Flüssigkraftstoffen (Benzin, Diesel, Kerosin, Methanol) auf der Basis von biologischen Rohstoffen. Mit der Umsetzung des PtL-Konzepts ist es möglich, auch im Fall von Verbrennungsmotoren große Mengen an Kohlendioxid einzusparen, womit sich die Klimabilanz konventionell angetriebener Fahrzeuge verbessern ließe. Aktuelle Schätzungen gehen davon aus, dass sich unter Einsatz entsprechender Kraftstoffe (Bioethanol, Biodiesel, Biogas) die direkten Emissionen zwischen 60% und 90% reduzieren lassen (vgl. Canzler/Knie 2015: 34). Wird das Syntheseverfahren unter Einsatz erneuerbarer Energien vollzogen, würden sich über die direkten Emissionen hinaus auch die Emissionen der Kraftstoffbereitstellung verringern mit einem entsprechend positiven Effekt auf die gesamte Klimabilanz konventionell angetriebener Fahrzeuge. Zudem leisten konventionell betriebene Fahrzeuge aufgrund verbesserter Rückhalte-techniken sowie durch Fortschritte bei der Reduzierung des Energieverbrauchs bereits aktuell einen nennenswerten Beitrag zu einem umweltfreundlicheren Verkehr, was die ökologische Notwendigkeit einer verstärkten Nutzung von Elektrofahrzeugen abschwächt. Vergleichbares gilt auch für die Klimawirkung des gesamten Herstellungsprozesses von konventionell angetriebenen Fahrzeugen, wie die Abbildung 2 zeigt.

Der Beitrag konventioneller Antriebstechniken zur Begrenzung verkehrsbedingter Umweltbeeinträchtigungen wird allerdings zum einen durch Rebound-Effekte aufgrund einer steigenden Nachfrage nach Fahrzeugklassen mit größerer Motorleistung eingeschränkt. Zum anderen besteht das Problem, dass Emissionseinsparungen bei konventionell betriebenen Fahrzeugen nur unter deutlich höheren Grenzkosten im Vergleich zu Elektrofahrzeugen zu realisieren sind (vgl. ifeu 2011). So wurden in den zurückliegenden Jahren die Effizienzpotenziale im Bereich der Motortechnik, im Leichtbau sowie im Bereich Aerodynamik schon stark ausgeschöpft, so dass weitere CO₂-sparende Antriebsinnovationen bei konventionellen Fahrzeugen, für die der Nutzer zudem keine nennenswert höhere Zahlungsbereitschaft aufweist, unwahrscheinlicher werden. Dies könnte wiederum zu steigenden Marktchancen alternativer Antriebstechnologien in Form von BEV, REEV, PHEV oder auch FCEV führen, da bei diesen Antriebstechnologien noch mit erheblichen Verbesserungen bei der Kosten- und Energieeffizienz gerechnet wird.

3.2.4 Umweltfreundlichkeit und individuelle Kaufentscheidung

Einen ökologischen Wettbewerbsnachteil weisen elektrisch angetriebene Fahrzeuge wiederum dann auf, wenn man allein die mit der Fahrzeugherstellung verbundenen Treibhausgasemissionen betrachtet, wie dies der Abbildung 2 entnommen werden kann. Danach fällt die Klimabilanz von Elektrofahrzeugen sowohl gegenüber diesel-

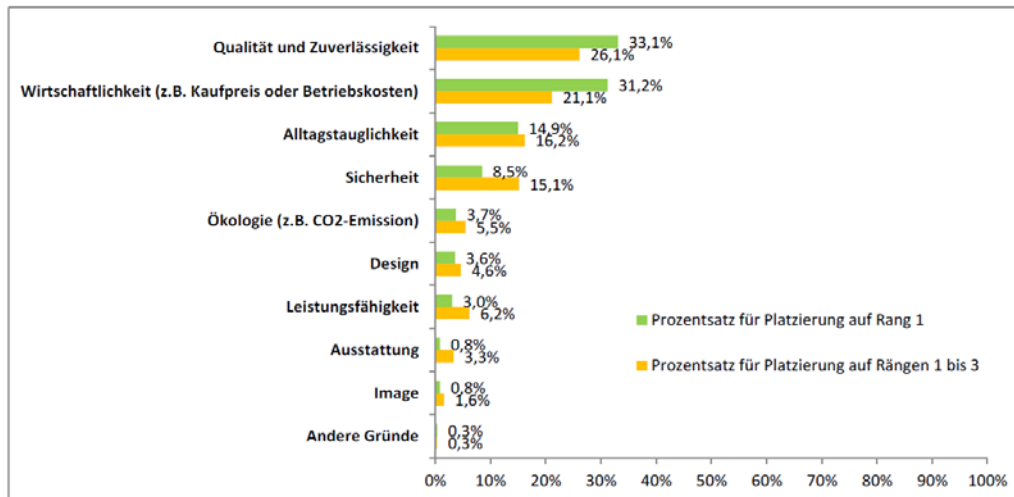
als auch benzinbetriebenen Fahrzeugen merklich schlechter aus. Die in Abbildung 2 dargestellten Daten zeigen zudem, dass auch im Vergleich der verschiedenen Varianten von Elektrofahrzeugen untereinander – hier zwischen BEV und FCEV – die Klimabilanz des Herstellungsprozesses unterschiedlich ausfällt (vgl. ifeu 2011: 28). Ob diese umweltbezogenen Aspekte aus Sicht des Nutzerverhaltens von besonderer Bedeutung sind, kann allerdings als fraglich gelten. So kommen aktuelle Untersuchungen zum Ergebnis, dass lediglich ein geringer Prozentsatz (d.h. rund 5% der Befragten) bei der Reihung von „Kauffaktoren“ den ökologischen Vorteil alternativer Antriebstechnologien unter den ersten drei Rängen platzieren (vgl. Bertram/Bongard 2014; Bongard 2014). Von größerer Relevanz sind aus Sicht der Nutzer demgegenüber Faktoren wie die Qualität und Zuverlässigkeit von Elektrofahrzeugen (33,1%), deren Wirtschaftlichkeit (31,2%), Alltagstauglichkeit (14,9%) oder auch Sicherheit (8,5%). Im Vergleich dazu spielen stärker psychologisch bedeutsame Determinanten wie etwa das Design (3,0%) oder das Image (0,8%) von Elektrofahrzeugen eine ähnliche geringe Rolle wie deren ökologischen Effekte, wie die Abbildung 3 zeigt. Das hohe Gewicht ökonomischer Faktoren für die Kaufentscheidung zeigt sich im Rahmen der genannten Untersuchungen darüber hinaus mit Blick auf die Frage nach den wünschenswerten Fördermaßnahmen für Elektrofahrzeuge (Abbildung 4). Danach präferieren 42,3% der befragten Personen staatliche Subventionen im Fall des Kaufs entsprechender Fahrzeuge als wichtigste Maßnahme, gefolgt von 35,1% der Nennungen, die für eine Befreiung von Elektrofahrzeugen von der Kfz-Steuer zwecks finanzieller Entlastung votieren. Im Vergleich dazu wird solchen Fördermaßnahmen, die in der aktuellen politischen Diskussion häufig genannt werden, wie die Einrichtung von Sonderparkplätzen für Elektrofahrzeuge (8,1%), etwaige finanzielle Vorteile bei der Dienstwagenbesteuerung von Unternehmen (6,5%), die Aufhebung von Zufahrtsverboten (3,9%), die Freigabe von Busspuren im städtischen Raum (2,3%) oder auch die Einrichtung von Sonderfahrspuren (1,7%), nur eine vergleichsweise geringe Bedeutung bezüglich der Kaufentscheidung beigemessen.

3.3

Räumliche Aspekte der Nutzung von Elektrofahrzeugen

Die Betrachtung des Nutzerverhaltens im Bereich der Elektromobilität bliebe unvollständig, wenn nicht auch auf räumliche Unterschiede bezogen auf das gegebene wie zukünftig zu erwartende Entscheidungsverhalten bezüglich des Gebrauchs von elektrisch betriebenen Fahrzeugen eingegangen wird. Vor allem von Bedeutung sind hierbei solche Verhaltensunterschiede, die sich bei einer Differenzierung zwischen urbanen und ländlichen Räumen ergeben.

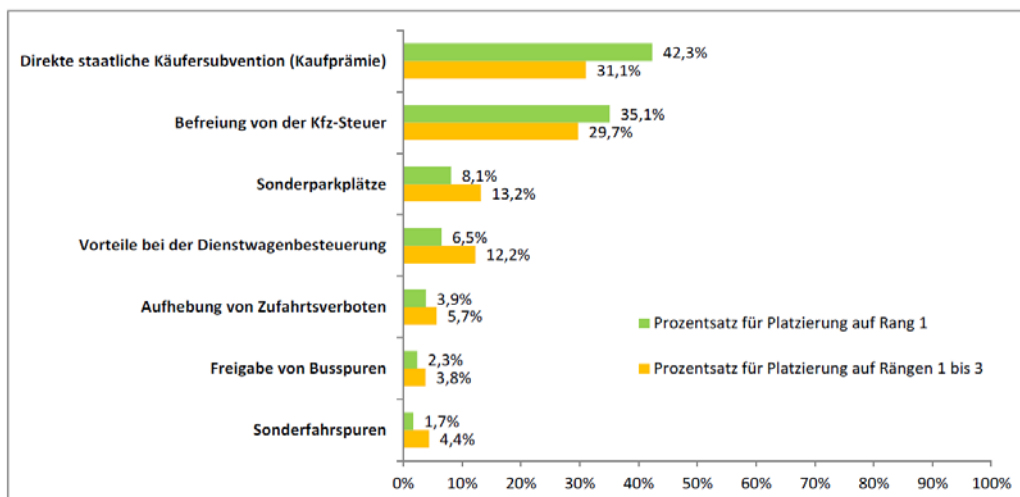
Abbildung 3: Fördermaßnahmen zugunsten von Elektromobilität



Quelle: Bongard (2014: 6).

Erläuterung: Den in der Abbildung wiedergegebenen Ergebnissen lag die Frage zugrunde, welche Fördermaßnahmen nach Ansicht der Befragten das größte Potential haben, um die Elektromobilität zu fördern.

Abbildung 4: Bestimmungsfaktoren des Kaufs von Elektrofahrzeugen



Quelle: Bongard (2014: 7).

Erläuterung: Den in der Abbildung wiedergegebenen Ergebnissen lag die Frage zugrunde, welche Rangplatzierung den genannten Faktoren aus subjektiver Sicht der Befragten zuzuordnen ist.

3.3.1 Notwendigkeit einer räumlich differenzierten Betrachtung

Sollte in Anbetracht der zurückliegenden Überlegungen die zukünftige Nachfrage nach Elektrofahrzeugen insgesamt vergleichsweise gering bleiben, muss dies nicht zugleich auch auf einzelne Raumkategorien zutreffen. Dies gilt vor allem für den städtischen und den stadtnahen Raum. Dabei ist es weniger die reduzierte Luftverschmutzung, zu der in städtischen Ballungsgebieten ein vermehrter Einsatz von Elektrofahrzeugen führen würde und auf die daher nicht selten verwiesen wird. Solange der Energiebedarf für den elektrischen Antrieb jedoch nicht annähernd vollständig aus regenerativen Energiequellen gewonnen wird, wie dies gegenwärtig in Deutschland noch der Fall ist, wäre eine dergestalt bewirkte Verbesserung der Luftqualität in räumlicher Hinsicht ein ökologisches Nullsummenspiel. So würde eine verstärkte Nutzung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen angesichts des bestehenden Energiemix (d.h. rund 30% des Energiebedarfs werden aus regenerativen Quellen gedeckt) lediglich zu räumlichen externen Effekten führen, da der zusätzliche Energiebedarf nur durch einen vermehrten Rückgriff auf fossile Energieträger abgedeckt werden könnte. D.h. der Luftqualitätsverbesserung im städtischen und stadtnahen Raum stünde andernorts eine vermehrte Luftverschmutzung gegenüber. Aus ökonomischer Sicht könnte man eine solche räumliche Externalisierung von Lasten nur dann positiv bewerten, wenn der aggregierte Nutzenzugewinn der Bevorteilten die Nutzeneinbuße der Benachteiligten übersteigt und damit zumindest theoretisch eine Lastenkompensation denkbar wäre (Kaldor-Hicks-Kriterium).

3.3.2 Abschwächung des Reichweitenproblems in urbanen Räumen

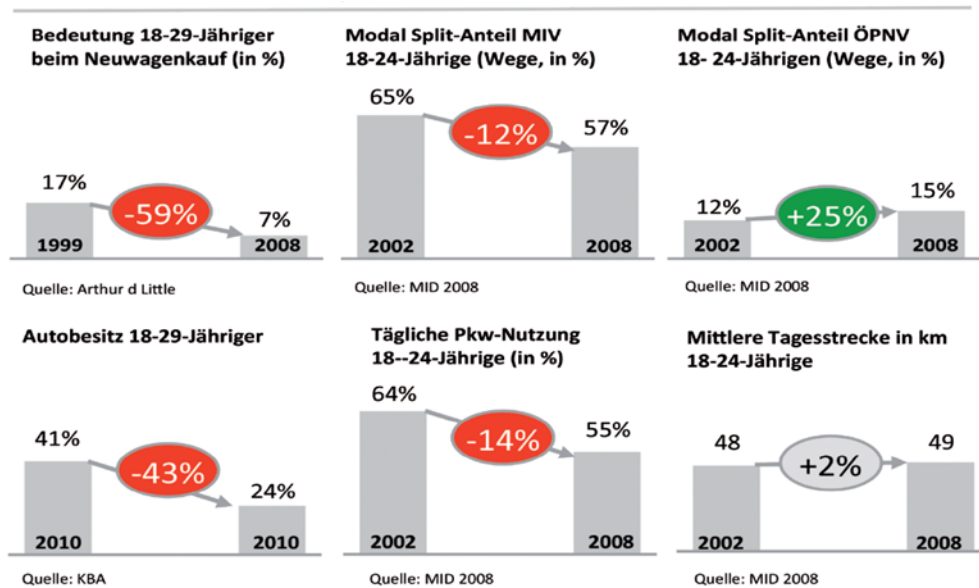
Demgegenüber liegt ein Vorteil von Agglomerationsräumen vor allem darin, dass ein bislang wesentlicher Nachteil der Elektromobilität aus Sicht der Nutzer in Gestalt der geringen Reichweite im städtischen bzw. stadtnahen Raum keine oder eine lediglich untergeordnete Rolle bezogen auf die individuelle Substitutionsbereitschaft spielt. Dies trifft sowohl auf die rein private Nutzung von Elektrofahrzeugen als auch den Einsatz solcher Fahrzeuge im städtischen Lieferverkehr zu. So müssen Fahrzeuge im Auslieferungsdienst im Durchschnitt tägliche Strecken von 100 bis 120 Kilometer zurücklegen, was mit BEV im Regelfall ohne Zwischenspeicherung möglich ist (vgl. Canzler/Knie 2015: 36). Zudem eignen sich die städtischen Verdichtungs- und Agglomerationsräume aus Nutzersicht nicht nur für einen verstärkten Gebrauch von Elektroautos, sondern auch von E-Fahrrädern und E-Motorrädern. Vor allem bei den E-Fahrrädern (Pedelecs) zeigt sich hier eine steigende Nachfrage. Während in Deutschland bislang in 2015 die Zahl der Neuzulassungen von Elektroautos (einschließlich Plug-in-Hybride) bei 6.856 Fahrzeugen liegt, was 0,5% aller Neuzulassungen entspricht, wird in diesem Jahr laut ACE Auto Club Europa mit einer Zahl von 520.000 neu verkauften Pedelecs (2014: 480.000) gerechnet (vgl. Lamparter 2015; www.emobilitaetonline.de). Die Gesamtzahl der Fahrzeuge mit Elektro- und Hybridantrieb wird für 2015 auf 126.693 geschätzt (davon reine Elektroautos: 18.984), was einem Anteil von 0,29% von Elektro- und Hybridfahrzeugen an allen zugelassenen Pkw entspricht. Demgegenüber dürfte in 2015 die Gesamtzahl an E-Fahrrädern und

E-Motorrädern in Deutschland auf rund 2,5 Mio. ansteigen (davon allein Pedelecs: ca. 2,3 Mio.). Die eigentliche „Innovation der Elektromobilität“ scheint sich angesichts dieser Zahlen im Bereich der Pedelecs abzuzeichnen. Deren Nutzung trägt nicht unerheblich zur Erweiterung des räumlichen Aktionsradius insbesondere der älteren Bevölkerungsgruppen bei – und dies sowohl im urbanen wie auch im ländlichen Raum. Richtet man den Blick bei der Elektromobilität vor allem auf diese beiden Varianten (Pedelecs, E-Bikes), dann „kann sie zur Vielfalt auf der Straße beitragen, die im Sinne anlassbezogener Verkehrsmittelnutzung und multimodaler Fortbewegung erwünscht ist. Damit hat Elektromobilität auch Verkehrsvermeidungspotenzial“ (vgl. Degelmann 2014: 24). Der verstärkte Einsatz von Pedelecs und E-Bikes kann in Kombination mit öffentlichen Verkehrsmitteln eine Verringerung der Pkw-Nutzung vor allem in den Städten bewirken, wenn er nicht nur als Ersatz für konventionelle Zweiräder genutzt wird.

3.3.3 Unterschiedliches Mobilitätsverhalten in urbanen und ländlichen Räumen

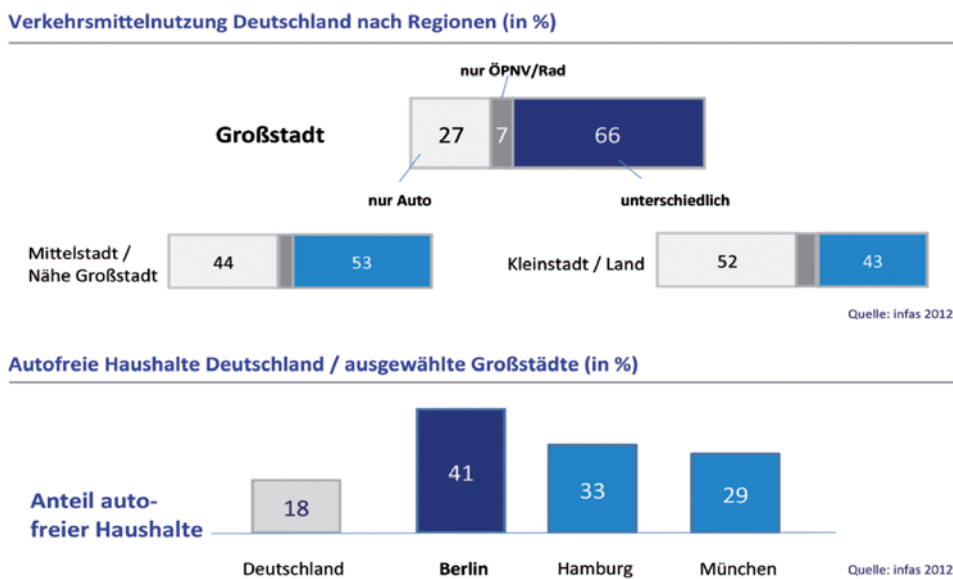
Begünstigt wird diese Entwicklung nicht nur dadurch, dass in urbanen Räumen vermehrt jene Bevölkerungsschichten anzutreffen sind, die sowohl hinsichtlich ihrer ökologischen Präferenzen als auch aufgrund ihres Pro-Kopf-Einkommens über die notwendige Zahlungsbereitschaft ebenso wie die erforderliche Zahlungsfähigkeit für den Kauf von Elektrofahrzeugen verfügen. Ebenfalls von Bedeutung ist, dass insbesondere in den Agglomerationsräumen die Ansprüche, ein eigenes Auto besitzen zu müssen, merklich zugunsten einer intermodalen Verkehrspraxis in den zurückliegenden Jahren zurückgegangen sind (siehe hierzu auch die Abbildung 5 und 6). Vor allem die Mitglieder der jüngeren Alterskohorten in den Städten erwerben zwar nach wie vor den Führerschein, im Vergleich zu ihren Altersgenossen im ländlichen Raum fahren sie jedoch deutlich weniger mit dem Auto. Demgegenüber gewinnt die Nutzung von Bussen und Bahnen, insbesondere jedoch von Fahrrädern zunehmend an Bedeutung. Soweit Autos als Fortbewegungsmittel genutzt werden, gewinnen wiederum privates Autoteilen und gewerbliches Car-Sharing stetig an Relevanz. Ermöglicht wird dieser Trend unter anderen durch eine Präferenzverschiebung in der jüngeren Generation, für die die Anschaffung von Mobiltelefonen und Tablets eine deutlich höhere Priorität besitzt als der Erwerb eines Autos. Damit verbunden ist eine Digitalisierung des Alltagslebens, bei der sich für Smartphone-gewohnte urbane Akteure aufgrund von Echtzeitinformationen und Buchungssaplikationen die Handhabung des Car-Sharing vergleichsweise einfach und zu-verlässlich gestaltet (vgl. Canzler/Knie 2015: 22ff.).

Abbildung 5: Trends zum Verhältnis der jungen Generation zum Auto



Quelle: Canzler/Knie (2015: 23).

Abbildung 6: Verkehrsmittelnutzung und Autos pro Haushalt



Quelle: Canzler/Knie (2015: 24).

Aus Sicht der Nutzerakzeptanz von Elektromobilität sind die genannten Verhaltenstrends insofern bedeutsam, als ein nutzerfreundlicher Gebrauch von Elektrofahrzeugen vor allem im Rahmen von Fahrzeugflotten gewährleistet werden kann. Zugleich begünstigt dies sogenannte Hub-and-Spoke-Konzepte: Durch wohn- und arbeitsortnahe Standorte von zu buchenden E-Fahrzeugen wird der städtisch-kleinräumige Verkehr individualisiert unternommen („Spoke“), während längere Strecken („Hubs“) mit fließendem Übergang und barrierefrei auf der Schiene absolviert werden. In dieser multimodalen Kombination verlieren bisherige Hemmnisse einer vermehrten Nutzung von E-Fahrzeugen (lange Batterieladezeiten, geringe Reichweite) vor allem im städtischen Raum erheblich an Gewicht. Diese erwünschte Multimodalität ist allerdings nicht selbstdurchsetzend, sondern sollte – vor allem auf der kommunalen Ebene – etwa durch die Gewährung von Privilegien im (ur-banen) Straßenverkehr und damit durch entsprechende Fördermaßnahmen anreizkompatibel gestaltet werden. Zudem setzt die Kombination von Elektrofahrzeugen mit öffentlichen Verkehrsmitteln hinreichend attraktive Angebote im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs voraus.

3.3.4 Elektromobilität und Energiewende im urbanen Raum

Ein verstärkter Einsatz von Elektrofahrzeugen im Rahmen von gewerblichen Fahrzeugflotten (Car-Sharing, Taxiunternehmen, Logistikunternehmen etc. – vgl. hierzu auch Hacker et al. 2015), wie dies vor allem im urbanen Raum möglich ist, könnte zudem einen Beitrag zur Energiewende leisten, wenn man zusätzlich zur Mobilitätsfunktion auch die Energiespeicherfunktion von E-Fahrzeugen (vehicle-to-grid V2G) nutzt. So verbinden sich aus Sicht der Energiewende mit der Verbreitung alternativ angetriebener Fahrzeuge „zusätzliche Flexibilitätsoptionen im Gesamtsystem der fluktuierend einspeisenden erneuerbaren Energieerzeugung“ (Canzler/Knie 2015: 26). Dabei können mit dem Energienetz verbundene E-Fahrzeuge, die sich im Modus des gesteuerten (d.h. innerhalb einer definierten Periode zeitversetzten) Ladens befinden, bekanntermaßen als Puffer fungieren, wobei zum Ausgleich von kurzfristigen Schwankungen im Stromverteilernetz bereits kleine Batterien ausreichend wären.

Ein umfassendes Ausfüllen dieser Pufferfunktion setzt allerdings ein bidirektionales Laden von Elektrofahrzeugen voraus, d.h. es erfolgt bei Bedarf nicht nur eine Einspeisung an überschüssiger Energie in die Fahrzeugbatterie, sondern es kommt bei Bedarf auch zu einer Rückspeisung aus der Batterie ins Verteilernetz. Ein dergestalt flexibler Rückgriff auf die Batterie ist allerdings mit Verfügbarkeitseinschränkungen in der Fahrzeugnutzung verbunden, die sich wiederum negativ auf die individuelle Nutzerakzeptanz auswirken können. In welchem Umfang diesbezüglich private Nutzer – über das Nachtladezeitfenster hinaus – bereit wären, die Souveränität über ihr Fahrzeug zur Realisierung eines effektiven bidirektionalen Ladens abzugeben, ist jedoch fraglich. Eine potentielle Zielgruppe für ein gesteuertes Laden im Bereich der privaten Haushalte sind noch am ehesten Pendler in Agglomerationsräumen, die auf Betriebsparkplätzen ihr Fahrzeug an das Stromnetz anschließen und auf diese Weise mit zur Absorption der Mittagsspitzen, die bei der Gewinnung von Energie aus regenerativen

Quellen auftreten, beizutragen. Von größerer Bedeutung ist hier jedoch der unternehmerische Flottenbetrieb, wie er sich in einem quantitativ hinreichenden Umfang vorrangig im urbanen Raum findet: „Sowohl das zeitlich versetzte Puffern als auch vor allem das bidirektionale V2G ist vor allem deshalb für Flotten eine realistische Perspektive, weil diese ein vorausschauendes Lastenmanagement wesentlich einfacher und verbindlicher gewährleisten als es die individuelle private Nutzung kann“ (Canzler/Knie 2015: 29).

Ein in diesem Zusammenhang wichtige Einflussgröße dürfte sein, in welchem Maße durch differenzierte Tarife, Einspeisungsvergütungen und Netzstabilisierungsboni die individuellen Anreize so verändert werden können, dass das Interesse an der Nutzung von E-Fahrzeugen steigt (vgl. Jansen et al. 2015). Ob sich dieses Szenario einer vorrangig im städtischen und stadtnahen Raum praktizierten Verschränkung von Energiewende und Elektromobilität wird umsetzen lassen, hängt neben individuellen Vorteilsabwägungen aber auch von technologischen Restriktionen ab: So stehen und fallen V2G-Modelle „letztlich mit der technischen Fähigkeit der Speichereinheiten im Fahrzeug, präzise und zuverlässig speichern und rückspeisen zu können“ (Canzler/Knie 2015: 31). D.h. nur bei entsprechenden Fortschritten in der Batterieforschung sowie der Optimierung der Steuerungselektronik könnte sich bezogen auf E-Fahrzeugen ein (monetärer) Zusatznutzen gegenüber konventionellen Fahrzeugen ergeben, der die individuelle Substitutionsbereitschaft zugunsten elektrischer Antriebe erhöht.

3.3.5 Ausbau der Ladeinfrastruktur im urbanen und ländlichen Raum

Für eine vorrangige Nutzung von Elektrofahrzeugen im städtischen und stadtnahen Raum spricht zudem, dass in den urbanen Ballungsräumen die Voraussetzungen günstiger sind als im ländlichen Raum, um den flächendeckenden Ausbau der benötigten Ladeinfrastruktur mit öffentlichem oder halböffentlichem Zugang voranzutreiben. Die Voraussetzung hierfür liefern wiederum technische Innovationen, wie etwa die vergleichsweise kostengünstige Nutzung des vorhandenen Straßenbeleuchtungsnetzes als Stromzapfstellen zum Laden von E-Fahrzeugen, wie dies beispielsweise erst jüngst für Berlin vorgeschlagen wurde (vgl. Dworak 2014). Allerdings beantwortet dies nicht die drängende Frage vieler Städte, in welche Form von Ladeinfrastruktur (Ladestationen oder Induktionstechnologie) zukünftig investiert werden sollte. Ein rascher Aufbau von Ladestationen zum aktuellen Zeitpunkt könnte die subjektive Attraktivität von Elektrofahrzeugen kurzfristig steigern helfen, hätte aber den möglichen Nachteil, dass diese Infrastruktur mit Blick auf die momentan noch nicht voll ausgereifte und damit anwendungsfähige Induktionstechnologie suboptimal ist.

Es stellt sich jenseits dessen aber auch die Frage, ob sich überhaupt ein Ausbau der Ladeinfrastruktur – egal in welcher Variante – lohnt, da unter dem Aspekt der Nutzerakzeptanz – wie bereits erwähnt – aktuell vor allem E-Fahrräder (Pedelecs) und E-Motorräder (E-Bikes) durch einen merklichen Nachfrageanstieg gekennzeichnet sind. Bleibt es bei diesem Trend, wäre der kapitalintensive Aufbau einer weitgehend flächendeckenden öffentlichen Ladeinfrastruktur, die im Fall einer vermehrten Nutzung

von E-Autos benötigt wird, jedoch nicht erforderlich. Wie sich in Anbetracht dessen die Zahlen bezüglich der subjektiven Verkehrsmittelwahl in Zukunft weiter entwickeln werden und ob Elektrofahrzeuge hier zu nennenswerten Verschiebungen in der gegebenen Struktur beitragen können, ist daher gegenwärtig nur schwer prognostizierbar. So hat zwar im Zeitraum von 2002 bis 2012 die Nutzung des Schienenpersonennahverkehrs um 25% und die des Schienenpersonenfernverkehrs um 7% zugenommen. Mit einem Anteilswert von 4,6% bzw. 3,4% an 100 gefahrenen Kilometern in Deutschland liegen der Gebrauch dieser Verkehrsmittel jedoch immer noch hinter dem entsprechenden Anteilswert von 7% des Öffentlichen Personennahverkehrs zurück, dessen Nutzung sich im Betrachtungszeitraum allerdings um 4% verringert hat (vgl. BSL 2013).

Mit weitem Abstand dominantes Verkehrsmittel ist demgegenüber nach wie vor der motorisierte Individualverkehr mit einem über den Betrachtungszeitraum hinweg mehr oder weniger konstanten Anteilswert von 84% (Veränderungsrate 2002-2012: -1%). Zumindest die zuletzt genannte Zahl kann dabei nicht nur als eine Bestätigung psychologischer Studien zur Verkehrsmittelwahl gewertet werden, wonach vergangene Verhaltenshäufigkeiten einen starken Einfluss auf das zukünftige Entscheidungsverhalten ausüben und auf diese Weise bei den Nutzern einen Status quo Bias erzeugen. Darüber hinaus stimmen die genannten Daten nur wenig optimistisch, wenn mit einer verstärkten Nutzung von Elektrofahrzeugen – vor allem im urbanen Raum – zugleich die Hoffnung auf ein vermehrt multimodal ausgerichtetes Nutzerverhalten in der Verkehrsmittelwahl und eine damit einhergehende Verringerung des Pkw-Verkehrs verknüpft ist.

3.3.6 Elektromobilität im ländlichen Raum

Nicht zu erwarten ist demgegenüber eine kurz- bis mittelfristig vermehrte Nutzung von Elektrofahrzeugen im ländlichen Raum. Dies gilt insbesondere für die agglomerationsfernen (peripheren) ländlichen Räume, da hier die zu überwindenden Distanzen bei der Befriedigung bestehender Mobilitätsbedürfnisse einer größeren Verbreitung elektrischer Antriebe im Wege stehen. Zur Realisierung größerer räumlicher Distanzen dürfte sich – bezogen auf den aktuellen Stand der Technik – demgegenüber am ehesten bei Hybridfahrzeugen eine größere Nachfrage ergeben. Inwieweit hier die räumliche Ausprägung des demographischen Wandels in Form einer zunehmenden Entleerung der ländlichen Räume bei einem gleichzeitigen Bevölkerungszuwachs in den Ballungsräumen in Zukunft zu einer Ausweitung der Nachfrage nach Elektrofahrzeugen führen wird, bleibt zum gegenwärtigen Zeitpunkt abzuwarten.

Grundsätzlich ist jedoch von einem unterschiedlichen Mobilitätsverhalten in urbanen und ländlichen Räumen auszugehen, wie dies auch von Canzler und Knie (2015: 38) diagnostiziert wird: „Außerhalb der großen Städte sieht die Welt dagegen noch anders aus. Polyzentrische Raumstrukturen und disperse Siedlungsweisen auf der einen und flexible Arbeitszeiten sowie ein über Jahrzehnte gestiegener Freizeitverkehr auf der anderen Seite sind weiterhin dominante Tatbestände. Sie sind auch Ursache dafür, dass Verkehrsströme zerfasern“. Dies hat unter anderen zur Folge, dass dem mit

der Nutzung von Elektromobilität verbundenen Reichweiteproblem – anders als im städtischen Raum – eine vergleichsweise größere Bedeutung zukommt. Dies führt zugleich dazu, dass die Voraussetzungen für ein verstärkt multimodales Verhalten, wie es sich in urbanen Räumen in Verbindung mit einer vermehrten Nutzung von Elektrofahrzeugen realisieren lässt, im ländlichen Raum weit weniger günstig sind. In diesem Zusammenhang stellen wiederum Canzler und Knie (2015: 13) unter impliziten Bezug auf die aus verhaltenspsychologischer Sicht betonte habituelle Komponente des Mobilitätsverhaltens fest, dass gerade im ländlichen Raum die „eingeübte Praxis, das Leben um das eigene Auto herum zu gruppieren, [...] noch über Jahre nach[wirkt]“.

3.3.7 Eingeschränkte Substitutionsbereitschaft im ländlichen Raum

Die zurückliegende Überlegung führt zu der Einsicht, dass im ländlichen Raum noch mehr als im urbanen Raum der Gebrauch von Elektrofahrzeugen aus individueller Sicht einen höheren oder auch anderen Nutzen stiften muss, als dies für konventionelle Fahrzeuge gilt, um eine entsprechende Substitutionsentscheidung auszulösen. Während jedoch im städtischen Raum ein solcher Zusatz- oder Andersnutzen von Elektrofahrzeugen darin gesehen werden kann, Bestandteil einer umfassenderen Energieinfrastruktur sowie Element eines verkehrsmittelübergreifenden Mobilitätssystems (Car-Sharing, Multimodalität etc.) zu sein (vgl. Bratzel 2015), entfällt dieser Zusatznutzen in der Regel im ländlichen Raum, so dass die Nutzung konventionell betriebener Fahrzeuge unmittelbar in Konkurrenz tritt zur Nutzung alternativer Antriebsformen. Aus entscheidungstheoretischer Sicht dürften dabei jedoch sämtliche aktuell noch bestehenden Nachteile elektrisch betriebener Fahrzeuge voll wirksam sein mit dem Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit eines subjektiven Festhaltens an konventionellen Antrieben vergleichsweise groß ist. Zwar wird auch für den ländlichen Raum die Praktikabilität von Hub-and-Spoke-Konzepten als einem möglichen Zusatznutzen von Elektromobilität nicht grundsätzlich ausgeschlossen (vgl. Canzler/Knie 2015: 39f.). Je peripherer die Strukturen des ländlichen Raums jedoch gestaltet sind, umso unwirtschaftlicher dürfte jedoch die Umsetzung eines solchen, die Nutzung von Elektromobilität begünstigenden Konzeptes sein.

4 Schlussfolgerungen

Die zurückliegenden Ausführungen – sowohl zu den grundlegenden entscheidungstheoretischen Aspekten der (potentiellen) Nutzung von Elektrofahrzeugen als auch zu den damit einhergehenden verkehrs-, umwelt- und raumbezogenen Implikationen – legen zusammenfassend die folgenden Schlussfolgerungen nahe:

- Aus Sicht des privaten Nutzers bestehen zum gegebenen Zeitpunkt rationale Gründe, sich gegen die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs zu entscheiden. Zu diesen Gründen zählen vor allem die nach wie vor vergleichsweise hohen Anschaffungskosten elektrisch betriebener Fahrzeuge, deren gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen geringe Reichweite, noch bestehende Sicherheitsprobleme mit Blick auf die verfügbare Batterietechnologie, eine begrenzte Angebotspalette sowie komparative Nachteile bezogen auf die Lebenszykluskosten von Elektrofahrzeugen als Ursache der zumindest aktuell niedrigen Preise für Benzin und Diesel. Hinzu kommen spezifische psychologische Effekte wie etwa ein am Status quo und an tradierten Gewohnheiten ausgerichtetes Verhalten, die mangelnde Berücksichtigung versunkener Kosten sowie eine hohe subjektive Wertschätzung – zeitlich wie räumlich – unbegrenzter Mobilität, die zumindest eine rasche Substitutionsentscheidung zugunsten von Elektrofahrzeugen unwahrscheinlich machen.
- Die bezogen auf den Verkehrsbereich bestehende Hoffnung, dass eine verstärkte Nutzung von Elektrofahrzeugen aufgrund von deren Reichweiteproblem Vehikel einer zugleich steigenden Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel im Personennahverkehr wie im Personenfernverkehr ist, wird unerfüllt bleiben, solange Elektrofahrzeuge (vor allem Elektroautos) keine nennenswerten Marktanteile realisieren können. Aber auch im Fall einer steigenden Nachfrage nach Elektrofahrzeugen ist eine solch multimodale Verkehrsmittelwahl keineswegs zwingend zu erwarten, da dies zum einen den Ausbau des Personennahverkehrs voraussetzen würde. Derzeit steht jedoch so-wohl die von den Ländern geforderte Erhöhung der Bundesmitteln für den Nahverkehr (sogenannte Regionalisierungsmittel) infrage als auch eine Nachfolgeregelung für das 2019 auslaufende Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz, aus dem die Kommunen Zuschüsse für den Ausbau des Personennahverkehrs erhalten. Zum anderen ist nicht auszuschließen, dass eine steigende Akzeptanz von Elektrofahrzeugen aufgrund der vergleichsweise niedrigen Betriebskosten zu einem Anstieg der Pkw-Nutzung einschließlich der damit verbundenen zusätzlichen Belastungen für das Straßennetz und dessen Finanzierung (Stichwort: Mineralölsteuerausfälle) führt.
- Hinsichtlich der positiven Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen insbesondere vor dem Hintergrund der bestehenden Klimaschutzziele gilt es überzogene Erwartungen zu dämpfen. Dies gilt insofern, wie zum einen die Klimawirkung von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung des gegebenen Energiemixes keineswegs positiver ausfällt als jene von (kleinen sparsamen) Benzin- und Dieselfahr-

zeugen. Auch führt eine durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen vor allem in Ballungsräumen bewirkte regionale Emissionsentlastung bezogen auf den jeweiligen Gesamttraum häufig lediglich zu einem klimabezogenen Nullsummenspiel. Zum anderen ist bei der Umweltbewertung von Elektrofahrzeugen eine umfassende Klimabilanz zugrunde zu legen, die neben dem Fahrbetrieb auch die ökologischen Effekte der Fahrzeugherstellung berücksichtigt, was zumindest bislang noch zu komparativen Nachteilen in der Bewertung von elektrisch gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen führt.

- In räumlicher Hinsicht ist bezogen auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen zwischen urbanen und ländlichen Räumen zu differenzieren. Ein Grund hierfür ist, dass in urbanen Räumen vermehrt jene Bevölkerungsschichten anzutreffen sind, die sowohl hinsichtlich ihrer ökologischen Präferenzen als auch aufgrund ihres Pro-Kopf-Einkommens über die notwendige Zahlungsbereitschaft ebenso wie die erforderliche Zahlungsfähigkeit für den Kauf von Elektrofahrzeugen verfügen. Auch sind in den Agglomerationsräumen die Ansprüche, ein eigenes Auto besitzen zu müssen, merklich zugunsten einer intermodalen Verkehrspraxis in den zurückliegenden Jahren zurückgegangen. Zudem ist das Reichweiteproblem in urbanen Räumen von lediglich geringer Bedeutung. Alle drei genannten Punkte treffen nicht auf ländliche Räume zu, was zu einem abweichenden Mobilitätsverhalten führt. Und noch etwas zeigt sich vor allem in den urbanen Räumen: Bislang scheint sich die eigentliche Innovation der Elektromobilität im Bereich von elektrisch betriebenen Fahrrädern und Motorrädern abzuspielen und weit weniger bezogen auf Elektroautos.

Die zuletzt formulierte Schlussfolgerung legt zugleich nahe, dass sich aus der Elektromobilität nicht vorrangig direkte Folgen für die Raumstruktur ergeben, vielmehr scheint sich umgekehrt die bestehende Raumstruktur auf die Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen auszuwirken. Ob der „reinen“ Elektromobilität mittel- bis langfristig der Durchbruch gelingt und es damit zu grundlegender Veränderung innerhalb des Verkehrssektors kommen wird, hängt aus entscheidungstheoretischer Sicht zudem sowohl vom technischen Fortschritt vor allem im Bereich der Energiespeichertechnik als auch der (Preis-)Entwicklung auf den relevanten Rohstoff- und Energiemärkten ab, da beide Bestimmungsfaktoren einen entscheidenden Einfluss auf das Kostensenkungspotential bzw. die Wirtschaftlichkeit und damit die Nutzerakzeptanz von Elektromobilität haben. Welchen Beitrag staatliche Fördermaßnahmen diesbezüglich leisten können, muss als offen gelten: Eine direkte Subventionierung des Kaufs von Elektrofahrzeugen senkt zwar kurzfristig deren Anschaffungskosten, mindert aber mittel- bis langfristig die Innovationsanreize der Hersteller zur Produktion kostengünstigerer Fahrzeuge. Aber auch nicht-monetäre Maßnahmen zur Steigerung der Nutzerakzeptanz sind nicht frei von Problemen. So kann beispielsweise das jüngst verabschiedete Gesetz zur Förderung von Elektromobilität, welches unter anderen die freie Nutzung von Busspuren sowie kostenfreie Innenstadtparkplätze für Elektrofahrzeuge vorsieht, im Erfolgsfall sowohl zu einer unerwünschten Begünstigung PS-starker Hybrid-Fahrzeuge gegenüber CO₂-armen konventionell angetriebenen Pkw als auch zu

Problemen bei der Parkraumbewirtschaftung im urbanen Raum führen (vgl. Lamparter 2014). Eine verstärkte Konzentration der öffentlichen Nachfrage auf Elektrofahrzeuge im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs oder der sonstigen öffentlichen Fuhrparke dürfte demgegenüber keinen nennenswerten Effekt auf die Realisierung von Skaleneffekten und einer damit verbundenen Kostensenkung in der Produktion von Elektrofahrzeugen haben, um auf diese Weise deren preisliche Attraktivität für private Nutzer zu steigern. Davon abgesehen unterliegt das öffentliche Beschaffungswesen der allgemeinen Vorgabe, sich für die kostengünstigsten Angebote zu entscheiden, wozu im Fahrzeugbereich nach wie vor nicht Elektrofahrzeuge, sondern konventionell angetriebene Fahrzeuge zählen.

5 Literaturverzeichnis

- Ahrend, Ch.; Schwedes, O.; Richter, T. et al. (2011): Nutzerverhalten und Raumplanung Regionale Infrastruktur. Berlin.
- Arnold, H.; Kuhnert, F.; Kurtz, R.; Bauer, W. (2010): Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand. Frankfurt am Main.
- Bamberg, S. (2010): Alltagsmobilität und Verkehrsmittelwahl. In: Linneweber, V.; Lantermann, E.-D.; Kals, E. (Hrsg.), Spezifische Umwelten und umweltbezogenes Handeln. Göttingen, S. 549-586.
- Bertram, M.; Bongard, S. (2014): Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr. Wiesbaden.
- Bongard, S. (2014): ECAR-Studie zur Akzeptanz der Elektromobilität. Ludwigshafen.
- Boston Consulting Group (2009): The Comeback of the Electric Car? Boston.
- Boston Consulting Group (2010): Batteries for Electric Cars – Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020. Boston.
- Bratzel, S. (2015): Mobilitätschip statt eigenes Auto? In: Die Zeit, No. 23 (3. Juni 2015), S. 33.
- BSL – Transportation Consultants GmbH & Co KG (2013): Marktreport SPNV – Ein Lagebericht zum Wettbewerb im Schienenpersonennahverkehr. Hamburg.
- Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. Berlin.
- Canzler, W.; Knie, A. (2015): Die neue Verkehrswelt – Mobilität im Zeichen des Überflusses: schlau organisiert, effizient, bequem und nachhaltig unterwegs. Berlin.
- Degelmann, R. (2014): Elektromobilität – ein Hype-Thema? In: VSVI Bayern – Jahreszeitschrift der Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieure in Bayern e.V., Jg. 5, S. 22-29.
- Deutsches Clean Tech Institut (2010): eMobilität – CleanTech-Branche: Treiber im Fokus. Bonn.
- Döring, T. (2012): Hat die Elektromobilität eine Zukunft? In: Wirtschaftsdienst Jg. 92, S. 563-571.
- Döring, T.; Aigner, B. (2011): E-Mobility – Realistic Vision or Hype? In: Electrical Review Vol. 87, S. 37-40.
- Döring, T.; Aigner, B. (2012): Zukunftsperspektiven der Elektromobilität – Treibende Faktoren und Hemmnisse in ökonomischer Sicht. In: Wirtschaft und Gesellschaft Jg. 38, S. 103-132.
- Dudenhöffer (2014): Pkw-Neuwagen: geringere CO₂-Belastungen ohne Zusatzkosten möglich. In: Wirtschaftsdienst Jg. 94, S. 600-602.
- Dudenhöffer, F. (2015): Niedrige Treibstoffpreise lassen Neuwagenkäufer in alte Verhaltensmuster zurückfallen. In: Wirtschaftsdienst Jg. 95, S. 548-552.
- Dudenhöffer, F.; Busmann, K.; Dudenhöffer, K.. (2012): Elektromobilität braucht intelligente Förderung. In: Wirtschaftsdienst Jg. 92, S. 274-279.
- Dworak, M. (2014): Lampen zu Zapfsäulen. In: Die Zeit, No. 21 (15. Mai 2014), S. 30.

- Fazel, L. (2014): Akzeptanz von Elektromobilität – Entwicklung und Validierung eines Modells unter Berücksichtigung der Nutzungsform des Carsharing. Wiesbaden.
- FehrAdvice & Partners AG (2012): Beurteilung verkehrslenkender Maßnahmen beim Einkaufsverkehr unter besonderer Berücksichtigung verhaltensökonomischer Erkenntnisse. Zürich.
- Frick, R.; Grimm, B. (2014): Langstreckenmobilität – Aktuell Trends und Zukunftsperspektiven. Bern und Kiel.
- Hacker, F.; Waldenfels, R.v.; Mottschall, R. (2015): Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen – Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und CO₂-Minderung. Berlin.
- Haugrund, S. (2013): Elektromobilität wird deutlich überschätzt. In: Wirtschaftsdienst Jg. 93, S. 643-647.
- Heymann, E.; Koppel, O.; Puls, T. (2013): Evolution statt Revolution – die Zukunft der Elektromobilität. Köln.
- Hunecke, M. (2006): Zwischen Wollen und Müssen – Ansatzpunkte zur Veränderung der Verkehrsmittelnutzung. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Jg. 15(3), S. 31-37.
- ifeu – Institut für Energie und Umweltforschung (2011): UMBReLA Umweltbilanzen Elektromobilität - Ergebnisbericht. Heidelberg.
- ifmo – Institut für Mobilitätsforschung (2011): Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher. München.
- InnoZ – Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel GmbH (2014): Klimaneutraler Verkehr in Berlin 2050. Berlin.
- Institut der deutschen Wirtschaft (2014): Infrastruktur zwischen Standortvorteil und Investitionsbedarf. Köln.
- Kunert, U.; Horn, M.; Kalinowska, D.; Kloas, J.; Ochmann, R.; Schulz, E. (2008): Mobilität 2015 – Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demografie. Berlin.
- Kutter, E. (2001): Alltäglicher Verkehrsaufwand zwischen Individualität und sachstruktureller Determination. In: Flade, A.; Bamberg, S. (Hrsg.), Ansätze zur Erklärung und Beeinflussung des Mobilitätsverhaltens. Darmstadt, 205-238.
- Kutter, E.; Stein, A. (1998): Minderung des Regionalverkehrs. Bonn.
- Lamparter, D.H. (2014): Auf der falschen Spur? In: Die Zeit, No. 41 (1. Oktober 2014), S. 33.
- Lamparter, D.H. (2015): Bloß keine E-Subventionen! In: Die Zeit, No. 25 (18. Juni 2015), S. 31.
- Maaß, Ch. (2014): Damit es brummt – Eine Pkw-Maut für alle muss her. In: Die Zeit, No. 37 (4. September 2014), S. 11.
- Mankiw, N.G.; Taylor, M.P. (2012): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, 5. überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart.
- NPE – Nationale Plattform Elektromobilität (2014): Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung. Berlin.

- Paternoga, S.; Pieper, N.; Woisetschläger, D.; Beuscher, G.; Wachalski, T. (2013): Akzeptanz von Elektrofahrzeugen – Aussichtsloses Unterfangen oder große Chance? Wolfsburg.
- Pehnt M.; Höpfner, U. (2007): Elektromobilität und erneuerbare Energien. Heidelberg und Wuppertal.
- Peters, A.; Doll, C.; Plötz, P.; Sauer, A.; Schade, W.; Thielmann, A.; Wietschel, M.; Zanker, C. (2013): Konzepte der Elektromobilität – Ihre Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Berlin.
- Peters, A.; Hoffmann, J. (2011): Nutzerakzeptanz von Elektromobilität. Karlsruhe.
- Pieper, N.; Woisetschläger, D.; Paternoga, S.; Wachalski, G.; Beuscher, T. (2013): Elektromobilität auf dem Prüfstand. Wolfsburg.
- Scheiner, J.; Steinberg, G. (2002): Mit dem Flugzeug zum Wandern – Verkehrsinfrastruktur und Tourismus. In: Borghardt, J. (Hrsg.), ReiseRäume – Touristische Entwicklung und räumliche Planung. Dortmund, S. 26-39.
- Schneider, N.F.; Hartmann, K.; Limmer, R. (2001): Berufsmobilität und Lebensform – Sind berufliche Mobilitätsformen in der Zeiten der Globalisierung noch mit der Familie vereinbar? Bamberg.
- Vogt, W.; Lenz, M.; Klater, F.; Dobeschinsky, H.; Breuer, P. (2001): Die Bedeutung des täglichen Fern-pendelns für den sekundär induzierten Verkehr. Bergisch Gladbach.