

Carsharing als alternative Nutzungsform für Elektromobilität

VON H. BAUM, B. HEINICKE UND C. MENNECKE, KÖLN

Inhalt

1. Einleitung	64
2. Carsharing als alternatives Mobilitätskonzept.....	66
2.1 Wirkungen von Carsharing	66
2.1.1 Positive und negative Effekte von Carsharing	66
2.1.2 Ökonomische Wirkung	68
2.1.3 Ökologische Wirkung	69
2.1.4 Wirkung auf Verkehr und Stadtraum	70
2.2 Der Markt für Carsharing in Deutschland.....	71
2.2.1 Marktgröße.....	72
2.2.2 Marktstruktur	72
2.3 Neue Formen von Carsharing	73
3. Technologische Anforderungen und Nutzerakzeptanz von E-Carsharing	74
3.1 Technologische Abwägung.....	74
3.1.1 Anforderungen an die Umsetzung	74
3.1.2 Restriktionen und Risiken	76
3.2 Nutzerakzeptanz	77
3.2.1 Wert des eigenen Autos	77
3.2.2 Erwartungen und Zahlungsbereitschaft für Elektromobilität	78

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Herbert Baum
 Institut für Verkehrswissenschaft
 an der Universität zu Köln
 Universitätsstraße 22
 50923 Köln
 h.baum@uni-koeln.de

Benjamin Heinicke
 Brabanter Str. 44
 50672 Köln

BenjaminHeinicke@googlemail.com

Christina Mennecke
 Institut für Verkehrswissenschaft
 an der Universität zu Köln
 Universitätsstraße 22
 50923 Köln
 mennecke@googlemail.com

3.2.3 Nutzerfreundlichkeit von Carsharing mit Elektrofahrzeugen	78
4. Betriebswirtschaftliche Bewertung	79
4.1 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	80
4.2 Vergleich der Total Cost of Ownership	81
4.3 Wirtschaftlichkeit und Auslastung	86
4.4 Modellierung der Zukunftsszenarien	89
4.5 Wirtschaftlichkeit und Auslastung in den Jahren 2015 und 2020	92
5. Gesamtwirtschaftliche Bewertung	94
5.1 Kosten und Nutzen von Elektrofahrzeugen im Best-Case-Szenario	95
5.2 Nutzen-Kosten-Abwägung für Carsharing mit Elektrofahrzeugen	98
5.3 Wirkung von Subventionen	101
5.4 Gesamtwirtschaftliche Abwägung	103
6. Ergebnis und Ausblick: Zukunftsperspektive für Elektromobilität in Sharing-Konzepten	103

1. Einleitung

Mobilität gehört zu den Grundbedürfnissen des Menschen. Ob für den Weg zur Arbeit, für Freizeitaktivitäten, oder für den Gütertransport von Waren aus aller Welt – Mobilität ist unabdingbar und ein wesentlicher Grundstein für unsere Wirtschaft und Gesellschaft.

Einen besonderen Stellenwert genießt die individuelle Mobilität. In Deutschland dominiert das Auto als omnipräsentes Symbol für größtmögliche Freiheit, Flexibilität und Status. Der Motorisierungsgrad ist mit 501 Autos pro 1000 Einwohner hoch.¹

Der Verkehrsmarkt steht jedoch vor mehreren Herausforderungen: Vor dem Hintergrund schwindender Ölreserven, fortschreitender klimatischer Veränderungen und einer anhaltenden Verteuerung der Mobilitätspreise sind nachhaltige Lösungskonzepte notwendig, um auch in Zukunft ein Höchstmaß an Mobilität zu gewährleisten. Moderne Elektroautos gelten dabei als Schlüsseltechnologie hin zu einer energieeffizienten, klimafreundlichen und bezahlbaren Fortbewegung der Zukunft.

Zur Sicherung der ökologischen Nachhaltigkeit, der wirtschaftlichen Unabhängigkeit und der technologischen Führungsposition hat sich die Bundesregierung im Jahr 2009 das Ziel

¹ Vgl. BMVBS (2009), S. 67 (MIV Fahrer u. Mitfahrer).

gesetzt, Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu entwickeln. Im Rahmen des Konjunkturpaketes II wurden 500 Millionen Euro bereitgestellt, um bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu bringen.²

Elektroautos haben jedoch noch eklatante Nachteile gegenüber ihren konventionell angetriebenen Alternativen. Insbesondere die hohen Preise für Energiespeicher sowie die geringe Reichweite aufgrund der eingeschränkten Energiedichte aktueller Fahrzeugmodelle schränken das potenzielle Käuferfeld sehr stark ein. Bisher konnten daher nur wenige Tausend reine Elektromobile verkauft werden.³ Für die Umsetzung der ambitionierten Ziele der Bundesregierung sind innovative Lösungsansätze daher unerlässlich.

Ein möglicher Ansatz ist die Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten. Carsharing gilt bereits heute als potenzieller Kandidat für die Integration von Elektrofahrzeugen. Die Vorteile sind häufige Kurzstreckeneinsätze, kurze Ausleihdauern sowie hohe Auslastung und Laufleistungen. Erste Modellprojekte wurden bereits in Berlin, Hamburg und Köln umgesetzt.

Elektro-Carsharing-Konzepte haben ein hohes Potenzial. Zum einen können sie durch niedrige Emissionen das 2-Grad-Klimaziel von EU und Bundesregierung unterstützen und aktiv zur Senkung der CO₂-Emissionen im Verkehr beitragen.⁴ Zum anderen bieten sie die Möglichkeit, gerade in verkehrsreichen Innenstädten konventionelle Fahrzeuge zu verdrängen und somit Schadstoffbelastung und Parkplatzmangel zu reduzieren. Des Weiteren bieten sie mit dem „Mobility on Demand“-Konzept eine Alternative zum gerade in der Jugend unbeliebter werdenden eigenen Auto.⁵

Jedoch ist die Integration von Elektroautos auch mit technischen, wirtschaftlichen und praktischen Risiken verbunden. Hohe Auslastungen und hohe Laufleistungen bedeuten auch geringe Standzeiten zwischen den Nutzungen und dadurch resultierende, häufig lediglich teilgeladene Batterien. Zudem sind Reichweitenbeschränkungen, Ladezeitenproblematik, Nutzerakzeptanz und nicht zuletzt Rentabilität Aspekte, die im Rahmen einer Abwägung berücksichtigt werden müssen. Um festzustellen, ob E-Carsharing einen sinnvollen Beitrag zu den Elektromobilitäts-Zielen der Bundesregierung leisten kann, bedarf es einer eingehenden Analyse.

Gegenstand des Aufsatzes ist die daher die Beurteilung von elektrifizierten Carsharing-Konzepten aus betriebswirtschaftlicher und gesamtwirtschaftlicher Perspektive. Die Analyse findet vor dem Hintergrund der Ziele der Bundesregierung im „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ statt.

² Vgl. BMBF (2009), S.18.

³ Vgl. KBA (2011), S. 1.

⁴ Vgl. EU Kommission (2011), S. 3; BMU (2000), S. 2.

⁵ Vgl. Fraunhofer IAO (2010), S. 51.

In Kapitel 2 des Aufsatzes erfolgt zunächst die Erfassung der potenziellen Effekte von Carsharing sowie des aktuellen Entwicklungsstands von Carsharing in Deutschland. Die Darstellung technischer und nutzungsbedingter Potenziale und Anforderungen (Kapitel 3) bildet dann den Rahmen für die betriebs- und gesamt-wirtschaftliche Wirkung eines E-Carsharing Systems zu den Zeitpunkten 2010, 2015 und 2020 (Kapitel 4 und 5). Die betriebswirtschaftliche Bewertung befasst sich dabei mit der Rentabilität des E-Carsharing-Konzepts aus Anbietersicht (Total Cost of Ownership), indem ein Vergleich zur konventionellen Alternative (Verbrennungsmotor) stattfindet. Der gesamtwirtschaftliche Beitrag des E-Carsharing wird anhand des Nutzen-Kosten-Verhältnisses untersucht.

2. Carsharing als alternatives Mobilitätskonzept

2.1 Wirkungen von Carsharing

2.1.1 Positive und negative Effekte von Carsharing

Carsharing beruht auf dem Prinzip der Umstellung von Privatgut zu Kollektivgut. Eigentum in Form von Privatautos soll durch die Dienstleistung Carsharing ersetzt werden. Hierdurch ergeben sich grundsätzlich sowohl positive als auch negative Effekte (Abb. 1). Nachfolgend werden die durch Carsharing erzeugten Effekte sowie ihre potenziellen Auswirkungen auf die wesentlichen gesellschaftlichen Teilbereiche näher betrachtet. Als positive Effekte werden solche angesehen, die zu einer Verbesserung der ökonomischen, ökologischen und verkehrlichen Situation führen. Negative Effekte dagegen haben überwiegend nachteilige Auswirkungen auf diese Teilbereiche.

Die positiven Effekte lassen sich in Effizienzeffekte und Indirekte Effekte gliedern.⁶

- **Effizienzeffekte** beschreiben die direkten Folgen einer Veränderung des Gesamtfahrzeugbestandes. Durch eine effizientere Auslastung der Fahrzeuge im Carsharing lässt sich die Gesamtzahl der Pkw im Verkehrssystem reduzieren. Dies betrifft vor allem den ruhenden Verkehr.⁷ Weitere Folge der besseren Auslastung ist die höhere Fahrleistung der einzelnen Fahrzeuge und der damit verbundene schnellere Austausch älterer und verbrauchsstärkerer Pkw. Daher sind Carsharing-Fahrzeuge oft neuer, verbrauchsärmer und klimafreundlicher als Privatfahrzeuge.
- **Indirekte Effekte** entstehen durch eine Veränderung der Mobilitätsnachfrage. Basis des Effektes ist, dass mit der Entscheidung für Carsharing eine Veränderung der Nutzungsroutinen der Kunden einhergeht. I. d. R. nutzen Carsharingkunden die Fahrzeuge weniger häufig und intensiv als Privatwagen.⁸ Es kommt zu einer Veränderung des persönlichen Mobilitätsverhaltens. Carsharing-Kunden bestreiten mehr Wege zu Fuß, mit dem

⁶ Vgl. Wilke (2002), S. 72ff.

⁷ Vgl. Pesch (1997), S. 45.

⁸ Vgl. Petersen (1993), S. 196f.

Fahrrad und den öffentlichen Verkehrsmitteln, als der Durchschnitt.⁹ Dieser sog. „Lerneffekt“ verstärkt sich mit zunehmender Dauer der Carsharing-Mitgliedschaft.¹⁰ Schon ab dem zweiten Jahr ihrer Mitgliedschaft zeigen viele Kunden eine deutliche Veränderung ihrer Nutzungsroutinen.¹¹ Zudem bevorzugen die Nutzer von Carsharing kleinere und verbrauchsärmere Fahrzeuge und nutzen diese im Durchschnitt häufiger gemeinsam.¹²

Generell werden die Effekte des Carsharings als überwiegend positiv bewertet, allerdings entstehen auch negative Effekte:

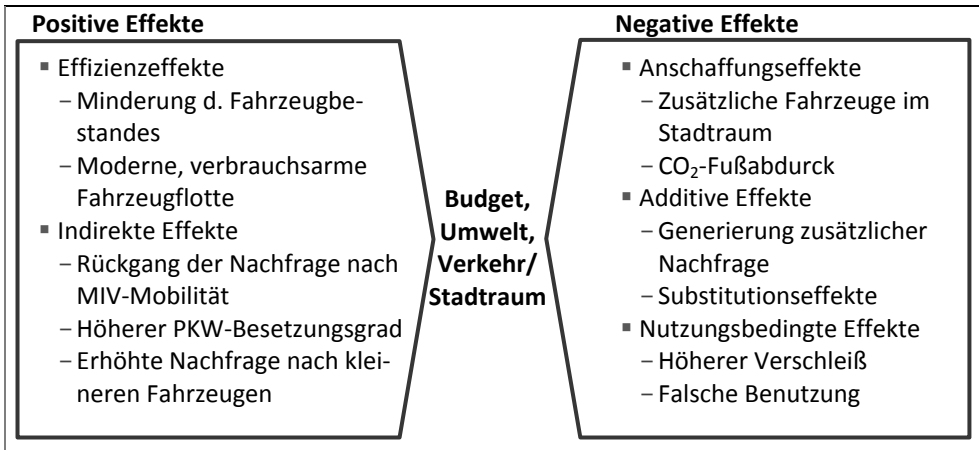
- **Anschaffungseffekte:** Das Angebot von Carsharing im Stadtraum erzeugt zunächst einen negativen Effekt, da zusätzliche Fahrzeuge angeschafft werden. Diese belasten Umwelt und Stadtraum zusätzlich, wenn keine Kompensation durch Reduzierung von Privatfahrzeugen erfolgt.
- **Additive Effekte:** Einen negativen Einfluss hat auch der durch Carsharing induzierte Verkehr. Wenn Personen, die vorher keinen Wagen besessen haben, nun das Angebot nutzen oder Fahrzeugbesitzer ihren Zweitwagen nicht abschaffen und Carsharing zusätzlich nutzen, entsteht ein negativer Effekt durch den dadurch ausgelösten Mehrverkehr.
- **Substitutionseffekte:** Weitere negative Effekte entstehen durch die mögliche Substitution von möglicherweise vorteilhafteren Alternativen, wenn durch die Existenz von Carsharing die Anzahl der individuellen Fuß- und Radwege und die Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsmitteln sinken.
- **Nutzungsbedingte Effekte:** Durch unsachgemäße Benutzung, aber auch durch betrieblichen Verschleiß können erhöhte Abnutzungseffekte der Autos auftreten, die zu einer potenziellen Mehrbelastung der Umwelt führen.

⁹ Vgl. Petersen (1993), S. 197ff.

¹⁰ Vgl. Wilke et al. (2007), S. 47f.

¹¹ Vgl. Ebd., S. 48.

¹² Vgl. Loose (2010), S. 67.

Abbildung 1: Positive und negative gesamtwirtschaftliche Effekte von Carsharing

Quelle: Eigene Darstellung nach Wilke (2011), S. 67ff, Wilke et al. (2007), S. 47f.

Eine Generalisierung der induzierten Umwelt- und volkswirtschaftlichen Entlastungen lässt sich nur bedingt vornehmen, da eine exakte Messung und Bewertung der Wirkungen immer nur im Einzelkontext möglich ist.¹³ Im Wesentlichen lassen sich dennoch drei grundsätzliche Wirkungen von Carsharing definieren:

- Die **Ökonomische Wirkung** beschreibt die Wirkung von Carsharing auf das Budget der Nutzer und die Veränderung der Kostenstruktur ihrer individuellen Mobilität.
- Die **Ökologische Wirkung** bezieht sich auf die Umweltwirkung des Carsharings.
- Die **Wirkungen auf Verkehr und Stadttraum** beschreiben die durch Carsharing induzierten Wirkungen auf den ruhenden und fließenden Verkehr.

2.1.2 Ökonomische Wirkung

Die Kosten sind ein wesentlicher Einflussfaktor bei der Wahl des Verkehrsmittels. Die Entscheidung für die Nutzung von Carsharing ist somit im hohen Maß auch eine Entscheidung aus ökonomischen Gesichtspunkten. Für 20-25% der Kunden ist der finanzielle Vorteil gegenüber dem eigenen Auto der Hauptgrund für die Nutzung von Carsharing.¹⁴ Nachfolgend werden daher die ökonomischen Wirkungen von Carsharing für die Nutzer beschrieben.

- **Carsharing reduziert die Ausgaben für individuelle Mobilität:** Gerade für kurze Strecken und seltenen Bedarf liegen die Kosten für die Nutzung von Carsharing deutlich unterhalb der Kosten eines eigenen Pkws. Abhängig von der Höhe der Abschrei-

¹³ Vgl. Scholl et al. (2010), S. 9.

¹⁴ Vgl. Heafeli et al. (2006), S. 27.

bungen, der jährlichen Fahrleistung und dem Tarif für die Nutzung, ist Carsharing günstiger als der Besitz eines eigenen Autos. Als Grenzen werden Jahresfahrleistungen zwischen 4.500 und 25.000km ermittelt.¹⁵ Allerdings kommt es bei der Entscheidung für die Nutzung von Carsharing auch zu einer Änderung des Mobilitätsverhaltens, da Carsharing Kunden in der Regel ihre Pkw-Kilometer zu einem nicht unwesentlichen Anteil durch andere Fortbewegungsarten ersetzen. Dadurch geben Carsharing-Nutzer in der Regel weniger für ihre Pkw-Mobilität aus als Autobesitzer.

- **Carsharing bewirkt eine nutzungsäquivalente Kostentransparenz:** Ein privater Pkw verursacht fixe und variable Kosten. Zu den Fixkosten zählen der Wertverlust sowie Kfz-Steuer und Versicherungsbeiträge und die Kosten der Haupt- und Abgasuntersuchung. Durchschnittlich haben die Fixkosten einen Anteil von über 60% an den Gesamtkosten.¹⁶ Variable Kostenbestandteile bestehen z. B. aus den anfallenden Kraftstoffkosten, aber auch aus Parkgebühren, eventuellen Straßennutzungsgebühren und den Kosten der Pflege und Instandhaltung. Bewusst durch den Nutzer wahrgenommen werden vor allem die direkten variablen Kosten, die unmittelbar durch die Nutzung entstehen. Das sind besonders die anfallenden Kraftstoffkosten. Im Bewusstsein vieler Pkw-Nutzer spielen weitere Kostenanteile bei ihrer Kalkulation meist eine untergeordnete Rolle.¹⁷ Im Carsharing muss der Nutzer jedoch bei jeder Fahrt die Vollkosten seiner Nutzung tragen (abgesehen von den fixen Aufnahme-, Monats- oder Jahresgebühren). Dies führt zu einer gesteigerten Transparenz der tatsächlichen Kosten der MIV-Mobilität und im Verlauf dessen häufig zu einer freiwilligen Selbstbeschränkung.¹⁸

Voraussetzung ist die Überlegung, dass Carsharing-Nutzer zumindest teilweise ihren eigenen Pkw abschaffen oder auf den Neukauf eines weiteren Pkws verzichten. Durchschnittlich liegt der Anteil dieser Kunden nach Kundenbefragungen bei rund 27%.¹⁹ Behalten die Kunden ihr eigenes Fahrzeug, sind für sie die Mehrkosten der Nutzung des eigenen Autos oftmals geringer als die Zusatzkosten durch Carsharing.

2.1.3 Ökologische Wirkung

Die positiven ökologischen Wirkungen sind zum einen auf die Veränderung der Zahl und Zusammensetzung der Fahrzeugflotte und zum anderen auf das veränderte Nutzungsverhalten der Carsharing-Teilnehmer zurückzuführen.²⁰

Basiseffekt mit einem Anteil von ca. 30% an der Gesamtwirkung ist die Wirkung der jüngeren und verbrauchsärmeren Fahrzeuge. Diese stoßen in der Regel weniger CO₂ aus als die meistens älteren und größeren Privatfahrzeuge. So wird unter Berücksichtigung des

¹⁵ Vgl. Baum / Pesch (1995), S. 8.

¹⁶ Vgl. Dekra (2008), S. 12; Hunsicker / Sommer (2009), S. 367f.

¹⁷ Vgl. Ebd.

¹⁸ Vgl. Loose (2010), S. 79.

¹⁹ Vgl. Ebd., S. 34.

²⁰ Vgl. Wilke et al. (2007), S. 23.

Gebrauchs konventioneller Fahrzeuge im Carsharing, trotz abnehmender Einsparungspotenziale durch immer verbrauchsärmere Fahrzeuge, sogar im Jahr 2020 noch mit einer Einsparung von 78,2 bis 117,2kg CO₂ pro Jahr gerechnet.²¹

Hinzu kommt eine mit Carsharing einhergehende Nachfrageänderung nach individueller Mobilität und die Veränderung der Fahrzeugquote bei den Carsharing-Teilnehmern. Der freiwillige Nutzungsverzicht und der daraus resultierende Transfer der Mobilität auf andere Fortbewegungsmittel spart einen Großteil der Emissionen ein. Zudem wählen Carsharing-Teilnehmer meistens ein Fahrzeug, das dem jeweiligen Anlass entspricht, also nur ein großes Fahrzeug bei entsprechendem Verwendungszweck. Ca. 70% der in Europa verwendeten Fahrzeuge kommen aus dem Bereich der Kleinwagen und Minis.²² Allerdings ist eine genaue Berechnung der ökologischen Bilanz von Carsharing schwierig, da die kausalen Zusammenhänge von Carsharing-Beitritt und Abschaffung von Privatfahrzeugen nicht klar belegbar sind. Daher kann nicht abschließend geklärt werden, ob Carsharing die Abschaffung des Privatwagens induziert, oder ohnehin der Privatwagen abgeschafft würde und Carsharing somit als Ersatz für noch umweltfreundlichere Alternativen wie z. B. dem öffentlichen Verkehr sowie Fuß- und Radverkehr fungiert.

2.1.4 Wirkung auf Verkehr und Stadtraum

Die Einflüsse von Carsharing auf Verkehr und Stadtraum sind im Wesentlichen:

- Die Reduzierung des Fahrzeugbestands,
- die Reduzierung der Pkw-Personenkilometer,
- die Einsparung von Kurzfahrten,
- ein durchschnittlich höherer Besetzungsgrad der genutzten Fahrzeuge,
- eine höhere Bindung an den öffentlichen Verkehr.

Ein hohes Einsparungspotenzial von Carsharing bezieht sich auf den ruhenden Verkehr. Durch eine höhere Auslastung und effizientere Nutzung werden vor allem häufig ungenutzte Fahrzeuge eingespart. Dadurch ließen sich potenziell eingesparte Parkflächen im Stadtraum neu nutzen.²³ Denkbar wären Modelle zur Verbesserung der Lebensqualität, zur Schaffung von gewerblich nutzbaren Räumen oder zur Schaffung von Rad- und Fußwegen. Nicht unerheblich sind allerdings auch die ökologischen und zeitbedingten Effekte, die durch freigewordene Parkflächen entstehen. Der Parkraum-Suchverkehr hat besonders in Großstädten einen gewichtigen Anteil am Gesamtverkehr. Das quantitative Potenzial solcher freiwerdenden Flächen lässt sich allerdings nur schwer abschätzen. So könnten positive Effekte durch einen selbst-induzierten Mehrverkehr gemindert oder gänzlich aufgezehrt

²¹ Vgl. Wilke et al. (2007), S. XXIII.

²² Vgl. Loose (2010), S. 67.

²³ Vgl. Wilke et al. (2007), S. XXIV.

werden, wenn sich in Folge des neu freigewordenen Stadtraums mehr Leute zur Pkw-Nutzung entschließen.

Dennoch hat Carsharing auch einen Einfluss auf den bewegten Verkehr. Durch ein durchschnittlich zurückhaltenderes Nutzungsverhalten sind Carsharing-Kunden potenziell weniger mit dem Auto unterwegs als vergleichbare Fahrzeugbesitzer. Zudem werden vor allem Kurzstrecken vermieden und stattdessen zu Fuß, per Rad und mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt.²⁴ Dies hat eine potenziell positive Wirkung auf den Verkehr, da durch eine Verringerung der Anzahl der Verkehrsteilnehmer auch eine Verringerung der Verkehrsbelastung und der Staus zu erwarten ist. Ein weiterer Effekt ist der höhere durchschnittliche Besetzungsgrad der Carsharing-Fahrzeuge. Dieser liegt über dem durchschnittlichen Besetzungsgrad der MIV-Nutzer, da Carsharing-Nutzer ihre Fahrten bündeln und bewusster tätigen.

Insgesamt ermitteln verschiedene Studien Einsparungspotenziale von 4-8 privaten Pkw pro Carsharing-Fahrzeug.²⁵ Zudem sinkt die persönliche Fahrleistung um 25-50% mit andauernder Carsharing-Nutzung, einhergehend mit einer deutlichen Steigerung des ÖV-Anteils am Verkehr.²⁶ Allerdings müssen die potenziellen Wirkungen auf den Verkehrs- und Stadtraum vorsichtig betrachtet werden, da aufgrund der komplexen Zusammenhänge die exakte Verkehrswirkung von Carsharing schwer zu ermitteln ist.

2.2 Der Markt für Carsharing in Deutschland

Das erste Carsharing-Projekt in Deutschland wurde 1988 mit der Gründung von „stadt-AUTO“ in Berlin realisiert.²⁷ Die Organisation der Nutzer und Fahrzeuge in frühen Carsharing-Organisationen (CSOs) war stark ökologisch motiviert, erfolgte wenig professionell und war meistens nicht mit gewerblichen Interessen verbunden. Betreiber und Teilnehmer waren häufig miteinander bekannt und agierten in lokal begrenzten Gebieten und geschlossenen Nutzergruppen.²⁸ Auch in der Angebotsstruktur vieler heutiger Carsharing-Organisationen spiegelt sich das Ökologie-Bewusstsein der Anfangsphase des Carsharings wider. So beschreibt der Dachverband Bundesverband Carsharing, unter dem über 80% der bundesweiten CSOs organisiert sind, seine Ziele als „Verringerung der Umweltbelastungen durch den Individualverkehr“ und Förderung von „ökologischem und ethischem Denken und Handeln“.²⁹ Erst seit den späten 90’er Jahren wurden die Carsharing-Organisationen professioneller und wandelten sich teilweise von gemeinnützigen Zusammenschlüssen zu wirtschaftlich motivierten Unternehmen.

²⁴ Vgl. Krietemeyer (2003), S. 22; Pesch (1997), S. 159 ff; Petersen (1993), S. 197ff.

²⁵ Vgl. Loose (2010), S. 73ff; Wilke (2011), S. 114.

²⁶ Vgl. Krietemeyer (2003), S. 22.

²⁷ Vgl. Petersen (1993), S. 124.

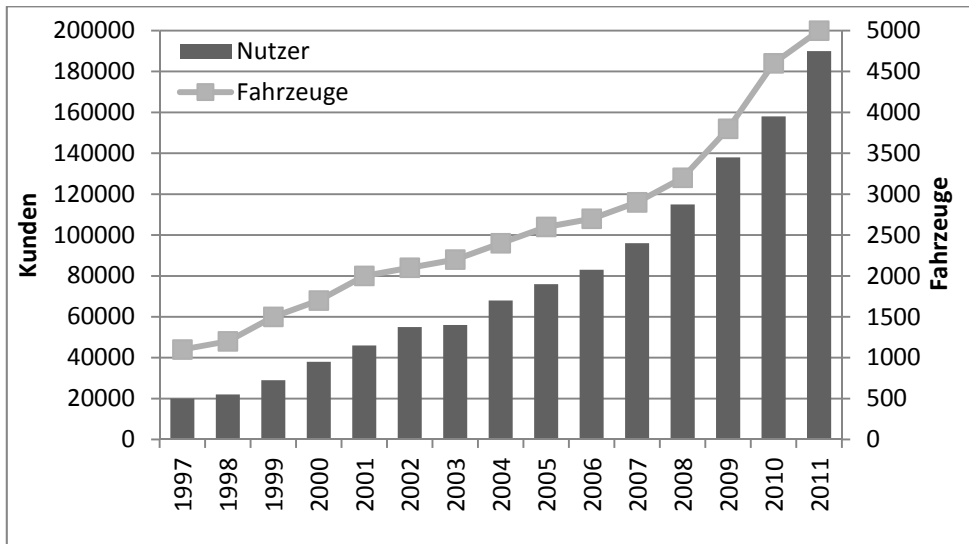
²⁸ Vgl. Behrend (2000), S. 11.

²⁹ BCS (2007), S. 1.

2.2.1 Marktgröße

Der Carsharing-Markt in Deutschland umfasst derzeit ca. 125, meist regionale oder lokale Anbieter. Aktuell teilen sich ca. 190.000 Nutzer ungefähr 5000 Fahrzeuge (Abb. 2). Seit 1997 zeigt der Markt konstant hohe Zuwachsraten. Der Zuwachs der Fahrberechtigten betrug im Jahr 2010 rund 20,5%.

Abbildung 2: Carsharing-Marktgröße nach Kunden und Fahrzeugen (1997-2011)



Quelle: Eigene Darstellung nach BCS (2011), S. 3.

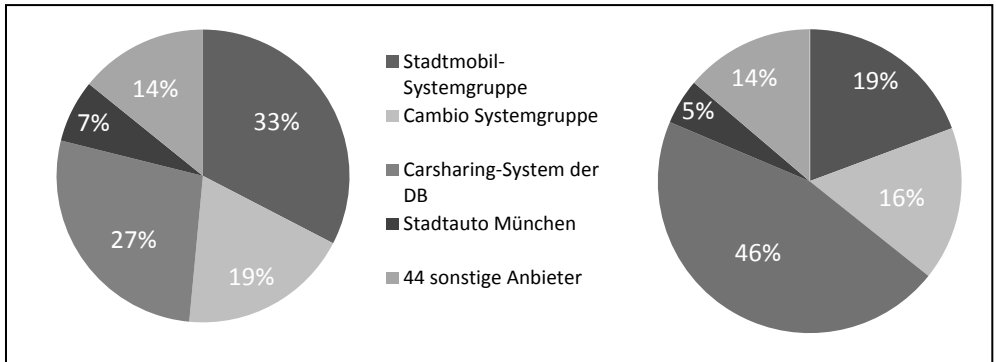
Insgesamt zeigt sich eine hohe Flächendeckung, mit Carsharing-Angeboten in 270 deutschen Städten. Zudem sind in allen Großstädten über 200.000 Einwohnern und nahezu allen Großstädten über 100.000 Einwohnern CSOs vorhanden.³⁰

2.2.2 Marktstruktur

Die Marktstruktur ist geprägt durch große Marktanteile der kommerziellen Anbieter Cambio, Stadtauto und dem Carsharing-System der Deutschen Bahn. Alle drei Anbieter bieten sowohl eigenes Carsharing, als auch Kooperationen mit kleineren CSOs, die die Buchungs- und Abrechnungssysteme der großen Anbieter nutzen. Zusammen vereinen die drei großen Systemanbieter somit rund 79% der Carsharing-Teilnehmer und ca. 81% aller angebotenen Autos. Abbildung 3 zeigt die Marktstruktur bezogen auf Carsharing-Teilnehmer und Verteilung der Fahrzeuge:

³⁰ Vgl. Loose (2010), S. 12f.

Abbildung 3: Marktstruktur der Carsharing-Teilnehmer (links) und Carsharing-Fahrzeuge (rechts) im Jahr 2011



Quelle: Eigene Darstellung nach BCS (2011), S. 4.

2.3 Neue Formen von Carsharing

Der zunehmend größer werdende Anteil neuer Formen des Carsharings verdeutlicht das hohe Interesse verschiedener Wirtschaftsbereiche am Carsharing. Sowohl klassische Autovermietungen wie z.B. Sixt und Europcar, als auch Automobilhersteller bieten eigene Kurzzeitvermietmodelle, vor allem in Großstädten wie München, Hamburg und Berlin, an. Beispielhaft für diese neuen Formen ist das 2008 in Ulm gestartete Daimler Projekt „Car2Go“. Diese Varianten werden zum Teil stark kritisiert, da aufgrund der flexiblen Preisgestaltung inklusive der kilometerunabhängigen Tarife die für Carsharing typischen ökologischen Effekte angezweifelt werden.³¹

Neue Carsharing-Modelle, wie z.B. die Projekte Car2Go (Daimler in Ulm, Hamburg und Berlin) und DriveNow (BMW in München, Berlin), bieten Konzepte für Kurzzeitmieten an, die sich in einigen Punkten von klassischen Formen des Carsharings unterscheiden:

- **Keine Vertragsbindung:** Neue Anbieter, wie z.B. Car2Go, bieten Kunden flexible Tarife ohne feste Rahmenverträge mit fixen Monatsgebühren oder Jahresmitgliedschaften. Die Nutzer zahlen lediglich einmalige Registrierungsgebühren.
- **Keine Stationsbindung:** Im Gegensatz zu klassischen Formen des Carsharings müssen die Fahrzeuge nicht an fixen Carsharing-Stationen ausgeliehen und zurückgegeben werden. Die Kunden können die Fahrzeuge innerhalb eines festgelegten Gebiets flexibel entleihen und zurückgeben. Die Ortung der jeweiligen Fahrzeuge kann mobil, oder von zu Hause über das Internet erfolgen.

³¹ Vgl. Wilke (2011), S. 112.

- **Einweg-Möglichkeit:** Die neuen Modelle bieten die Möglichkeit zu „One-Way-Fahrten“, d. h. die Fahrzeuge können für Einzelstrecken genutzt und müssen nicht zur Ausleihstelle zurückgebracht werden.
- **Neue Bepreisungsmodelle:** Der Preis der Einzelfahrten orientiert sich, ähnlich der klassischen Vermietung, nur an einer Komponente.³² So orientieren sich etwa die Preise von Car2Go lediglich an der Vermietungszeit. Zudem funktioniert Car2Go nur über das „Pay-As-You-Use-Prinzip“ mit spontanen „Open-End“ Buchungen. Somit entfällt die Möglichkeit der Vorausplanung der Fahrt über die Buchung fester Zeitkorridore. Die Fahrzeuge werden stattdessen spontan angemietet und minutengenau abgerechnet, ohne einen fixen Rückgabezeitpunkt.
- **Begrenzte Fahrzeugauswahl:** Die Fahrzeugflotte besteht in der Regel aus einer sehr begrenzten Anzahl an Fahrzeugmodellen. So operiert beispielsweise Car2Go ausschließlich mit einer großen Smart-Flotte.

3. Technologische Anforderungen und Nutzerakzeptanz von E-Carsharing

Wesentliche Voraussetzungen für die langfristige Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Systeme sind die Feststellung der technischen Realisierbarkeit sowie die Abwägung der potenziellen Nutzerakzeptanz. Im Folgenden werden daher zum einen technologisch bedingte Anforderungen, Restriktionen und Risiken definiert und zum anderen abgewogen, inwieweit sich die Elektrofahrzeuge nutzerseitig sinnvoll in vorhandene Carsharing-Systeme einfügen lassen.

3.1 Technologische Abwägung

Die technologische Abwägung soll feststellen, inwieweit die Elektrofahrzeuge in der Lage sind, den speziellen Anforderungen des Carsharings zu entsprechen. Wichtigstes Kriterium für die Analyse ist die Nutzungstauglichkeit. Ziel ist es, die technischen Anforderungen von Carsharing festzustellen und potenzielle Risiken und Hürden zu identifizieren, um die Einsatzfähigkeit von Elektrofahrzeugen im Carsharing abzuwägen.

3.1.1 Anforderungen an die Umsetzung

Anforderungen an die öffentliche Ladeinfrastruktur

Die Existenz einer flächendeckenden öffentlichen Ladeinfrastruktur ist ein wichtiges Thema für die Markteinführung von Elektrofahrzeugen. Bisher existieren allerdings nur wenige Ladestationen im öffentlichen Raum. Für ein stationsgebundenes Carsharing ist dies jedoch keine obligatorische Voraussetzung, da:

³² In diesem Fall die reine Zeitabrechnung.

- die Fahrzeuge an festen Stationen mit vorhandener Ladeinfrastruktur geladen werden. Ausgeliehene Fahrzeuge werden nach der Nutzung an ihren Standplatz zurückgebracht und können dort unmittelbar nach ihrer Nutzung an die Ladesäule angeschlossen werden;
- Kompatibilitätsprobleme durch fehlende Standards und Normen der Ladeinfrastruktur die Nutzbarkeit der öffentlichen Säulen stark einschränken. Fahrzeuge, die andere Ladeverfahren unterstützen als die jeweilige Säule, können hier nicht aufgeladen werden. Durch die Stationsbindung können jedoch zumindest innerhalb des Carsharing-Systems homogene Ladeprozesse und Kompatibilität gewährleistet werden;
- öffentliche Ladesäulen nicht diskriminierungsfrei sind. Im Vorfeld der Aufladung ist i. d. R. der Abschluss eines Stromvertrages beim jeweiligen Ladesäulenbetreiber nötig. Der Abschluss von Rahmen-Stromverträgen für CSOs ist denkbar, impliziert jedoch Zusatzkosten und komplexe Handlungsabläufe bei der Nutzung;
- die Nutzung der öffentlichen Ladestruktur Abrechnungsprobleme verursacht. Angesichts langer Ladezeiten müsste immer im Einzelfall abgewogen werden, ob die Ladezeit von der Nutzungsdauer abgezogen werden muss, weil die Rücktour nicht gewährleistet werden konnte oder als Teil der Nutzungsdauer für private Erledigungen gerechnet werden kann;
- der Nutzen der Reichweitenverlängerung durch die Existenz von Ladesäulen im öffentlichen Raum fraglich ist. Angesichts der langen Ladezeiten, die nur eine geringe Reichweitenvergrößerung versprechen, kann vielmehr vermutet werden, dass der häufig kostenlose Parkplatz während des Ladens der Grund für die Nutzung der Säule ist.

Anforderungen an die Ladeinfrastruktur der Carsharing-Stationen

Ähnlich zu privat genutzten Elektrofahrzeugen benötigen auch die Carsharing-Stationen fest installierte Ladevorrichtungen. Als Bestandteil des Ausleihverfahrens werden die Fahrzeuge von den Kunden vor und nach jeder Ladung an die vorhandene Ladestation ab- bzw. wieder angeschlossen.

Um eine hohe Verfügbarkeit und akzeptable Ladestände der Fahrzeuge zu gewährleisten, müssen die Carsharing-Stationen eine möglichst schnelle Aufladung der Fahrzeuge garantieren. Die Installation von Ladevorrichtungen mit einer hohen Leistung von 22,2 kW wird daher vorausgesetzt. Die Ladezeit für eine 16 kWh Batterie ist somit in ca. einer Stunde möglich. Die Investitionskosten für halböffentliche Ladestationen liegen im Bereich von 1.250 bis 3.250€.³³ Aufgrund zeitintensiver Genehmigungsverfahren, Gutachten und Vorschriften für elektrische Installationen im öffentlichen bzw. halböffentlichen Raum sind die Kosten allerdings eher am oberen Ende der Spanne einzuordnen.

³³ Vgl. Doll et al. (2011), S. 8f.

Anforderungen an die Fahrzeugtechnik

Die Anforderungen an die Fahrzeugtechnik ergeben sich aus den Nutzungsroutinen der Kunden im Carsharing. Grundsätzlich im Vordergrund steht daher die Bedienbarkeit der Fahrzeuge, besonders im Hinblick auf den Beladungsvorgang, sowie die generelle Handhabung. Hierzu ist die Standardisierung der Ladestecker und Ladeverfahren zumindest innerhalb der CSO sinnvoll. Zudem sollten die Fahrzeuge über geeignete Messinstrumente zur Feststellung der Restreichweite verfügen, um den Kunden die Nutzung zu erleichtern und Ausfälle durch leere Batterien zu vermeiden.

Einen besonderen Stellenwert in Hinblick auf die technischen Anforderungen hat die Fahrzeugbatterie. Grundsätzlich ist die Integration von Elektrofahrzeugen mit kleinen Batterien in Form von kleinen Stadt-BEVs (Batterie Electric Vehicle) und PHEV (Plug-in hybrid Electric Vehicle) durchführbar. Diese sind zwar schnell entladen, können jedoch schnell wieder aufgeladen werden und geben so unter Umständen den Nutzern mehr Sicherheit als eine nur zu 30% geladene Großbatterie. Aus diesem Grund kann an dieser Stelle keine Mindestkapazität für Fahrzeugbatterien definiert werden.

3.1.2 Restriktionen und Risiken

Restriktionen und Risiken in Bezug auf die Infrastruktur

Obwohl die Existenz einer flächendeckenden Infrastruktur keine obligatorische Voraussetzung für ein elektrisches Carsharing-System darstellt, ist sie dennoch eine Schwachstelle in Bezug auf die allgemeine Einsatzflexibilität der Elektrofahrzeuge. Zu erwähnen sind:

- Die geringe Anzahl an öffentlichen Stromtankstellen in Deutschland. Bisher existieren ca. 940, mehrheitlich kleine oder private Ladestationen für Elektrofahrzeuge im Vergleich zu rund 14.800 Otto- bzw. Dieselmotortankstellen.³⁴
- Die fehlende marktweite Standardisierung von Ladeverfahren und Steckverbindungen.
- Die Abrechnungsproblematik für Großkunden. Bisher herrscht keine Diskriminierungsfreiheit an Ladesäulen, sodass mit jedem Ladesäulenbetreiber ein separater Rahmentarif ausgehandelt werden muss, um die Beladung zu ermöglichen.

Restriktionen und Risiken in Bezug auf die Fahrzeugtechnik

Die Batterie bleibt die größte Herausforderung bei der Betrachtung potenzieller Restriktionen. Durch die limitierten Batteriekapazitäten kann nicht jede Fahrt im Carsharing gewährleistet werden. Bei einem durchschnittlichem Verbrauch von 0,135 kWh/km für Kleinwa-

³⁴ Vgl. Stromtankstellen 21 (2011).

gen und 0,15 kWh/km in der Kompaktklasse und einer Sicherheitsreserve von 10% liegt die maximale Reichweite eines 16 kWh-Elektrofahrzeugs bei rund 107 km.³⁵

Hinzu kommt das Risiko für den Nutzer, ein nur teilweise geladenes Auto zu mieten, wenn das Fahrzeug zwischen den einzelnen Nutzungsvorgängen nicht vollständig aufgeladen wurde. Möglicher Lösungsansatz wäre die Sperrung von Fahrzeugen mit geringem Ladezustand. Dies hätte allerdings eine deutlich verringerte Verfügbarkeit der Fahrzeuge zur Folge.

Ein weiteres Risiko ist die Haltbarkeit der Fahrzeugbatterie. Bei Herstellungskosten von 700 bis 1000 Euro/kWh ist die Fahrzeugbatterie für einen Großteil der Gesamtkosten der Fahrzeuge verantwortlich. Ein Batterieschaden bedeutet in vielen Fällen den wirtschaftlichen Totalschaden. Daher sind insbesondere Flottenbetreiber mit hohen Fahrzeugkilometern und einer großen Anzahl von Ladezyklen auf eine lange Haltbarkeit der Fahrzeugbatterien angewiesen. Die Kapazität der Batterien nimmt allerdings mit Häufigkeit der Ladezyklen stetig ab, sodass am Ende der Batterielebensdauer nur noch 80% der ursprünglichen Batteriekapazität zur Verfügung stehen.³⁶

Zusammenfassend ist die technische Integration der Elektrofahrzeuge bereits heute möglich. Es existieren zwar noch große Herausforderungen in Bezug auf Standardisierungsverfahren, Infrastrukturaufbau und Batterietechnik, dennoch sind dies keine K.O.-Kriterien. Vielmehr sind CSOs durch geschlossene Systeme inklusive eigener Ladeinfrastruktur in der Lage, trotz divergierender Standards und Normen einen effizienten Betrieb der Fahrzeuge zu ermöglichen.

3.2 Nutzerakzeptanz

Im Rahmen der Nutzerakzeptanzabwägung soll festgestellt werden, inwieweit sich die Elektrofahrzeuge in Carsharing Systeme einfügen lassen und ob sich eventuelle Nachteile der Elektromobilität durch die Vorteile von Carsharing kompensieren lassen.

3.2.1 Wert des eigenen Autos

In einer Nutzerbefragung von Europcar zu den Einstellungen zum eigenen Auto empfinden 77% der befragten Deutschen das eigene Auto als sehr teuer.³⁷ Dennoch hat das Auto einen hohen Stellenwert, so geben 90% der Befragten an, gerne ein Auto zu besitzen, jedoch ist der Wert leicht rückläufig. Allerdings können sich nur 27% der Autobesitzer zwischen 35 und 54 Jahren vorstellen, auf ihr Auto zu verzichten. Die Verzichtsbereitschaft der jüngeren Bevölkerung ist mit 34% höher.³⁸ Neuere Studien deuten zudem darauf hin, dass das Auto

³⁵ Vgl. ADAC (2011a), S. 10ff; Baum et al. (2011), S. 10.

³⁶ Vgl. BCG (2010), S. 4.

³⁷ Vgl. Europcar (2010), S. 24ff.

³⁸ Vgl. Ebd. S. 27.

als Statussymbol vor allem für die Jugend an Anziehungskraft verliert.³⁹ So wird festgestellt, dass die Jugend zwar mobiler ist, jedoch ihre Mobilität weniger durch das eigene Auto gestaltet, sondern mehr auf Alternativen, wie z. B. öffentliche Verkehrsmittel zurückgreift. Zudem sinkt vor allem bei der jüngeren Bevölkerung der Anteil eigener Autos.⁴⁰

3.2.2 Erwartungen und Zahlungsbereitschaft für Elektromobilität

Elektrofahrzeuge werden grundsätzlich positiv beurteilt. Besonders die geringen Fahrgeräusche, der Fahrspaß und die Sicherheit beim Fahren und Laden werden von den Nutzern positiv bewertet.⁴¹ Diese Erkenntnisse spiegeln sich in diversen Studien wider.⁴² So stehen insgesamt 88% der Neuwagenkäufer einer ADAC-Studie zufolge Elektrofahrzeugen positiv gegenüber.⁴³ Ein Elektroauto kaufen würden 74% der Befragten, lediglich 6% schließen dies kategorisch aus.⁴⁴

Allerdings existiert eine deutliche Diskrepanz zwischen Nutzer-Erwartungshaltung und Leistungspotenzial der Elektromobilität. So wären lediglich 10% der Befragten mit einer Reichweite von bis zu 100 km zufrieden. Rund 68% wünschen sich dagegen eine Reichweite von über 300 km.⁴⁵ In der Praxis liegen heutige Reichweiten der meisten Fahrzeuge jedoch deutlich unterhalb von 200 km.⁴⁶

Zudem ist die Preisbereitschaft potenzieller Käufer gering. Lediglich rund 40% der Befragten geben an, dass sie für ein Elektroauto mehr bezahlen würden.⁴⁷ Ein Mehrpreis von über 3000 Euro ist für 72% inakzeptabel und lediglich 8% der Befragten würden mehr als 5000 Euro Mehrkosten akzeptieren.⁴⁸

3.2.3 Nutzerfreundlichkeit von Carsharing mit Elektrofahrzeugen

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Elektrofahrzeuge mit ihrem heutigen Leistungspotenzial nur sehr bedingt in der Lage sind, den hohen Erwartungen an die Fahrzeuge als multifunktionale Alleskönner zu entsprechen. Die wesentlichen Hürden sind der deutliche Mehrpreis, die begrenzte Reichweite und lange Ladezeiten.

Die Kombination der technischen Innovation Elektromobilität mit der Mobilitätsalternative Carsharing hat jedoch das Potenzial, wesentliche Einschränkungen der Elektromobilität ausgleichen zu können. Die Investitionskosten stehen einer hohen Auslastungseffizienz im

³⁹ Vgl. Fraunhofer IAO (2010), S. 51f.

⁴⁰ Vgl. Ebd.

⁴¹ Vgl. Wolter et al. (2011), S. 17.

⁴² Vgl. Europcar (2010); ADAC (2009); Fraunhofer IAO (2010), S. 10ff.

⁴³ Vgl. ADAC (2009), S. 5, S. 37; n=4146, mehrheitliche männlich (91,7%), ausgewogene Altersstruktur, hohes Bildungsniveau (37,8% habe ein abgeschlossenes Studium).

⁴⁴ Vgl. ADAC (2009), S. 38.

⁴⁵ Vgl. Ebd. S. 27.

⁴⁶ Vgl. ADAC (2011a), S. 2.

⁴⁷ Vgl. ADAC (2009), S. 31.

⁴⁸ Vgl. Ebd. S. 32.

Carsharing gegenüber, lange Ladezeiten werden durch eine flexible Fahrzeugwahl kompensiert und die Reichweitenproblematik wird durch die Kombination verschiedener Fahrzeugklassen gelöst.

Die Kombination von Carsharing und Elektromobilität hat aus Nutzersicht mehrere Vorteile:

- Zum Einen besteht die Möglichkeit, die elektrischen Fahrzeuge günstig zu testen und wichtige Nutzungserfahrungen mit der neuen Technik zu sammeln, ohne dass das Auto gekauft werden muss. Insofern ist E-Carsharing auch ein wichtiger Botschafter für die Funktions- und Einsatzfähigkeit sowie die Akzeptanz der Elektroautos.
- Zum Anderen erweitert Carsharing den potenziellen Nutzerkreis für Elektromobilität. Die Erstnutzer für Elektrofahrzeuge sind in hohem Maße Zweitwagenbesitzer mit festem Stellplatz aus Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern.⁴⁹ Ein fester Stellplatz mit Stromanschlussmöglichkeit ist in urbanen Regionen jedoch häufig nicht vorhanden. Gerade hier bietet E-Carsharing, als vorrangig urbanes Konzept, die Möglichkeit, die individuelle Mobilität mit dem Elektroauto zu ermöglichen.
- Des Weiteren kann die Kombination von Carsharing und Elektromobilität zu einem Umdenken der Mobilitätsgestaltung selbst führen. E-Carsharing bietet die Möglichkeit, die eigene Mobilität flexibel, kostengünstig und umweltfreundlich zu gestalten. Die lokale Emissionsfreiheit der Elektrofahrzeuge ermöglicht dabei die Bewältigung von Wegen, abseits von Fuß- oder Fahrradverkehr, ohne unmittelbaren Schadstoffausstoß. Wird das Auto ferner durch Strom aus regenerativen Quellen gespeist, ist sogar eine nahezu CO₂-freie Fortbewegung möglich.

Der Umweltaspekt ist schon seit den Anfängen der ersten Carsharing-Organisationen ein wichtiger Bestandteil von Carsharing-Konzepten. Neben den finanziellen Aspekten der eigentumslosen Fahrzeugnutzung, sind ökologische Beweggründe der zweitwichtigste Faktor für die Nutzung von Carsharing.⁵⁰ Durch die Kombination mit Elektrofahrzeugen kann das ohnehin umweltfreundliche Mobilitätskonzept weiter gestärkt werden und bekommt für die ökologisch bewusste Zielkundschaft eine höhere Attraktivität.

4. Betriebswirtschaftliche Bewertung

Die Bewertung befasst sich mit der Frage, inwieweit eine wirtschaftlich sinnvolle Integration von Elektrofahrzeugen in bestehende Carsharing-Systeme gelingen kann.

- Als Erstes werden die Rahmenbedingungen als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung definiert.

⁴⁹ Vgl. Biere et al. (2009), S. 176f.

⁵⁰ Vgl. Heafeli et al. (2006), S. 27.

- Anschließend erfolgt mittels eines Vollkostenvergleichs eine wirtschaftliche Betrachtung der Kostenunterschiede von Elektro- und Referenzfahrzeugen zum Basisjahr 2010.
- Um mögliche Veränderungen der Wirtschaftsbedingungen in den Jahren 2015 und 2020 abzubilden, werden im Anschluss vier Zukunftsszenarien entwickelt. Ausgehend vom Basisjahr dienen Prognosen zur Entwicklung des Öl- und Batteriepreises sowie Subventionen als bestimmende Variablen der Szenarien.
- Um den möglichen Einsatzrahmen der Elektrofahrzeuge einzugrenzen, werden die Break-Even-Fahrleistungen anschließend mit durchschnittlichen Fahrleistungen im Carsharing verglichen und im Rahmen einer abschließenden Bewertung abgewogen.

4.1 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Betriebswirtschaftlich interessant ist das Geschäftsmodell mit Elektrofahrzeugen trotz der hohen Anschaffungskosten aufgrund der geringeren Betriebskosten. Grundsätzliche Annahme ist, dass die hohen Investitionskosten der Elektrofahrzeuge durch die geringen Betriebs- und Wartungskosten bei hohen jährlichen Laufleistungen kompensiert werden, ohne dass die Tarife pro Ausleihe erhöht werden müssen. Unter Einbezug aktueller Preise (Basisjahr 2010) und realistischer Annahmen für mögliche mittelfristige Zukunftsszenarien wird die jährliche kritische (Break-Even-) Fahrleistung für Elektrofahrzeuge im Carsharing berechnet. Wenn die jährliche durchschnittliche Fahrleistung im Carsharing diese errechnete Break-Even-Fahrleistung erreicht oder überschreitet, dann lohnt sich der Einsatz von E-Fahrzeugen für die CSOs. Die Berechnung der Break-Even-Fahrleistung erfolgt vereinfacht durch folgende Formel:⁵¹

$$\text{Break – Even – Fahrleistung} \left(\frac{\text{km}}{\text{Jahr}} \right) = \frac{\Delta \text{Investitionskosten} \left(\frac{\text{€}}{\text{Jahr}} \right)}{\Delta \text{Betriebskosten} \left(\frac{\text{€}}{\text{km}} \right)}$$

Zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit wird in der Berechnung davon ausgegangen, dass die Referenzfahrzeuge positive Gewinne erwirtschaften. Ausgangspunkt für die Wirtschaftlichkeitsprüfung ist daher ein Kostenvergleich von Elektro- und Referenzfahrzeugen. Die Integration von Elektrofahrzeugen in die Carsharingflotten ist sinnvoll, sobald die Gesamtkosten der Elektrofahrzeuge kleiner sind als die der Referenzfahrzeuge.

Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt anhand einer Vergleichsrechnung zwischen konventionellen Referenzfahrzeugen und elektrischen Modellen. Die Kosten werden im Rahmen eines „virtuellen Umbaus“⁵² der Referenzmodelle auf die elektrischen Äquivalente verglichen. Im Vergleichsmodell werden vier, für das Carsharing interessante, elektrische Fahrzeugkonzepte näher untersucht:

⁵¹ Vgl. Baum et al. (2011), S. 25. Vgl. auch S. 87.

⁵² Vgl. Baum et al. (2011), S. 7; Biere et al. (2009), S. 174f; Wietschel / Bünger (2010), S. 92.

- Ein BEV (Batterie Electric Vehicle) auf Kleinwagenbasis mit einer Batterieleistung von 10 kWh für kurze innerstädtische Strecken bis zu ca. 60 km.
- Ein BEV auf Kleinwagenbasis (City-BEV) mit einer Batterieleistung von 16 kWh, das im Kurzstreckenbereich bis ca. 100 km eingesetzt werden kann.⁵³
- Ein BEV der Kompaktklasse mit 24 kWh für mehrmalige Nutzung ohne Aufladung oder einen Mittelstreckenbereich von bis zu 140 km.
- Ein PHEV (Plug-in hybrid Electric Vehicle) aus der Kompaktklasse mit einer Batteriekapazität von 5 kWh, das im Kurzstreckenbereich (ca. 30 km) rein elektrisch fahren kann, jedoch unter Zuhilfenahme des konventionellen Motors auch lange Fahrtstrecken ermöglicht.⁵⁴

Als konventionelle Referenzfahrzeuge wurden Fahrzeuge gewählt, die vor allem in ihren Einsatzzwecken im Carsharing den virtuellen Elektro- bzw. Hybridfahrzeugen in weiten Teilen entsprechen. Als Referenzfahrzeug für die BEV mit 10 und 16 kWh dient ein Kleinwagen auf Basis des Smarts fortwo für Kurzstrecken mit Verbrauchswerten von 4,45 Liter pro 100 km. Als Referenz für den BEV mit 24 kWh und den PHEV dient ein Fahrzeug aus der Kompaktklasse mit durchschnittlichem Verbrauch von 6,5 Litern pro 100 Kilometer, auf Basis des Golf IV. Weitere technische Daten sind in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Technische Daten der Referenzfahrzeuge nach Fahrzeugklassen

Fahrzeug	Einheit	Klein- bzw. Kleinwagen (z.B. Smart fortwo)	Kompaktklasse (z.B. VW Golf IV)
Anschaffungskosten	[€]	9.999	19.560
Hubraum	[ccm ³]	698	1390
Kraftstoffverbrauch	[l/100km]	4,45	6,5

Quelle: Eigene Darstellung nach Wietschel / Bünger (2010), S. 90f.

4.2 Vergleich der Total Cost of Ownership

Die Kostenunterschiede von Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen werden auf Basis eines Total Cost of Ownership (TCO)-Vergleichs bestimmt. Die TCO beschreiben die Gesamtkosten der Fahrzeughaltung. Dabei werden nicht nur die Anschaffungskosten und der Wertverlust berücksichtigt, sondern auch die über den Zeitraum der Nutzung anfallenden Betriebs- und Verwaltungskosten. Die Gesamtkosten der Fahrzeughaltung für CSOs lassen sich wie folgt darstellen:

⁵³ Vergleichbar mit Smart ED, Peugeot iOn, Citroen C-Zero, Mitsubishi i-MiEV, vgl. hierzu auch ADAC (2011a), S. 13ff.

⁵⁴ Vgl. ADAC (2011c), S. 15; Vergleichbar mit Toyota Prius Plug-In Hybrid.

Abbildung 4: Gesamtkosten der Fahrzeughaltung für Flottenbetreiber (TCO)

Gesamtkosten (TCO)	=	Fahrzeugkosten	+	Betriebskosten
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investitions- bzw. Anschaffungskosten ▪ Wertverlust 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbrauchskosten ▪ Wartung & Instandhaltung ▪ Steuern ▪ Versicherung ▪ Verwaltungskosten

Quelle: Eigene Darstellung bzw. Dekra (2008), S. 10.

Fahrzeugkosten

Die Mehrkosten für die Elektrofahrzeuge ergeben sich im verwendeten Modell aus den Kostenunterschieden der verbauten Komponenten. Obwohl bei den Elektrofahrzeugen aufgrund der simplen Bauweise des Antriebs auf einige Teile verzichtet werden kann, liegen die Investitionskosten dennoch deutlich oberhalb der Kosten von konventionellen Fahrzeugen (Tabelle 2).

Die Fahrzeugbatterie ist mit Abstand der größte Einzelposten. Die OEM-Herstellungskosten für Lithium Ionen Batterien liegen derzeit bei ca. 700 € bis ca 1000€ pro kWh.⁵⁵ Für die CSOs als Endkunden muss zusätzlich ein Herstelleraufschlag für Marge, Garantie, Marketing und Vertrieb von ca. 40% abzüglich eines Mengenrabatts für gewerbliche Großkunden berücksichtigt werden.⁵⁶ Der Mengenrabatt beim Fahrzeug- bzw. Teileeinkauf wird allerdings nur in begrenztem Maße realisiert werden können, da die CSOs deutschlandweit mit einem Bestand von 5.000 Fahrzeugen und einem inhomogenen Anbietermarkt eine nur eingeschränkte Nachfragekapazität besitzen.⁵⁷ In der Berechnung wird von einem moderaten Flottenrabatt von 10% für die Fahrzeugkomponenten ausgegangen. Dies bedeutet für eine 16 kWh Fahrzeugbatterie eines BEV einen Gesamtpreis von 12.096€.

Allerdings lassen sich auch Einsparungseffekte für die BEVs realisieren. Aufgrund der einfachen Bauweise des elektrischen Antriebs kann auf verschiedene Komponenten verzichtet werden. Kosten für Motor und Kupplung, Treibstofftank und Starter fallen nicht an. Vor allem aufgrund der im Modell integrierten Batterie- und Infrastrukturkosten sind die Mehrkosten für diesen BEV mit 13.014€ dennoch hoch.

Auch bei dem PHEV haben die Batteriekosten mit ca. 3.780€ einen großen Anteil an den Gesamtkosten. Einsparungspotenzial besteht dagegen aufgrund des dualen Systems von Verbrennungsmotor und Elektromotor nur begrenzt. Durch das Hybridkonzept kann der

⁵⁵ Vgl. Baum et al. (2011), S. 6; BCG (2010), S. 8; Biere et al. (2009), S. 85; Wietschel / Bünger (2010), S. 9; Doll et al. (2011), S. 15.

⁵⁶ Vgl. BCG (2010), S. 6.

⁵⁷ siehe hierzu auch Kapitel 2.1.3.

Motor kleiner dimensioniert werden, ebenso ist der konventionelle Starter überflüssig. Insgesamt fallen Mehrkosten in Höhe von 7.482€ an.

Die Kosten für die Ladeinfrastruktur beinhalten Investitionen für die Erhöhung der Sicherheit und der Ladekapazität, sowie Aufwendungen für Planungs- und Genehmigungsverfahren und Installation. Die Schätzung der Kosten für die Ladeinfrastruktur liegt mit 3.500€ im Bereich der Aufwendungen für die Errichtung einer halb öffentlichen Ladestation mit einer Leistung von 22,2 kW.⁵⁸ An den Ladesäulen können i.d.R. zwei Fahrzeuge pro Station geladen werden. Die Investitionskosten pro Fahrzeug betragen inklusive Flottenrabatt somit 1.575€. Weitere Kostenbestandteile sind in Tabelle 2 dargestellt:

Tabelle 2: Investitionskosten nach Fahrzeugtypen im Jahr 2010

	Einheit	Kleinwagen		Kompakt	
Fahrzeug					
Fahrzeugtyp		BEV [10kWh]	BEV [16kWh]	BEV [24kWh]	PHEV [5kWh]
Basismotor mit Kupplung	[€]	-1.458	-1.458	-1.620	-2.495
Kraftstofftank	[€]	-135	-135	-150	-
Konventioneller Starter	[€]	-324	-324	-360	-324
Motor für Hybridbetrieb	[€]	-	-	-	1.333
Hybrid Antriebsstrang	[€]	-	-	-	1.623
Elektromotor inkl. Steuerung	[€]	1.260	1.260	2.405	1.989
Batteriegröße	[kWh]	10	16	24	5
Batteriekosten	[€]	7.560	12.096	18.144	3.780
Infrastruktur					
Ladestation und Ladekabel	[€]	1.575	1.575	1.575	1.575
ΔInvestitionskosten	[€]	8.478	13.014	19.994	7.482

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Baum et al. (2011), S. 7; Kley et al. (2009), S. 7; Wietschel / Bünger (2010), S. 90f.

Betriebskosten

Die berücksichtigten Einflussfaktoren für die Betriebskosten der betrachteten Fahrzeugkonzepte sind:

- Treibstoff- bzw. Stromkosten (Verbrauchskosten),
- Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie
- Steuerkosten.

Die Kosten für Versicherung und Verwaltung werden als vergleichbar zu den Kosten der Referenzfahrzeuge angesehen und daher im Berechnungsmodell nicht gesondert berücksichtig.

⁵⁸ Vgl. Kley et al. (2009), S. 7.

sichtigt.⁵⁹ Die Verbrauchskosten der konventionellen Fahrzeuge in der Ausgangsrechnung werden anhand durchschnittlicher Benzinpreise (Super-Benzin) für das Jahr 2010 berechnet.⁶⁰ Aufgrund des geringen Strombedarfs für die Ladung der Fahrzeugbatterien sind keine Sondertarife für die CSOs zu erwarten. Der Stromtarif orientiert sich daher am Tarif für private Haushalte und beträgt 0,22€ pro kWh.⁶¹

Die Kleinwagen-BEVs besitzen nur eine geringe Reichweite und werden daher vorrangig im Kurzstrecken- bzw. Stadtverkehr eingesetzt. Dadurch, und durch die Annahme eines geringeren Fahrzeuggewichts, wird der durchschnittliche Stromverbrauch der BEVs mit 10 bzw. 16 kWh mit 0,135 kWh/km berechnet.⁶² Aufgrund des höheren Fahrzeuggewichts und eines außerstädtischen Anteils wird für das BEV mit 24kWh-Kapazität ein Verbrauch von 0,15 kWh/km angenommen. Der Verbrauch des PHEV orientiert sich trotz Motor-Downsizing aufgrund des hohen Fahrzeuggewichts an den Werten der Kompaktklasse-BEV zusätzlich des Kraftstoffverbrauchs des Verbrennungsmotors (=ICE: Internal Combustion Engine). Für die Berechnung wird ein Durchschnittsverbrauch pro 100 Kilometer von 3,4 Liter und 5 kWh angenommen.⁶³ Die Verbrauchskennzahlen der Fahrzeuge sind in Tabelle 3 festgehalten:

Tabelle 3: Verbrauchskosten nach Fahrzeugtypen im Jahr 2010

Fahrzeugtyp	Einheit	Kleinwagen		Kompaktklasse		
		ICE	BEV [10/16 kWh]	ICE	BEV [24 kWh]	PHEV [5 kWh]
Kraftstoffpreis	[€/l]	1,41	-	1,41	-	1,41
Kraftstoffverbrauch	[l/100 km]	4,45	-	6,5	-	3,4
Kraftstoffkosten	[€/km]	0,0627	-	0,0917	-	0,0479
Strompreis	[€/kWh]	-	0,22	-	0,22	0,22
Stromverbrauch	[kWh/km]	-	0,135	-	0,15	0,15
Stromkosten	[€/km]	-	0,0297	-	0,033	0,033
Verbrauchskosten	[€/km]	0,0627	0,0297	0,0917	0,033	0,0589
Verbrauchskosten- ersparnis	[€/km]	-	0,033	-	0,0587	0,0327

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis ADAC (2011b), ADAC (2011c), Wietschel / Bünger (2010), S. 90 ff.

⁵⁹ Vgl. hierzu auch ADAC (2011c), S. 9.

⁶⁰ Vgl. ADAC (2011b).

⁶¹ Vgl. DIW (2011), S. 1.

⁶² Vgl. ADAC (2011c), S. 3; DAT (2011), S. 67.

⁶³ Vgl. ADAC (2011c), S. 10. Als Referenz für die Verbrauchswerte dient der Toyota Plug-In Hybrid.

Für die Wartungs- und Instandhaltungskosten der BEV und PHEV fehlen langfristige Erfahrungswerte. Allerdings ist zu erwarten, dass die vergleichsweise einfache und verschleißarme Bauweise zu längeren Wartungsintervallen und einer Reduzierung der Wartungskosten führt.⁶⁴ Des Weiteren entfällt für die BEV die obligatorische Abgasuntersuchung. Die Wartungskosten werden mit einem pauschalen Kostenansatz von 0,05€ pro Kilometer angesetzt.⁶⁵ Die Wartungskosten für den PHEV liegen aufgrund eines Motor-Downsizings im Bereich der Kosten des kleinen ICE. Eine volle Auflistung der Kosten für Wartung und Instandhaltung ist in Tabelle 4 erfasst:

Tabelle 4: Wartungs- und Instandhaltungskosten nach Fahrzeugtypen im Jahr 2010

Fahrzeugtyp	Einheit	Kleinwagen		Kompaktklasse		
		ICE	BEV [10/16 kWh]	ICE	BEV [24 kWh]	PHEV [5 kWh]
Ölwechsel u. Ölfilter	[€/km]	0,0077	-	0,009	-	0,009
Luftfilter	[€/km]	0,0013	-	0,0013	-	0,0013
Zündkerzen	[€/km]	0,0026	-	0,0026	-	0,0026
Wartungskosten E-Fhgz.	[€/km]	-	0,0064	-	0,0064	-
Wechsel Bremsflüssigkeit	[€/km]	0,0013	0,0013	0,0026	0,0013	0,0026
Wechsel Bremsbeläge	[€/km]	0,0051	0,0051	0,0077	0,0051	0,0077
Reifen inkl. Montage	[€/km]	0,0064	0,0064	0,0129	0,0064	0,0129
Wartungs- & Instandhaltungskosten	[€/km]	0,0244	0,0193	0,036	0,0193	0,036
Wartungs- & Instandhaltungserparnisse	[€/km]	-	0,0051	-	0,0167	0

Quelle: Eigene Berechnung bzw. Wietschel / Bünger (2010), S. 90ff; Baum et al. (2011), S. 9.

Seit dem 01.07.2009 richtet sich die Besteuerung von Kraftfahrzeugen für Neuzulassungen in Deutschland nach Hubraum und CO₂-Ausstoß der Fahrzeuge.⁶⁶ Für Benzin-Pkw fallen 2 Euro pro 100cm³ Hubraum an. Zusätzlich beträgt die CO₂-Komponente 2 Euro pro g/km ab einem Grenzwert von 120 g/km (Jahr 2010), der sich bis zum Jahr 2014 schrittweise auf 95 g/km reduziert. Somit ergeben sich durchschnittliche jährliche Steuerkosten des MIV der Kleinwagenklasse von 21 Euro. Für den ICE der Kompaktklasse fallen aufgrund der größeren CO₂-Belastung durchschnittlich Steuern in Höhe von 101€ pro Jahr an. BEVs sind fünf Jahre lang von der Kfz-Steuer befreit, anschließend dient das Gesamtgewicht als Maß zur Ermittlung der Abgabe. Die Steuer beträgt ab dem sechstem Jahr 45€ für Kleinwagen und

⁶⁴ Vgl. Biere et al.(2009), S. 175; Baum et al. (2011), S. 9.

⁶⁵ Vgl. Baum et al. (2011), S. 9f.

⁶⁶ Vgl. Bundesregierung (2009).

56€ pro Jahr für BEVs der Kompaktklasse. Bezogen auf die Fahrzeuglebensdauer (Annahme: 12 Jahre) belaufen sich die Kosten unter Annahme eines Gesamtgewichts von 1500 bzw. 2000kg auf durchschnittlich 26 bzw. 33€ pro Jahr. Weitere Kosten für Kfz-Steuern sind in Tabelle 5 aufgelistet:

Tabelle 5: Ermittlung der Steuerabgaben pro Fahrzeug und Jahr, Basis 2010

Fahrzeug	Einheit	Kleinwagen		Kompaktklasse		
		ICE	BEV	ICE	BEV	PHEV
Steuervariablen:						
Hubraum	[ccm ³]	698	-	1390	-	1800
CO ₂ Ausstoß	[g/km]	105	-	139	-	60
Gesamtgewicht	[kg]	-	1500	-	2000	-
Ø. Jährl. Steuer	[€]	21	26	101	33	36

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis ADAC (2011a), S10 ff, Bundesregierung (2009), Biere et al. (2009), S. 175.

4.3 Wirtschaftlichkeit und Auslastung

Ermittlung der Break-Even-Werte

Die Einzelkostenkomponenten fließen in die Berechnung der Break-Even-Fahrleistung ein. Diese gibt an, ab welcher jährlichen Kilometerleistung der Betrieb eines Elektrofahrzeugs für eine CSO wirtschaftlich rentabel ist. Hierzu werden die Anschaffungsmehrkosten abzüglich der jährlichen Steuerersparnis durch die Betriebskostenunterschiede dividiert:⁶⁷

$$\text{Break – Even – Fahrleistung} = \frac{(\Delta\text{Investitionskosten BEV} * \text{Annuitätsrate}) - \frac{\Delta\text{Kfz-Steuer}}{\text{Jahr}}}{\Delta\text{Betriebskosten pro Kilometer}}$$

Zur Berechnung der Finanzierungskosten wird ein Ratenkredit mit einem Zinssatz (r) von 8% über die gesamte Laufzeit (t) von 12 Jahren angenommen. Um die durchschnittlichen jährlichen Kosten zu bestimmen, wird eine Annuitätsrate von 13% ermittelt.⁶⁸

$$\text{Annuitätsrate } (r, t) = \frac{(r * (1 + r)^t)}{(1 + r)^t - 1}$$

Die Abschreibungsmethodik hat einen großen Einfluss auf die potenzielle Rentabilität der Fahrzeuge. In der Praxis werden die Autos im Carsharing nach ca. 4-5 Jahren mit einem

⁶⁷ Vgl. Baum et al. (2011), S. 3.

⁶⁸ Vgl. Baum / Westerkamp (2009), S. 58; Baum et al. (2011), S. 3.

Restwert weiterverkauft.⁶⁹ Im vorliegenden Fall hätte diese Praxis allerdings negative Auswirkungen, da sich die Fahrzeuge aufgrund der hohen Anschaffungskosten über lange Laufzeiten und hohe Fahrleistungen rentieren. Für die Berechnung wird daher angenommen, dass die CSOs aufgrund der veränderten Wirtschaftlichkeitsbedingungen ihre Autos über die gesamte Fahrzeuglebensdauer von 12 Jahren nutzen.

Für das Ausgangsszenario einer kurzfristigen Eingliederung der BEVs in die bestehenden Carsharingstrukturen werden Break-Even-Werte zwischen 28.718 km (BEV mit 10 kWh) und 44.116 km (BEV mit 16 kWh) pro Jahr ermittelt. Etwas unterhalb der kritischen Fahrleistungen der BEVs liegt der PHEV mit einer Mindestfahrleistung von 27.747 km/Jahr.

Tabelle 6: Ermittlung der Break-Even-Fahrleistungen nach Fahrzeugtypen im Jahr 2010

Fahrzeugtypen	Einheit	Kleinwagen		Kompaktklasse	
		BEV [10 kWh]	BEV [16 kWh]	BEV [24 kWh]	PHEV [5 kWh]
Δ Investitionskosten	[€]	8.478	13.014	19.994	7.482
Δ Betriebskosten:					
Kfz-Steuerersparnis	[€/Jahr]	6	6	68	65
Verbrauchskostensparnis	[€/km]	0,03304	0,03304	0,0586	0,0327
Wartungs- & Instandhaltungersparnisse	[€/km]	0,0051	0,0051	0,0167	0
Break-Even-Fahrleistung	[km]	28.718	44.160	33.585	27.747

Quelle: Eigene Berechnung.

Um zu überprüfen, ob die ermittelten Break-Even-Fahrleistungen im Carsharing erreicht werden können, werden die gewonnenen Daten mit durchschnittlichen Fahrleistungen im Carsharing verglichen. Durch die höhere Auslastung der Fahrzeuge kann eine höhere durchschnittliche jährliche Fahrleistung erzielt werden als bei Privatwagen. Diese variiert allerdings stark, je nach Größe der CSO und des betrachteten Marktes.⁷⁰ In der Literatur finden sich Durchschnittswerte von ca. 14.000 km bis ca. 27.000 km.⁷¹

Um eine realistische Grenze abbilden zu können, wird der Durchschnittswert von den durchschnittlichen Fahrleistungen von Privatfahrzeugen abgeleitet. Hierzu wird die Durchschnittsfahrleistung pro Fahrzeug in Deutschland mit 14.300 km/Jahr als Ausgangswert

⁶⁹ Vgl. Doll et al. (2011), S. 15.

⁷⁰ Vgl. Doll et al. (2011), S. 26f.

⁷¹ Vgl. Loose (2010), S. 34; Doll et al. (2011), S. 27.

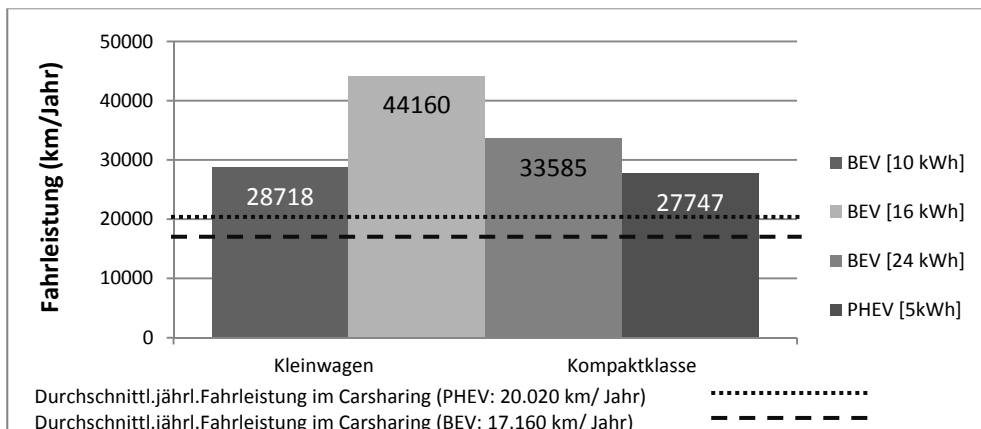
verwendet.⁷² Die durchschnittlichen Fahrleistungen im Carsharing werden im Modell in einer vorsichtigen Schätzung um 40% oberhalb der jährlichen Fahrleistungen von Privatfahrzeugen angesetzt.⁷³

Um die technischen Beschränkungen der BEVs zu berücksichtigen, wird davon ausgegangen, dass ca. 20% der Fahrleistungen der konventionellen Carsharing-Fahrzeuge durch die BEVs nicht erbracht werden können. Die entsprechende durchschnittliche Fahrleistung im Carsharing wird mit $14.300 \cdot 1,2 = 17.160$ km für BEVs berechnet, was einer Fahrleistung von ca. 47 km pro Tag entspricht. Die PHEVs unterliegen aufgrund des dualen Antriebssystems keiner Reichweitenbeschränkung. Hier liegt der angenommene jährliche Durchschnittswert der PHEV bei $14.300 \cdot 1,4 = 20.020$ km/Jahr.

Eine wirtschaftlich sinnvolle Integration von Elektrofahrzeugen kann nur stattfinden, wenn die Break-Even-Werte der E-Fahrzeuge unterhalb der durchschnittlichen Fahrleistungen im Carsharing liegen. Unter den Bedingungen von 2010 können jedoch die kritischen Fahrleistungen nicht erreicht werden, sodass unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Anschaffung von Elektrofahrzeugen zumindest kurzfristig nicht rentabel ist (Abb. 5).

Vor allem die Anschaffung der BEVs mit großen Batterien (16 und 24 kWh) ist aufgrund der hohen Investitionsmehrkosten nicht sinnvoll. Im Modell haben die PHEVs die günstigsten Voraussetzungen mit einer ermittelten jährlichen Break-Even-Fahrleistung von rund 27.750 km. Allerdings liegen selbst diese deutlich oberhalb der errechneten Durchschnittsfahrleistung im Carsharing von 20.020 km.

Abbildung 5: Break-Even-Fahrleistungen nach Fahrzeugarten zum Basisjahr 2010



Quelle: Eigene Berechnung.

⁷² Vgl. BMVBS (2009), S. 164.

⁷³ Vgl. Heafeli et al. (2006), S. XXI.

Insgesamt ist zu berücksichtigen, dass eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Integration auch durch Anhebung der Tarife für die Elektrofahrzeuge im Carsharing erreicht werden kann. Vor dem Hintergrund der hohen Preissensibilität der Kunden (Kapitel 4.3.2.) und des zu erwartenden deutlichen Nachfragerückgangs wird diese Möglichkeit hier nicht betrachtet.

4.4 Modellierung der Zukunftsszenarien

Ob und inwiefern eine wirtschaftlich sinnvolle Integration von Elektrofahrzeugen in bestehende Carsharing Systeme mittelfristig wirtschaftlich ist, wird im Wesentlichen von drei Faktoren beeinflusst:

- Preisentwicklung für Energiespeicher
- Benzinpreisentwicklung
- Potenzielle Subventionen für Elektrofahrzeuge

Preisentwicklung für Energiespeicher

Im Modell werden Herstellungskosten für Lithium Ionen Batterien von 700€ pro kWh veranschlagt. Abhängig von realisierbaren Lern- und Skaleneffekten sind Preisreduktionen zwischen 6% und 10% pro Jahr möglich.⁷⁴ Preisentwicklungen der Energiespeicher zu den Zeitpunkten 2015 und 2020 sind in Tabelle 7 dargestellt:

Tabelle 7: Batteriekosten in Abhängigkeit der jährl. Kostenreduktion

Preisreduktion p. a.	Einheit	2010	2015	2020
6%	[€/kWh]	700,00	513,73	377,03
8%	[€/kWh]	700,00	461,36	304,07
10%	[€/kWh]	700,00	413,34	244,07

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis Baum et al. (2011), S. 6. OEM-Preise.

Benzinpreisentwicklung

Die Entwicklung der Benzinpreise ist stark an die Entwicklung des Rohölpreises gekoppelt.⁷⁵ Da dieser jedoch im hohen Maße von Dollarkurs, Nachfragesituation und Spekulation beeinflusst wird, lässt sich auch der Benzinpreis nur unsicher prognostizieren. Im Jahr 2010 lag der durchschnittliche Rohölpreis bei 80 US Dollar pro Barrel (64€/Barrel).⁷⁶ Im Jahr 2020 sind Maximalwerte von bis zu 130 Dollar je Barrel möglich.⁷⁷ Die Prognosen des Benzinpreises orientieren sich an Rohölpreisprognosen für die Zeitpunkte 2015 und 2020.⁷⁸ Die Benzinpreise beinhalten einen Ökosteuer-Anteil von 10,1% und einen Anteil von

⁷⁴ Vgl. Baum et al. (2011), S. 9.

⁷⁵ Vgl. McKinsey (2011), S. 58.

⁷⁶ Vgl. Tecson (2011), 1 US\$= 0,8 €.

⁷⁷ Vgl. IEA (2009), S. 64f.

⁷⁸ Vgl. Ebd.

49,2% für Mehrwertsteuer, Energiesteuer und den Beitrag für den Erdölbevorratungsverband (EBV).⁷⁹ Die möglichen Entwicklungen für die Rohöl- und Benzinpreise sind in Tabelle 8 dargestellt:

Tabelle 8: Rohöl- und Benzinpreisentwicklung für die Jahre 2010, 2015 und 2020

	Einheit	2010	Preissteigerung	2015	2020
Rohölpreis	[\$/Barrel]	80	Gering	88	98
			Moderat	95	114
			Hoch	102	130
Benzinpreis	[€/l]	1,41	Gering	1,56	1,72
			Moderat	1,65	1,94
			Hoch	1,74	2,16

Quelle: Eigene Berechnungen bzw. ADAC (2011b); TECSON (2011); IEA (2009);
1 US\$=0,8 €.

Potenzielle Subventionen für BEV

Im internationalen Vergleich sind Anschaffungssubventionen sowie Steuererleichterungen für Elektrofahrzeuge nicht ungewöhnlich. In den USA sind bei Anschaffung eines BEV Steuererleichterungen von bis zu 7500 Dollar möglich, China fördert den Kauf von BEVs direkt mit bis zu 5000 Dollar. Auch europäische Staaten wie z.B. Frankreich (bis zu 5000€), Spanien (bis zu 6000€) und Großbritannien (bis zu 4500€) fördern die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs.⁸⁰ Bisher wird der Kauf von Elektrofahrzeugen in Deutschland nicht staatlich subventioniert. Im Rahmen der Leitmarktpolitik der Bundesregierung ist die Möglichkeit von Kaufanreizen jedoch nicht auszuschließen und wird daher im Rahmen der Zukunftsszenarien berücksichtigt. Hierzu wird eine moderate Anschaffungsprämie in Höhe von 3000€ pro BEV betrachtet. Mit Subventionen für PHEVs wird im Modell nicht gerechnet.

Um eine Abschätzung für die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität im Carsharing abbilden zu können, werden auf der Grundlage der Prognosen für die Variablen Batteriepreis, Benzinpreis, und Subventionshöhe vier mögliche Zukunftsszenarien entwickelt. Diese bilden die Basis für die Wirtschaftlichkeits- und Nutzen-Kosten-Abwägung für die Jahre 2015 und 2020.

- Das „Best-case-Szenario“ bietet die günstigsten Entwicklungsvoraussetzungen für die Einführung der Elektrofahrzeuge. Ausgehend von hohen Batteriepreisen und hohen Benzinpreissteigerungen verbessert sich die wirtschaftliche Bilanz der Fahrzeuge in 2015 und 2020 deutlich im Vergleich zum Jahr 2010. Von einer

⁷⁹ Vgl. Aral (2011).

⁸⁰ Vgl. BMBF (2009), S. 14f; Buller et al. (2009), S. 7.

Subventionierung wird angesichts der günstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nicht ausgegangen.

- „Basisszenario A“ und „Basisszenario B“ bilden den wahrscheinlichsten Fall der möglichen Zukunftsentwicklung ab. Sie beinhalten Batteriepreissenkungen von durchschnittlich 8% pro Jahr sowie eine moderate Steigerung der Rohöl- bzw. Benzinpreise. Der Unterschied beider Szenarien ist die Annahme einer 3000€ Anschaffungsprämie für batterieelektrische Fahrzeuge in Basisszenario B.
- Das „Worst-Case-Szenario“ beschreibt die ungünstigsten Rahmenbedingungen für die Einführung von Elektrofahrzeugen. Als Parameter dienen Batteriepreissenkungen von durchschnittlich 6% pro Jahr, moderate Benzinpreissteigerungen und keine Subventionierung der Elektromobilität. Abb. 6 zeigt die Szenarien im Überblick:

Abbildung 6: Zukunftsszenarien möglicher Batterie- und Benzinpreisentwicklung sowie BEV-Subventionen

<p>Best-Case-Szenario</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Batteriepreissenkungen (-10% p.a.) ▪ Hohe Rohöl- bzw. Benzinpreissteigerung ▪ Keine Subvention 	<p>Basisszenario A</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Moderate Batteriepreissenkungen (-8% p.a.) ▪ Moderate Rohöl bzw. Benzinpreissteigerung ▪ Keine Subventionen
<p>Basisszenario B</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Moderate Batteriepreissenkungen (-8% p.a.) ▪ Moderate Rohöl- bzw. Benzinpreissteigerung ▪ Subvention (3.000 € pro BEV) 	<p>Worst-Case-Szenario</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Batteriepreissenkungen (-6% p.a.) ▪ Geringe Rohöl- bzw. Benzinpreissteigerung ▪ Keine Subventionen

Quelle: Eigene Darstellung.

Szenariounabhängig werden, abseits der Batteriepreise, für die Jahre 2015 und 2020 fallende Komponentenpreise für die Einzelteile der Elektromobile angenommen.⁸¹ Durch Effizienzsteigerung und Skaleneffekte werden hohe Preisreduktionen von bis zu 80% bis 2020 erwartet, allerdings sind diese mit hohen Prognoserisiken verbunden.⁸² Im Berechnungsmodell wird daher eine moderate Preisreduktion von 7,5% bis 2015 und 15% bis 2020 einkalkuliert. Weiterhin erhöhen sich die Steuerkosten für die ICE aufgrund der CO₂-abhängigen Steuer. So steigt die Kfz-Steuer für Kleinwagen von durchschnittlich 20€ auf 24€ pro Jahr, die Steuer für den Kompaktklasse-ICE steigt von 101 auf 116€ im Jahr 2020.

⁸¹ Vgl. Wietschel / Bünger (2010), S. 91.

⁸² Vgl. McKinsey (2011), S. 5 bzw. S. 35.

Des Weiteren stehen die steigenden Benzinpreise der Zukunftsszenarien einer durch Gewichtsreduktion, Downsizing und Verbrennungsoptimierung angenommenen Verbrauchsminderung der ICEs gegenüber.⁸³ Im Modell werden eine Verbrauchsreduktion von 7% im Jahr 2015 und 15% im Jahr 2020 berücksichtigt. Aufgrund des höheren Anteils erneuerbarer Energien und der Abschaltung von Atomkraftwerken wird weiterhin eine Steigerung des Strompreises bis 2020 erwartet. Dem gegenüber stehen allerdings sinkende Verbrauchskosten der Elektrofahrzeuge aufgrund von Effizienzsteigerung und Gewichtsreduktion. Im Modell werden die Strompreise daher vereinfachend als konstant zum Preis von 0,22€/kWh angenommen.

4.5 Wirtschaftlichkeit und Auslastung in den Jahren 2015 und 2020

Mittelfristig verbessert sich die Bilanz der Elektrofahrzeuge. Sinkende Batterie- und Komponentenpreise sowie der anhaltende Benzinpreisanstieg beeinflussen die Wirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge positiv (Abb. 7).

Im Best-Case-Szenario kann bis zum Jahr 2015 mit einer Nettopreissenkung für Energiespeicher auf ca. 440€ pro kWh sowie einer Benzinpreissteigerung auf 1,74€ pro Liter gerechnet werden. In diesem Fall liegen die BEVs mit 10 kWh-Batterie sowie der PHEV schon im Jahr 2015 im Bereich der betriebswirtschaftlich sinnvollen Investition. Für 2020 setzt sich der Trend fort, sodass ab diesem Zeitpunkt alle Fahrzeuge günstiger sind, als die betrachteten Referenzfahrzeuge.

In Basisszenario A und B wird von einer moderaten Batteriepreissenkung von durchschnittlich 8% pro Jahr, sowie einem Benzinpreisanstieg auf 1,65€/l im Jahr 2015 sowie 2,16€/l im Jahr 2020 ausgegangen. Der Unterschied beider Szenarien ist die Auswirkung der Anschaffungsprämie von 3.000€ für die BEVs. Im Fall ohne Subvention (Basisszenario A) lohnt sich 2015 noch kein BEV. Lediglich der von der Subvention ausgeschlossene PHEV erweist sich bereits 2015 als rentabel. In Basisszenario B ist der 10-kWh-BEV bereits im Jahr 2015 wirtschaftlich rentabel.

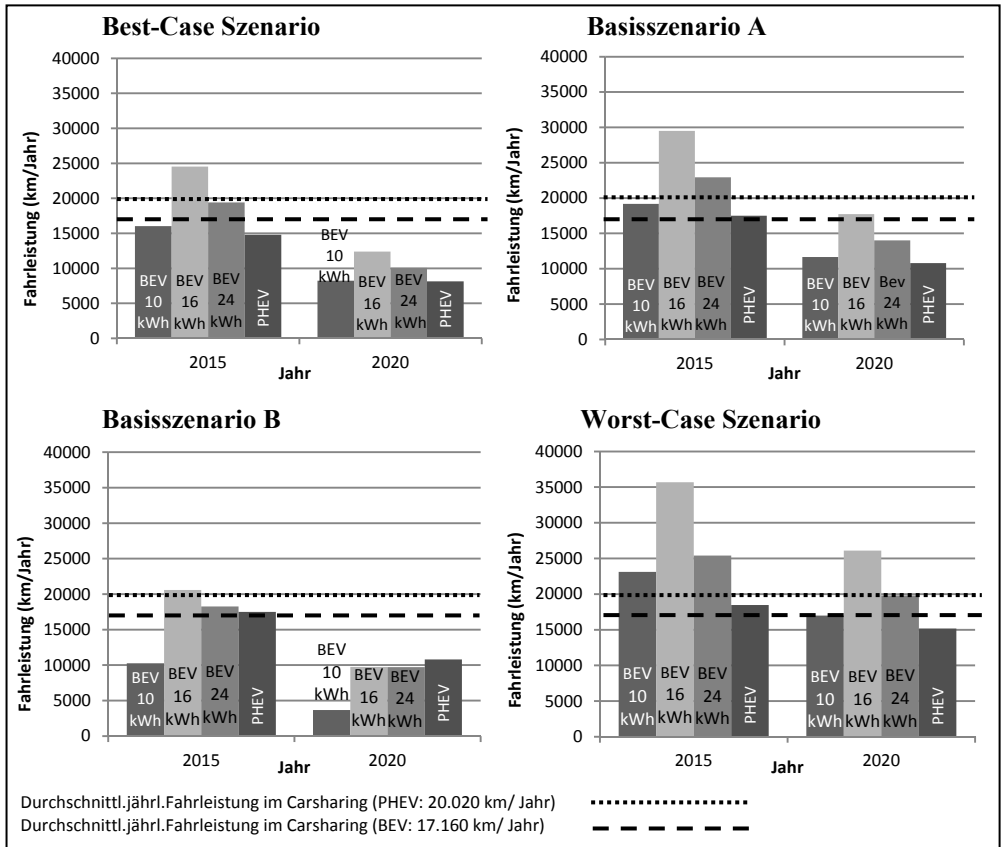
Im Jahr 2020 ist sowohl die Anschaffung der meisten BEVs als auch des betrachteten PHEV in beiden Szenarien sinnvoll. Lediglich der Klein-BEV[16kWh] kommt aufgrund der hohen Anschaffungskosten in der Kleinwagenklasse und der geringeren Betriebskostensparnisse ohne Subvention nicht in den lohnenswerten Bereich.

Im Worst-Case-Szenario kann für die meisten BEVs weder 2015, noch 2020 ein betriebswirtschaftlich rentables Ergebnis erreicht werden. In diesem Fall lohnt es sich nicht, herkömmliche Fahrzeuge durch die Elektrofahrzeuge zu ersetzen, da die nötigen Break-Even-Fahrleistungen deutlich über den Durchschnittsfahrleistungen im Carsharing liegen, und damit nicht erreicht werden. Lediglich der 10-kWh-BEV liegt in den Berechnungen zum Jahr 2020 knapp unterhalb des gesetzten Grenzwertes von 17.160 km/Jahr und somit im

⁸³ Vgl. Baum / Westerkamp (2009), S. 32.

wirtschaftlichen Bereich. Auch der PHEV zeigt sich selbst im Fall einer ungünstigen Entwicklung der Parameter Benzin- und Batteriepreis im Jahr 2020 in der Kompaktklasse als deutlich rentabel (Abb. 7, Worst-Case-Szenario).

Abbildung 7: Break-Even Fahrleistungen und durchschnittl. Fahrleistungen



Quelle: Eigene Berechnungen.

5. Gesamtwirtschaftliche Bewertung

Die gesamtwirtschaftliche Bewertung befasst sich im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Abwägung mit dem potenziellen Effekt einer elektrifizierten Carsharing-Flotte. Hierbei ist zu beachten, dass nicht die Gesamtwirkung von Carsharing und Elektromobilität Ziel der Analyse ist, sondern lediglich der Mehrnutzen oder die Mehrkosten des Einsatzes der Elektrofahrzeuge im Vergleich zu konventionellen Antriebsarten.

Der Nutzen-Kosten-Vergleich ist ein gesamtwirtschaftliches Bewertungsinstrument, das feststellen soll, ob einem potenziellen Ressourcenverbrauch in der Volkswirtschaft ein äquivalenter Nutzen gegenübersteht. Im behandelten Fall werden die Zusatzkosten für die Integration der Elektrofahrzeuge dem potenziellen Mehrnutzen für die Volkswirtschaft gegenübergestellt. Ein Investitionsprojekt ist gesamtwirtschaftlich sinnvoll, wenn das Nutzen-Kosten-Verhältnis größer 1 ist. Die Berechnung erfolgt vereinfacht nach folgender Formel:

$$\text{Nutzen} - \text{Kosten} - \text{Verhältnis} = \frac{\text{Zusatznutzen}}{\text{Mehrkosten}}$$

Die Kosten ergeben sich hierbei, ähnlich zu der betriebswirtschaftlichen Bewertung, durch die Mehrkosten der elektrischen Bauteile und der nötigen Infrastrukturinvestitionen. Der Nutzen ergibt sich aus der positiven Umweltbilanz der elektrischen Fahrzeuge sowie aus den Betriebskostensparnissen. Im Unterschied zur betriebswirtschaftlichen Bewertung werden in der Nutzen-Kosten-Abwägung lediglich Nettokosten berücksichtigt. Hierzu werden Steueranteile von den Kostensätzen der betriebswirtschaftlichen Berechnung abgezogen.

Die Subventionierung der BEV wird vorerst außen vor gelassen. Sie kann nicht direkt in die Bewertung mit einfließen, da sie, ähnlich zur Steuer, keinen direkten volkswirtschaftlichen Einfluss hat, sondern eine Transferzahlung zwischen Staat und Carsharing-Organisationen darstellt. Der Einfluss der Subvention wird daher in einem gesonderten Abschnitt begutachtet.

Die Bewertung erfolgt grundsätzlich in 3 Schritten:

- In einem ersten Schritt werden Nutzen und Kosten der Elektrofahrzeuge ermittelt.
- Anschließend wird unter Annahme der durchschnittlichen Fahrleistung im Carsharing das Nutzen-Kosten-Verhältnis pro Fahrzeug festgestellt und bewertet.
- Mit Hilfe des Nutzen-Kosten-Verhältnisses wird abschließend abgewogen, ob und unter welchen Bedingungen die Investitionen in eine teilweise elektrifizierte Carsharing-Fahrzeugflotte gesamtwirtschaftlich sinnvoll sind.

Da eine dauerhafte betriebswirtschaftliche Rentabilität, abseits von Pilot- und Förderprojekten, die Grundvoraussetzung für die Realisierung der Integration ist, werden nur die Szenarien betrachtet, die sich in der Prüfung als wirtschaftlich sinnvoll herausgestellt haben.

Kurzfristig betrachtet liegen die Vollkosten der Elektrofahrzeuge jedoch deutlich oberhalb der Kosten der konventionellen Fahrzeuge. Auch die Subventionierung der BEVs vor dem Jahr 2015 ist unwahrscheinlich. Daher werden im Folgenden nur die Szenarien „Best-Case“, „Basisszenario A“ sowie „Basisszenario B“ zu den Zeitpunkten 2015 und 2020 untersucht.

5.1 Kosten und Nutzen von Elektrofahrzeugen im Best-Case-Szenario

Der gesamtwirtschaftliche Nettoeffekt wird durch die Substitution der benzinbetriebenen Fahrzeuge durch die Elektrofahrzeuge erzielt. Die Nettokosten der Mehrinvestitionen für Bauteile, Batterie und Infrastruktur stehen dem positiven Nutzen durch die eingesparten Betriebskosten sowie den verminderten Umweltbelastungen der E-Fahrzeuge gegenüber. Um diese zu quantifizieren, wird zunächst der gesamtwirtschaftliche Nutzen der Fahrzeuge ermittelt und anschließend den Netto-Investitionskosten gegenübergestellt. Dies erfolgt hier zunächst exemplarisch am Beispiel des Best-Case-Szenarios im Jahr 2020.

Volkswirtschaftlicher Nutzen der Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 – Best-Case

Der potenzielle Nutzen der BEVs und PHEVs ergibt sich aus den eingesparten Kraftstoffkosten, sowie den Umweltentlastungen durch reduzierte CO₂-, Schadstoff- und Lärmemissionen.

Für die Berechnung der Netto-Kraftstoffkosten und der Netto-Stromkosten werden die jeweiligen Steueranteile subtrahiert. Die relativen Steueranteile der beiden Komponenten entsprechen in der Berechnung bis 2020 den heute üblichen Steuersätzen. Der Steueranteil am Strompreis beträgt ca. 40%, der Steueranteil von Benzin ca. 60%.⁸⁴ Abzüglich der Steuerkomponenten ergibt sich ein Netto-Strompreis von 0,12€/kWh. Dieser wird bis zum Jahr 2020 als konstant angenommen, da zum Einen der Strompreis stabiler ist als der Benzinpreis, und zum Anderen eventuelle Strompreissteigerungen von Effizienzsteigerungen der Elektromotoren und voranschreitender Leichtbauweise kompensiert werden.

Der Netto-Kraftstoffpreis beträgt im Best-Case-Szenario 0,864€/l für 2020. Die Verbrauchskosten werden über den Durchschnittsverbrauch der Fahrzeuge ermittelt. Zur Ermittlung der Verschleiß- und Wartungskosten werden die Kostensätze der betriebswirtschaftlichen Rechnung übernommen und mehrwertsteuerbereinigt.

⁸⁴ Vgl. Aral (2011).

Tabelle 9: Netto-Betriebskostenunterschiede nach Fahrzeugtypen im Jahr 2020 im Best-Case-Szenario

Fahrzeug	Einheit	Kleinwagen			Kompaktklasse		
		ICE	BEV	BEV	ICE	BEV	PHEV
Batteriegröße	[kWh]	-	10	16	-	24	5
Verbrauchskosten							
Benzinpreis	[€/l]	0,864	-	-	0,864	-	0,864
Strompreis	[€/kWh]	-	0,12	0,12	-	0,12	0,12
Verbrauch	[pro km]	0,04451	0,135 kWh	0,135 kWh	0,04451	0,15 kWh	0,0341 zzzgl. 0,05 kWh
Σ Verbrauchskosten	[€/km]	0,0327	0,0162	0,0162	0,0477	0,018	0,0354
Δ Verbrauchskosten	[€/km]	-	0,0165	0,0165	-	0,0297	0,0124
Σ Verschleiß&Wartung	[€/km]	0,019	0,015	0,015	0,028	0,015	0,028
Δ Verschleiß&Wartung	[€/km]	-	0,004	0,004	-	0,013	0
Δ Betriebskosten	[€/km]	-	0,0205	0,0205	-	0,0427	0,0124

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis Wietschel et al. (2010), S. 90 ff; ADAC (2011b); Aral (2011).

Die Berechnung der Umweltkosten erfolgt szenariounabhängig. Ein wichtiger Faktor für die Ermittlung der Umweltkosten ist die Umweltbilanzierung des Fahrzeugstroms. Wird der genutzte Strom zu 100% aus regenerativen Quellen bezogen, können die Elektrofahrzeuge umweltkostenneutral, d.h. ohne die Emission lokaler und globaler Schadstoffe betrieben werden. Hierzu ist allerdings eine klare Zurechenbarkeit des Stroms für die Fahrzeuge nötig.⁸⁵ I.d.R. ist jedoch davon auszugehen, dass die Fahrzeuge aus dem normalen Energienetz gespeist werden. Eine Allokation, in der gerade den Elektrofahrzeugen der Ökostrom am Gesamt-Energiemix zugerechnet wird, ist daher für die gesamtwirtschaftliche Bilanzierung nicht anwendbar. Die Bilanzierung des Stroms richtet sich somit am Gesamt-Energiemix, sodass für das Jahr 2010 ein CO₂-Ausstoß von 590g CO₂/kWh angesetzt wird.⁸⁶ Bis zum Jahr 2020 wird sich der Anteil erneuerbarer Energien erhöhen. Im Modell wird von einer Reduktion des CO₂-Ausstoßes auf 330g CO₂/kWh bis 2020 ausgegangen.⁸⁷

Die Berechnung der CO₂-Kosten orientiert sich an den Kostensätzen des Umweltbundesamtes. Als Kosten pro emittierte Tonne CO₂ werden 70€ berechnet (Basisjahr 2007).⁸⁸ Unter Berücksichtigung von 2% jährlicher Inflation liegen die Kosten für die Jahre 2015

⁸⁵ z.B. durch lokal installierte Solar- oder Windkraftanlagen.

⁸⁶ Vgl. ADAC (2011a), S. 13ff.

⁸⁷ Vgl. Baum et al. (2011), S. 17f.

⁸⁸ Vgl. UBA (2005); UBA (2007), S. 69.

bei 82€ und 2020 bei 92€ pro Tonne. Bei einem Verbrauch von 0,135 kWh (Kleinwagen-BEV) bzw. 0,15 kWh (Kompakt-BEV) pro Kilometer ergeben sich somit durchschnittliche CO₂-Kosten für BEVs von 0,0037€ bzw. 0,0041€ pro Kilometer im Jahr 2020.

Der CO₂-Ausstoß des PHEV wird über den durchschnittlichen Verbrauch von 3,4l und 5 kWh auf 100 km modelliert, sodass die CO₂-Kosten 0,0077 €/km im Jahr 2020 betragen. Die Kosten für Lärm und Luftverschmutzung des PHEV werden entsprechend des durchschnittlichen Anteils von Batterie- und Benzinbetrieb auf einer Strecke von 100 km berechnet (Batteriebetrieb: 20%, Benzinbetrieb: 80%). In dieser vereinfachenden Rechnung werden die Kosten daher auf 80% der Kosten der Kleinwagen-ICEs geschätzt. Aufgrund des hohen Anteils von Carsharing-Fahrten unterhalb von 100 km liegen die realen Umweltkosten der PHEV wahrscheinlich jedoch eher unterhalb der berechneten Kosten.

Weitere Umweltkosten entstehen den Fahrzeugen durch Schadstoffausstoß, sowie Lärmemissionen. Die Kosten für Schadstoffe, die z.B. durch den Ausstoß von Stickstoffmonoxid (NO), Schwefeldioxid (SO₂) und Feinstaub entstehen, werden für die Basis 2010 auf 0,0012€/km geschätzt und betragen, fortgeschrieben für das Jahr 2020, 0,0015€/km für ICEs.⁸⁹ Die Lärmkosten werden mit 0,0023€/km zum Basisjahr 2004 berechnet, sodass sich für das Jahr 2020 fortgeschrieben ein Wert von 0,003€/km ergibt.⁹⁰ Ähnlich zur Berechnung der CO₂-Kosten werden auch die Schadstoff- und Lärmkosten der PHEVs mit 80% des Wertes der ICEs angesetzt, da diese Schadstoffe nur bei Betrieb des Verbrennungsmotors entstehen.

Tabelle 10: Umweltkosten nach Fahrzeugtypen im Jahr 2020

Fahrzeug	Einheit	Kleinwagen			Kompaktklasse		
		ICE	BEV [10kWh]	BEV [16kWh]	ICE	BEV [24 kWh]	PHEV [5 kWh]
CO ₂ -Emissionen	[g/km]	105	40,5	40,5	139	45	77
CO ₂ -Kosten	[€/t]	92			92		
	[€/km]	0,0097	0,0037	0,0037	0,0128	0,0041	0,0071
Luftverschmutzung	[€/km]	0,0015	-	-	0,0015	-	0,0012
Lärmkosten	[€/km]	0,0030	-	-	0,0030	-	0,0024
Σ Umweltkosten	[€/km]	0,0142	0,0037	0,0037	0,0173	0,0041	0,0107
Δ Umweltkosten	[€/km]	-	0,0104	0,0104	-	0,0132	0,0066

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis UBA (2005), UBA (2007), S. 49 bzw. Baum et al. (2011), Berechnung szenariounabhängig.

Nettokosten der Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 – Best-Case-Szenario

Die Netto-Investitionskosten ergeben sich aus der Summe der OEM-Batteriepreise, der Infrastrukturinvestitionen, sowie der Ersparnisse durch den elektrifizierten Antrieb. Für die

⁸⁹ Vgl. Baum et al. (2011), S. 19; UBA (2005).

⁹⁰ Vgl. Baum et al. (2011), S. 19.

Batteriekosten im Jahr 2020 wird im Best-Case-Szenario ein Nettopreis von 513,73€ pro kWh berechnet (Tabelle 11). Um die jährlichen Kosten auf gesamtwirtschaftlicher Ebene zu bestimmen, wird die Annuitätsrate angepasst. Der übliche Diskontfaktor in Deutschland beträgt 3%, die Annuitätsrate ($r=0,03$, $t=12$) beträgt dementsprechend 0,100462.⁹¹ Tabelle 11 zeigt eine Übersicht der Investitionsmehrkosten für Elektrofahrzeuge im Vergleich zu den Referenzfahrzeugen ihrer Klasse:

Tabelle 11: Netto-Investitionskostenunterschiede nach Fahrzeugtypen im Jahr 2020 – Best-Case

Fahrzeugtyp	Einheit	Kleinwagen		Kompaktklasse	
		BEV [10 kWh]	BEV [16 kWh]	BEV [24 kWh]	PHEV [5 kWh]
Batteriekosten	[€/Fhrzg]	2.441	3.905	5.858	1.220
sonstige Investitionskosten	[€/Fhrzg]	971	971	1.682	3.055
$\Sigma \Delta$ Investitionskosten	[€/Fhrzg]	3.411	4.875	7.540	4.275
Δ Investitionskosten/Jahr	[€/Fhrzg]	343	490	757	430

Quelle: Eigene Berechnung bzw. Wietschel / Bünger (2010); Baum et al. (2011); Batteriepreis: 244 €/kWh, Annuitätsrate: 0,100462.

5.2 Nutzen-Kosten-Abwägung für Carsharing mit Elektrofahrzeugen

In der vorliegenden Modellrechnung werden Durchschnittswerte verwendet. Die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs lohnt sich, sobald die durchschnittliche Fahrleistung durch die Break-Even-Fahrleistung unterschritten wird. Die durchschnittlichen jährlichen Fahrleistungen ergeben sich aus den berechneten Durchschnittsfahrleistungen im Carsharing. Für die BEV werden 17.160 km, für den PHEV 20.020 km angesetzt (siehe Kapitel 4.4).

Der Nutzensgewinn aus Betriebs- und Umweltkostenersparnissen wird aus den errechneten Kostenunterschieden (Tabelle 9 bzw. Tabelle 10) entnommen und durch die jährlichen Investitionskosten (Annuitätsrate: 0,100462) geteilt. Mit Hilfe der getroffenen Annahmen lässt sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis pro Fahrzeug nach folgender Formel berechnen:

$$NKV = \frac{\text{Fahrleistung} \left(\frac{\text{km}}{\text{Jahr}} \right) * (\Delta \text{ Betriebskosten} \left(\frac{\text{€}}{\text{km}} \right) + \Delta \text{ Umweltkosten} \left(\frac{\text{€}}{\text{km}} \right))}{\text{Annuitätsrate} * (\Delta \text{ Investitionskosten} (\text{€}))}$$

Im „Best-Case-Szenario“ für 2020 ergeben sich für alle betrachteten BEV NKV-Werte über 1, sodass in diesem Fall jedes gekaufte BEV einen positiven Effekt für die Gesamtwirtschaft erzielt. Das BEV mit einer Batteriekapazität von 10 kWh erzielt mit einem Nutzen-

⁹¹ Vgl. Baum / Westerkamp (2009), S.41.

Kosten-Verhältnis von 1,55 das beste Ergebnis. Dies bedeutet, dass jedem Euro Mehrkosten ein zusätzlicher Nutzen in Höhe von 1,55€ gegenübersteht.

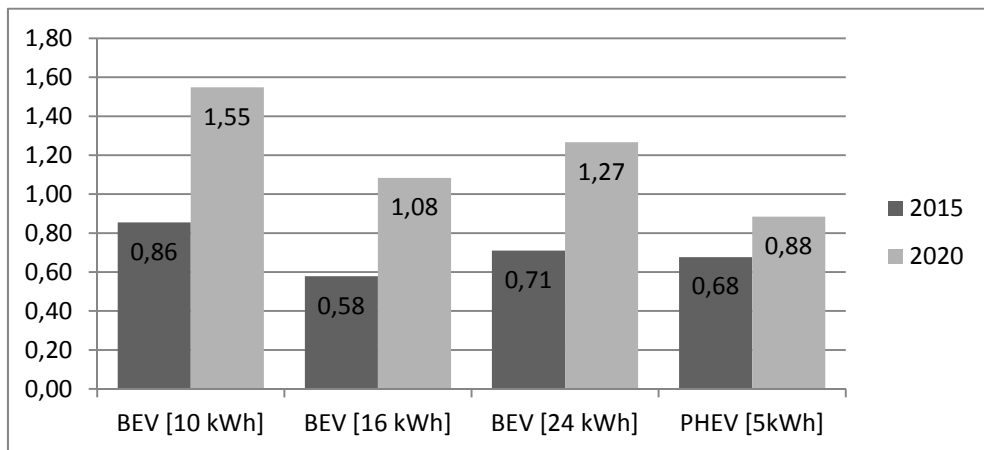
Der Einsatz von PHEVs ist aufgrund der eingeschränkten Betriebs- und Umweltkostensparnisse unter den bestehenden Voraussetzungen zum Jahr 2020 nicht sinnvoll. Tabelle 12 zeigt die Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses pro Fahrzeug zum Zeitpunkt 2020 im Best-Case-Szenario:

Tabelle 12: Nutzen-Kosten-Verhältnis pro Fahrzeug nach Fahrzeugarten im Jahr 2020 im Best-Case Szenario

	Einheit	Kleinwagen		Kompaktklasse	
		BEV [10 kWh]	BEV [16 kWh]	BEV [24 kWh]	PHEV [5 kWh]
Nutzenkomponenten					
Eingesparte Betriebskosten	[€/Jahr]	351	351	733	247
Eingesparte Umweltkosten	[€/Jahr]	179	179	226	132
Kostenkomponente					
Investitionsmehrkosten	[€/Jahr]	343	490	757	430
Nutzen-Kosten-Verhältnis	[€/Fhrzg]	1,55	1,08	1,27	0,88

Quelle: Eigene Berechnung (Jahresfahrleistung 17.160 km (BEV), 20.020 (PHEV), keine Subventionierung).

Abbildung 8: Nutzen-Kosten-Verhältnis im Best-Case-Szenario 2015 und 2020



Quelle: Eigene Darstellung.

Alternative Zukunftsszenarien

Im Jahr 2015 kann ohne Subvention in keinem Szenario ein NKV-Wert über 1 erreicht werden. Die Einführung von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Organisationen ist folglich unter den getroffenen Annahmen zum Zeitpunkt 2015 nicht sinnvoll (Tabelle 13).

Im Jahr 2020 erreicht der 10kWh-BEV, neben dem Best-Case-Szenario, auch im Basisszenario eine positive Kosten-Nutzen-Bilanz. Im Kleinwagensegment erweist er sich als gesamtwirtschaftlich sinnvoll mit einem Wert von 1,18. In der Kompaktklasse ist dagegen weder der 24-kWh BEV noch der PHEV lohnenswert.

Die Subvention der BEVs in Basisszenario B hat durchaus positive Auswirkungen auf die NKV-Bilanz, da Subventionen sich positiv auf die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen auswirken und die damit verbundenen gesamtwirtschaftlichen positiven Effekte schneller wirksam werden. Die Subvention hebt die NKV-Bilanz der Fahrzeuge deutlich. Der 10kWh-BEV erreicht sogar einen Wert von 4,69 im Vergleich zu einem NKV von 1,18 im Basisszenario A ohne Subvention. Jedoch muss beachtet werden, dass die Subventionen aufgrund des Verteilungsaspekts, ähnlich zu den Steuern, nicht als Kosten in die Nutzen-Kosten Rechnung einbezogen werden.⁹² Im Fall einer Subvention ist schon im Jahr 2015 die Einführung von 10kWh-BEVs in CSOs sinnvoll. Im Jahr 2020 lohnen sich alle BEVs. Da die PHEVs von der Subventionierung ausgeschlossen sind, kommt es zu keiner Veränderung im Vergleich zu Basisszenario A. Im Worst-Case-Szenario übersteigen die Kosten den zu erwartenden Nutzen deutlich. In diesem Fall ist keines der Fahrzeuge zu den Zeitpunkten 2015 und 2020 sinnvoll. Die Nutzen-Kosten-Werte der Zukunftsszenarien sind in Tabelle 13 dargestellt:

Tabelle 13: Nutzen-Kosten-Verhältnisse nach Fahrzeugarten

Fahrzeugtyp	Zeitpunkt	Kleinwagen		Kompaktklasse	
		BEV [10 kWh]	BEV [16 kWh]	BEV [24 kWh]	PHEV [5kWh]
Best-Case-Szenario	2015	0,86	0,58	0,71	0,68
	2020	1,55	1,08	1,27	0,88
Basisszenario A	2015	0,74	0,50	0,62	0,61
	2020	1,18	0,81	0,97	0,75
Basisszenario B inkl. 3000€ Subventionen	2015	1,57	0,77	0,81	0,61
	2020	4,69	1,67	1,46	0,75
Worst-Case- Szenario	2015	0,63	0,42	0,54	0,55
	2020	0,87	0,59	0,73	0,61

Quelle: Eigene Berechnungen.

⁹² Vgl. Baum et al. (2011), S. 27.

In der Gesamtbetrachtung fällt die deutliche Diskrepanz zwischen betriebswirtschaftlicher Rentabilität und volkswirtschaftlicher Nutzen-Kosten-Bilanz auf. Besonders die PHEVs zeigen deutlich unterschiedliche Ergebnisse. Während im betriebswirtschaftlichen Kontext die Investition in PHEVs sogar im Worst-Case im Jahr 2020 sinnvoll ist, kann in der volkswirtschaftlichen Betrachtung selbst im Best-Case-Szenario keine positive Bilanz erzielt werden. Dies hat mehrere Gründe:

- Der Wegfall von Steuervorteilen in der gesamtwirtschaftlichen Bewertung führt zu einer Veränderung des Ergebnisses. Die unterschiedliche Besteuerung der Komponenten Benzinpreis (ca. 60% Steueranteil) und Strompreis (ca. 40% Steueranteil) sowie der Wegfall der Kfz-Steuer mindern die Vorteile der PHEVs gegenüber den Referenzfahrzeugen in der volkswirtschaftlichen Betrachtung.
- Zusätzlich werden in der gesamtwirtschaftlichen Analyse auch externe Effekte berücksichtigt. Die Kosten für Klima- und Schadstoffbelastung sowie für Lärmemissionen des PHEV sind zwar unterhalb der Kosten der Referenzfahrzeuge, dennoch übersteigt der Nutzen selbst bei hoher Fahrleistung von 20.020 km/Jahr nicht die hohen Netto-Investitionskosten.
- Der elektrische Anteil an der Gesamtfahrleistung wurde mit 20% im Modell bewusst konservativ gewählt, da angenommen wird, dass die PHEVs insbesondere auf längeren Strecken und Autobahnfahrten genutzt werden. Berücksichtigt man jedoch einen höheren elektrischen Fahranteil, ist eine deutliche Verbesserung der NKV-Bilanz zu erwarten.

5.3 Wirkung von Subventionen

Das Ziel von Anschaffungsprämien für die Elektromobilität ist die Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der BEVs. Durch Kaufanreize soll der Anschaffungspreis künstlich gesenkt und der Absatz von BEVs verstärkt werden. In Basisszenario B senkt die Anschaffungsprämie von 3.000€ die Investitionskosten der Fahrzeuge und führt somit zu einer Senkung der Break-Even-Fahrleistung. Im konkreten Fall lohnt sich durch die Prämie schon im Jahr 2015 die Anschaffung eines 10kWh-BEV (siehe Abb.7, Szenario B). In diesem Fall führt die Subventionierung, unter Annahme rein rationaler Entscheidungen, zu einem Kauf, der ansonsten nicht stattgefunden hätte.

Jedoch muss die Wirkung der Anschaffungssubvention differenziert betrachtet werden. Die Prämiensubventionierung beinhaltet die Gefahr von Mitnahmeeffekten. Diese treten auf, wenn Fahrzeugkäufe subventioniert werden, die ohnehin getätigt würden.⁹³

Im betrachteten Modellfall von Basisszenario B würde eine Kaufprämie im Jahr 2020 im Fall der 16- und 24kWh-BEV den gewollten Effekt erzielen, da die Fahrzeuge durch die Subvention wirtschaftlich werden. Stellt man jedoch die reine Wirtschaftlichkeit in den Vordergrund der Investitionsentscheidung, würde sich die jeweilige CSO im Kleinwagen-

⁹³ Vgl. Baum et al. (2011), S. 27f.

segment für den 10kWh-BEV entscheiden. Dieser ist auch ohne Subvention wirtschaftlich, wird aber, im Fall der hier simulierten Anschaffungssubvention, dennoch gefördert. In diesem Fall führt die Subvention nicht zum gewollten Ergebnis.

Hinzu kommt, dass Subventionen zu Wettbewerbsverzerrungen innerhalb der Branche führen können, da sie eine künstliche Verzerrung und Verdrängung von Alternativen bewirken. In bestimmten Fällen können Produktionskapazitäten aufgebaut werden, die sich nach Auslauf der Subventionierung als nicht wirtschaftlich erweisen.

Insofern muss eine per se Subventionierung der Elektrofahrzeuge mit Vorsicht betrachtet werden. Im vorliegenden Modellfall ist eine variable Subventionierung am sinnvollsten, in der die Fahrzeuge nur subventioniert werden, bis die Break-Even-Fahrleistung die durchschnittliche Fahrleistung von 17.160 km/Jahr erreicht.

Um zu ermitteln, welche individuelle Subventionshöhe nötig ist, um bereits kurzfristig eine Einführung der Elektromobile zu ermöglichen, muss die Formel zur Ermittlung der Break-Even-Fahrleistung angepasst werden. Dadurch kann die optimale Subventionshöhe pro Fahrzeug berechnet werden, bei der sich die Anschaffung der Elektrofahrzeuge lohnt. Die Formel lautet entsprechend:

$$|\text{Subventionsbedarf}| = \frac{\emptyset \text{Fahrleistung} * \Delta \text{Betriebskosten} + \text{jährl. Kfz} - \text{Steuer}}{\text{Annuitätsrate}} - \Delta \text{Investitionskosten}$$

Im Worst-Case müsste für die Integration von 24 kWh-BEV eine Anschaffungsprämie von 5.698€ aufgebracht werden, um die Fahrzeuge im Jahr 2015 wirtschaftlich betreiben zu können, im Best-Case kann schon mit einer Prämie in Höhe von 1.832€ eine wirtschaftliche Situation erreicht werden. Tabelle 14 zeigt die notwendige Subventionshöhe pro BEV, Szenario und Jahr:

Tabelle 14: Kritischer Subventionsbedarf in Euro pro BEV (2015 und 2020)

Jahr	2015			2020		
	BEV [10 kWh]	BEV [16 kWh]	BEV [24 kWh]	BEV [10 kWh]	BEV [16 kWh]	BEV [24 kWh]
Best Case	0	2.691	1.543	0	0	0
Basisszenario A	680	4.151	3.713	0	213	0
Worst Case	1.832	5.698	5.297	0	2.782	1.604

Quelle: Eigene Berechnung.

Insgesamt zeigt sich jedoch, dass die für die Wirtschaftlichkeit nötige Subventionshöhe stark variiert, abhängig von Fahrzeug, Zeitpunkt und betrachtetem Szenario. Die Sinnhaftigkeit der Subvention ist somit fraglich und das Risiko von Mitnahmeeffekten hoch.

5.4 Gesamtwirtschaftliche Abwägung

Insgesamt zeigen die Elektrofahrzeuge große Einsparungspotenziale aufgrund reduzierter Kraftstoffkosten und verminderter Umweltbelastung. Besonders die BEVs haben hier große Vorteile. Dem gegenüber stehen jedoch hohe Investitionskosten, die vor allem durch die hohen Preise der Fahrzeugbatterie bestimmt werden.

Die kurzfristige Einführung von BEVs und PHEVs in Carsharing-Flotten ist daher aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive nur bedingt sinnvoll. Ohne direkte Subventionierung kann weder zu aktuellen Preisen, noch in naher Zukunft bis zum Jahr 2015 eine ökonomisch sinnvolle Integration gelingen. Erst im Jahr 2020 zeigt sich in mehreren Szenarien eine positive Bilanz für einzelne BEV-Varianten.

Die Gesamtbilanz in Hinblick auf die Ziele der Bundesregierung fällt zudem nüchtern aus. Carsharing bietet zwar das Potenzial, Elektrofahrzeuge zu integrieren, dennoch ist die zu erwartende Marktgröße zu gering, um einen entscheidenden quantitativen Beitrag für die Ziele der Bundesregierung zu leisten. Selbst wenn alle Carsharing-Fahrzeuge im Jahr 2020 durch PHEVs und BEVs ersetzt würden, ist die zu erwartende Marktgröße mit rund 15.500 Fahrzeugen zu gering, um entscheidende Absatzmöglichkeiten zu der Erreichung des 1 Millionen Fahrzeuge-Ziels der Bundesregierung zu bieten.⁹⁴

Allerdings wird in der Analyse nur der direkte Tauscheffekt der Einführung von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen untersucht. Mit der Nutzung von Carsharing sind jedoch weitere Effekte verbunden, wie z. B. die Abschaffung von Privatfahrzeugen, ein reduzierter individueller Pkw-Anteil am Individualverkehr und die höhere Flexibilität in der Verkehrsmittelwahl.

6. Ergebnis und Ausblick: Zukunftsperspektive für Elektromobilität in Sharing-Konzepten

In der vorliegenden Arbeit wurde die Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing Konzepten bewertet.

Im Rahmen einer technologischen Abwägung wurden die Anforderungen des Carsharings dem technischen Leistungspotenzial von elektrischer Infrastruktur und Fahrzeugtechnik gegenübergestellt. Es wurde festgestellt, dass durch die Kombination von Carsharing und Elektrofahrzeugen wesentliche Nutzungshindernisse der Elektromobilität ausgeglichen werden können. Probleme durch unzureichende Infrastruktur können ebenso wie das Fehlen von Standards und Normen bzgl. Ladeverfahren und Stecker durch geschlossene Systeme im Carsharing weitgehend umgangen werden. Des Weiteren können die geringen Reich-

⁹⁴ Die Berechnung der Marktgröße erfolgt über die Annahme anhaltender Wachstumsrate von 12% p.a. (=Durchschnittswert der letzten 3 Jahre)

weiten und langen Ladezeiten der Elektrofahrzeuge durch die kurzen Nutzungszeiten und hohe Fahrzeugverfügbarkeit kompensiert werden.

Als wichtigste technische Herausforderungen für die Zukunft wurden die Weiterentwicklung der Energiespeicher und die marktübergreifende Entwicklung von Standards bzgl. Ladeinfrastruktur und Stecker definiert.

Elektromobilität wird in den Augen potenzieller Nutzer grundsätzlich positiv beurteilt. Hauptvorteile sehen die Nutzer in den geringen Geräuschemissionen, dem hohem Fahrkomfort und den Umweltvorteilen der Elektroautos. Nachteilig wurden dagegen vor allem der hohe Preis, die langen Ladezeiten und die geringen Reichweiten bewertet. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass durch die Kombination von Carsharing und Elektromobilität wesentliche Hürden abgebaut werden können: Der hohe Anschaffungspreis wird durch die Nutzung der Autos von mehreren Personen kompensiert, lange Ladezeiten durch die Verfügbarkeit mehrerer Fahrzeuge ausgeglichen und geringen Reichweiten kann durch das Angebot verschiedener Fahrzeugklassen begegnet werden. Zudem erweitert Carsharing den potenziellen Nutzerkreis für Elektromobilität durch das Angebot von öffentlicher und nachhaltiger individueller Mobilität in urbanen Räumen.

In der betriebswirtschaftlichen Analyse wurde gezeigt, dass trotz hoher Auslastungseffizienz ein wirtschaftlicher Betrieb der Elektrofahrzeuge im Carsharing kurzfristig nur bedingt möglich ist. Mittelfristig steigt jedoch die Rentabilität. Abhängig von Subvention und potenzieller Entwicklung von Benzin- und Batteriepreis lohnt sich der Betrieb einiger Fahrzeugmodelle schon ab dem Jahr 2015. Unter günstigen Rahmenbedingungen im Best-Case-Szenario zeigt sich sogar eine deutliche Rentabilität der Fahrzeuge im Jahr 2020.

Aus der gesamtwirtschaftlichen Analyse wurde deutlich, dass die hohen Kosten für Batterie und Infrastruktur sowohl im Best Case, als auch im Basisszenario durch den zu erwartenden Nutzen ab dem Jahr 2020 gedeckt werden können. Dagegen ist die Integration im Jahr 2010 und 2015 nur in wenigen Szenarien volkswirtschaftlich sinnvoll. Zudem wurde gezeigt, dass eine fixe Anschaffungsprämie nur bedingt als wirkungsvolle Subvention für Elektrofahrzeuge im Carsharing dient.

Zusammenfassend hat die Integration von Elektrofahrzeugen in bestehende Carsharing-Organisationen dennoch eine Reihe von Vorteilen. Die Sichtbarkeit der Fahrzeuge im Stadtraum und die Testmöglichkeit der Fahrzeuge im Alltag erzeugen einen positiven Marketingeffekt. Die lokale Emissionsfreiheit sowie die Verdrängung von Privatfahrzeugen führt zu einer Verbesserung der Lebensqualität, gerade in urbanen Ballungszentren. Zudem haben gerade in städtischen Regionen Nutzer durch das E-Carsharing die Möglichkeit, die Flexibilität des eigenen Autos mit der guten ökologischen Bilanz des öffentlichen Verkehrs bei geringen Kosten zu verbinden.

Vom Grundsatz her besteht ein Zielkonflikt zwischen den Plänen des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität und den Bestrebungen im Carsharing. Der Nationale Entwick-

lungsplan war als Konjunkturmaßnahme angelegt. Die bisherigen Bemühungen, die deutsche Industrie in Sachen Elektromobilität zu stärken, sind daher mehr auf den technologischen Wechsel des Verbrennungs- durch den Elektroantrieb ausgerichtet, als auf den Wandel von Nutzungskonzepten.⁹⁵ Statt als neuer Absatzmarkt für elektrische Fahrzeuge zu dienen, bietet Elektro-Carsharing als Mobilitätsalternative hingegen das Potenzial, den Gesamtbestand an Fahrzeugen zu reduzieren und mit einem Fahrzeug gleich mehreren Nutzern die Möglichkeit zu flexibler, nachhaltiger individueller Mobilität zu gewähren.

Angesichts steigender Kosten der privaten Fahrzeughaltung, des Bedeutungswandels bei jungen urbanen Bevölkerungsteilen sowie den im EU Weißbuch Verkehr vorgelegten Maßgaben der Halbierung konventioneller Fahrzeuge in den Innenstädten bis 2030, stellt sich das Elektro-Carsharing durchaus als förderwürdig dar. Welche Förderinstrumente hierbei ökonomisch wie auch ökologisch sinnvoll sind, gilt es in weiterführenden Arbeiten zu überprüfen.

Abstract

The essay investigates to what extent carsharing as an alternative mode of use can contribute to market penetration of electro mobility. The advantages of carsharing are, i.a., the minimization of CO2 emissions and positive effects in terms of transport politics at the same time. The portrayal of technical potentials and requirements as well as those with regard to the conditions of use constitute the framework for the micro- and macroeconomic effect of an e-carsharing system at the points-in-time 2010, 2015, and 2020. The microeconomic assessment calculates the rentability of the e-carsharing concept from the viewpoint of carsharing organisations (total cost of ownership). For this purpose, a comparison with the conventional alternative (combustion engine) is performed. The macroeconomic effects of e-carsharing are investigated by means of a cost-benefit analysis.

Summing up, the integration of electronic vehicles into existing carsharing organisations has a range of advantages. The visibility of vehicles in the public area and the possibility of testing the cars in everyday life produce a positive marketing effect. The local absence of emissions as well as the supersession of private vehicles leads to an optimization of the quality of life, especially in urban agglomerations. Moreover, especially in urban regions, e-carsharing provides users the possibility to combine the flexibility of the individual car with the good ecological balance of public transportation – at low costs.

⁹⁵ Canzler / Knie (2011).

LITERATURVERZEICHNIS

- ADAC (2009): Allgemeiner deutscher Automobilclub: ADAC-Umfrage, Kaufbereitschaft Elektroautos, Landsberg a. Lech 2009.
- ADAC (2011a): Allgemeiner deutscher Automobilclub: Elektroautos: Bestandsaufnahme/ Kenndaten, 2011.
- ADAC (2011b): Allgemeiner deutscher Automobilclub: Kraftstoffpreisentwicklung 2010 in Cent je Liter, URL:
<http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/kraftstoffpreise/kraftstoff-durchschnittspreise/default.aspx?ComponentId=51587&SourcePageId=54981>.
- ADAC (2011c): Allgemeiner deutscher Automobilclub: ADAC autotest Toyota Prius 1,8 Plug-In Hybrid, URL:
http://www.adac.de/_ext/itr/tests/Autotest/AT4660_Toyota_Prius_1_8_Plug_In_Hybrid/Toyota_Prius_1_8_Plug_In_Hybrid.pdf.
- Aral (2011): Kraftstoffpreise im Detail, URL:
<http://www.aral.de/aral/sectiongenericarticle.do?categoryId=4000530&contentId=7024064>.
- Baum / Pesch (1995): Baum, Herbert / Pesch, Stephan: Car-Sharing als Lösungskonzept städtischer Verkehrsprobleme, in: Kölner Diskussionsbeiträge zur Verkehrswissenschaft, Nr.6 1995, Köln, 1995.
- Baum / Westerkamp (2009): Baum, Herbert / Westerkamp, Ulrich: Nutzen-Kosten-Analyse von CO₂-Reduktionen im Automobilssektor in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 80. Jg., S.32-62, Köln 2009.
- Baum et al. (2011): Baum, Herbert / Dobberstein, Jan / Schuler, Bastian (2011): Nutzen-Kosten-Analyse der Elektromobilität, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 81. Jg., S. 153-196, Köln 2011.
- BCG (2010): Boston Consulting Group, Batteries for Electric Cars – Challenges, Opportunities and Outlook to 2020, 2010.
- BCS (2007): Bundesverband CarSharing, Definition CarSharing, Hannover 2007. URL:
http://www.carsharing.de/images/stories/pdf_dateien/carsharing-definition_2007-03-28.pdf.
- BCS (2011): Bundesverband CarSharing, Jahresbericht 2010/2011, Berlin 2010, URL:
http://www.carsharing.de/images/stories/pdf_dateien/jahresbericht_2010_endversion.pdf.
- Behrend (2000): Behrend, Siegfried: Car-Sharing - Nachhaltige Mobilität durch eigentumslose Pkw-Nutzung? Fallstudie im Rahmen des Projektes „Eco-Services for Sustainable Development in the European Union“, Berlin, Februar 2000.

- Biere et al. (2009): Biere, David / Dallinger, David / Wietschel, Martin: Ökonomische Analyse der Erstnutzer von Elektrofahrzeugen. In: Zeitschrift für Energiewirtschaft, 02/2009, S.173-181.
- BMBF (2009): Bundesministerium für Bildung und Forschung: Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität, Berlin 2009.
- BMU (2000): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Nationales Klimaschutzprogramm Kurzfassung, Nr. 11 2000, Berlin 2000, URL: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/klimaschutzprogramm2000.pdf>.
- BMVBS (2009): Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Mobilität in Deutschland (MiD) 2008. Ergebnisbericht. Struktur- Aufkommen- Emissionen- Trends; Infas GmbH, DLR Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt, Bonn und Berlin 2010.
- Buller et al. (2009): Buller, Ulrich / Hanselka, Holger / Dudenhöffer, Ferdinand / John, Eva Maria / Weissenberger-Eibl / Marion A: Zukunftstechnologien: Förderung von Elektroautos – wie sinnvoll ist die Unterstützung einzelner Technologien? Institut für Wirtschaftsforschung (ifo), München 2009.
- Bundesregierung (2009): Teurer für Stinker: die neue Kfz-Steuer. URL: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2009/01/2009-01-13-konjunkturpaket-neuregelung-kfz-steuer.html>.
- Canzler / Knie (2011): Canzler, Weert / Knie, Andreas: Einfach aufladen. Mit Elektromobilität in eine saubere Zukunft. oekom verlag, München, 2011.
- DAT (2011): Deutsche Automobil Treuhand GmbH: Leitfaden über den Kraftstoffverbrauch, die CO2 Emissionen und den Stromverbrauch, Ausgabe 2012 1. Quartal, Ostfildern 2011.
- Dekra (2008): Dekra (Hrsg.), Institut für Automobilwirtschaft (IFA): Das Management der Cost-of-Ownership (2008), Stuttgart 2008.
- DIW (2011): Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Strompreise: Künftig nur noch geringe Erhöhung durch erneuerbare Energie, in: Wochenbericht des DIW Berlin Nr. 6/2011, Berlin 2011.
- Doll et al. (2011): Doll, Claus / Gutman, Martin / Wietschel, Martin: Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten, Fraunhofer ISI, Karlsruhe 2011.
- EU Kommission (2011): Europäische Kommission: Weißbuch, Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem, Brüssel 2011.
- Europcar (2010): Europcar, Ipsos Marketing: European Transportation & Mobility Observatory 2010, Focus on Germany.

- Fraunhofer IAO (2010): Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, PricewaterhouseCooper AG: Elektromobilität - Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand, URL: <http://www.iao.fraunhofer.de/images/downloads/elektromobilitaet.pdf>.
- Heafeli et al. (2006): Heafeli, Ueli / Matti, Daniel / Schreyer, Christoph: Bundesamt für Energie (BFE), 30003 Bern (Hrsg.): Evaluation Car-Sharing, Schlussbericht, Bern 2006.
- Hunsicker / Sommer (2009): Hunsicker, Frank / Sommer, Carsten: Mobilitätskosten 2030: Autofahren und ÖPNV-Nutzung werden teurer in: Internationales Verkehrswesen (61) 10/2009, Berlin 2009.
- IEA (2009): International Energy Agency: World Energy Outlook 2009. International Energy Agency, Paris 2009.
- KBA (2011): Kraftfahrtbundesamt: Bestand an Personenkraftwagen in den Jahren 2006 bis 2011 nach Kraftstoffarten (Teil 2), URL: http://www.kba.de/cln_032/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/b_emi_z_teil_2.html.
- Kley et al. (2009): Kley, Fabian / Wietschel, Martin / Dallinger, David: Assessment of Future EV Charging Infrastructure. Conference International Advanced Mobility Forum, Genf 2009, URL: <http://www.klewel.com/iamf2010/talk.php?talkID=33>.
- Loose (2010): Loose, Willi, Bundesverband CarSharing e. V. (Hrsg.): Aktueller Stand des Car-Sharing in Europa, Endbericht D 2.4 Arbeitspaket 2, Freiburg 2010.
- McKinsey (2011): A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis. The role of battery electric vehicles, plug-in hybrids and fuel cell vehicles, Brüssel 2011.
- Krietemeyer (2003): Krietemeyer, Hartmut, Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH (MVV): Effekte einer Marketing-Kooperation zwischen dem Münchner Verkehrs- und Tarifverbund (MVV) und der Car-Sharing-Organisation STATAUTO München., München 2003
- Pesch (1997): Pesch, Stephan, Car Sharing als Element einer lean mobility im PKW-Verkehr, Düsseldorf 1997, Verkehrsverlag Fischer.
- Petersen M.(1993): Ökonomische Analyse des Car-Sharing, Dissertation am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Berlin, Berlin 1993.
- Tecson (2011): Entwicklung der Erdölpreise. URL: <http://www.tecson.de/historische-oelpreise.html>.
- Umweltbundesamt (UBA) (2005): Vergleich der externen Kosten der Schadstoffemission sowie CO2 einzelner Verkehrsträger, Dessau 2005, URL: http://www.umweltdaten.de/verkehr/downloads/tabelle_vergleich_externer_kosten.pdf.
- UBA (2007): Umweltbundesamt: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkongvention zur Schätzung externer Umweltkosten, Dessau 2007.

- Scholl et al. (2010): Scholl, Gerd / Schulz, Lasse / Süßbauer, Elisabeth / Otto, Siegmund: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH: Nutzen statt Besitzen – Perspektiven für ressourcen-effizienten Konsum durch innovative Dienstleistungen. Wuppertal 2010.
- Stromtankstellen 21 (2011): E-Auto Ladestationen in Deutschland nach Betreibern 12/2010, Internetdatenbank, URL: www.Stromtankstellen-21.de.
- Wilke (2002): Wilke, Georg: Öko-Effizienz und Öko-Suffizienz von professionalisiertem Car-Sharing. Eine Problemskizze. In: Linz, Manfred et al. Von nichts zu viel. Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Über ein Arbeitsvorhaben des Wuppertal Instituts. S.71-82, Wuppertal 2002.
- Wilke et al. (2007): Wilke, Georg / Böhler, Susanne / Bongard, Daniel et al.: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH: Zukunft des Car-Sharing in Deutschland, Schlussbericht, Wuppertal September 2007.
- Wilke (2011): Wilke, Georg: „Ressourcenschonung durch Carsharing – Aussichten veränderlich“ in: Jahrbuch Ökologie, Umwälzung der Erde – Konflikte um Ressourcen, Stuttgart 2011.
- Wietschel / Bünger (2010): Wietschel, Martin / Bünger, Ulrich: Vergleich von Strom und Wasserstoff als CO₂-Freie Endenergieträger. (Hrsg.) Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe 2010.
- Wolter et al. (2011): Wolter Frank / Hasse, Steffi / Heinicke, Benjamin, Intelligent vernetzen, in: Internationales Verkehrswesen (63) 5/2011, Abschnitt: Mobilität, S.16 –19, Berlin 2011.