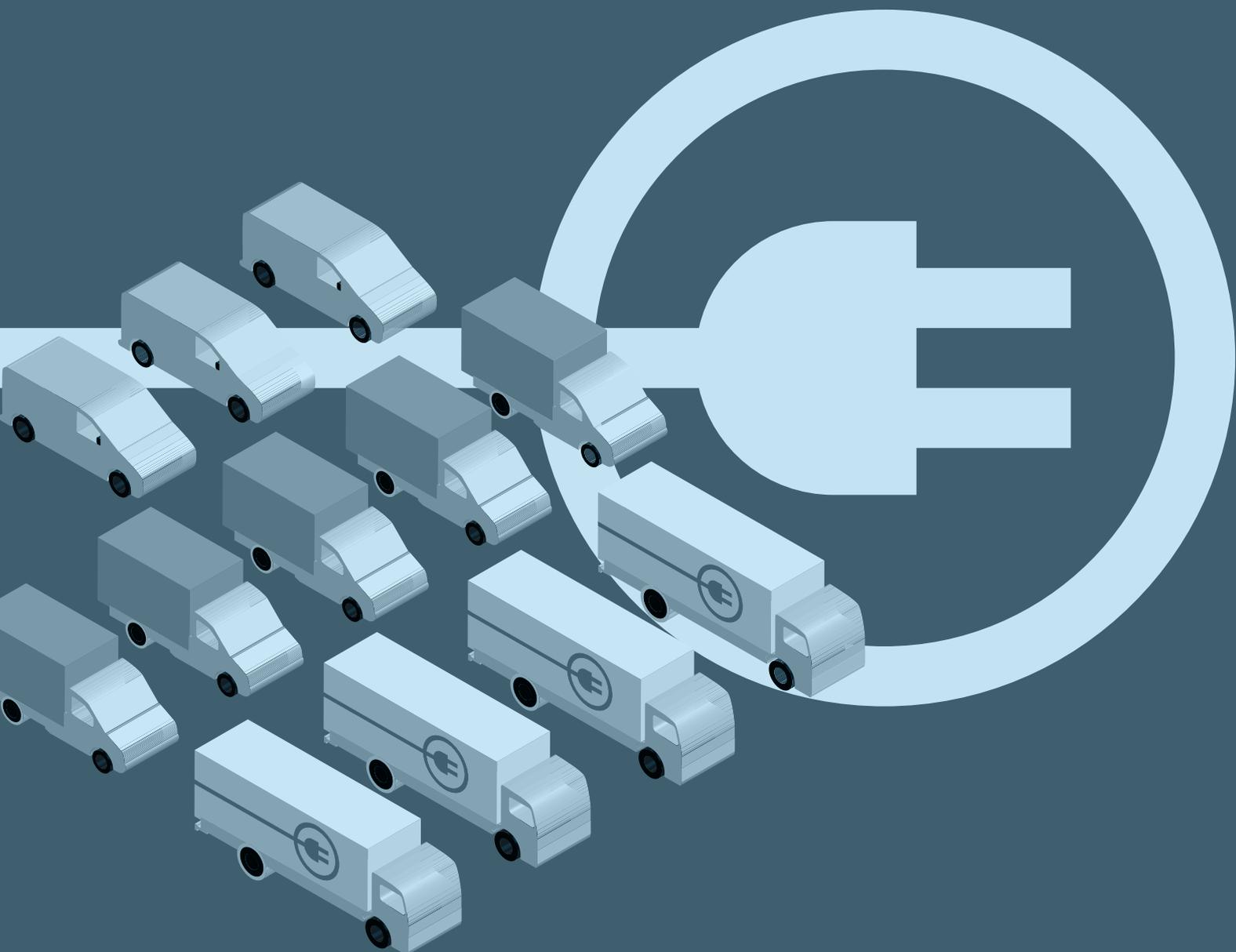
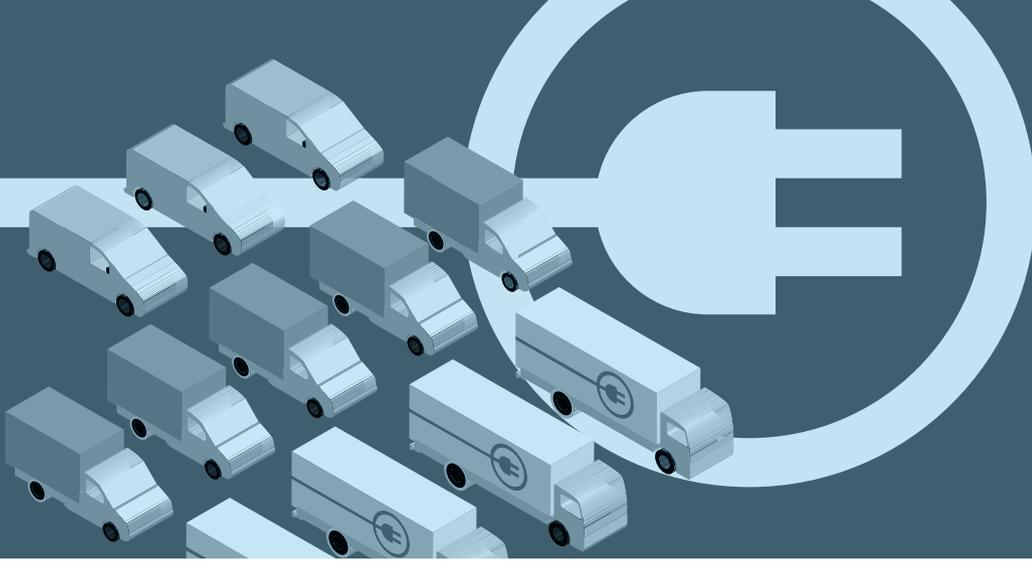


ELEKTROMOBILITÄT IN GEWERBLICHEN FLOTTEN

PATRICK PLÖTZ, TILL GNANN, SANDRA ULLRICH, MICHAEL HAENDEL, JOACHIM GLOBISCH,
ELISABETH DÜTSCHKE, MARTIN WIETSCHEL, MICHAEL HELD





INHALT

1	EINLEITUNG	3
2	WAS IST ELEKTROMOBILITÄT?	4
3	WIE ÖKOLOGISCH SIND ELEKTROFAHRZEUGE?	5
4	WIRD DAS DAS ZIEL VON EINER MILLION ELEKTROFAHRZEUGEN BIS 2020 ERREICHT?	7
5	GEWERBLICHE FLOTTEN IN DEUTSCHLAND	8
6	WIE SEHEN UNTERNEHMEN ELEKTROFAHRZEUGE?	11
7	POTENZIALE FÜR ELEKTROFAHRZEUGE IN UNTERNEHMENSFLOTTEN	13
9	FAZIT	16
10	ABKÜRZUNGEN UND BEGRIFFE	17
11	LITERATURQUELLEN	18

1 EINLEITUNG

Elektromobilität wird im Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität als wesentliches Element eines zukunftsfähigen Verkehrssystems identifiziert. Mit einem zunehmenden Umstieg auf elektrische Fahrzeuge werden große Ziele verfolgt: die Abhängigkeit Deutschlands von Ölimporten und den Verbrauch fossiler Ressourcen zu reduzieren, Emissionen sowohl global als auch lokal zu minimieren und zudem ein multimodales Mobilitätsverhalten zu fördern.¹ Auch in wirtschaftlicher Hinsicht weckt die Etablierung der Elektromobilität große Hoffnungen. Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, im internationalen Wettbewerb zum Leitmarkt oder zumindest zum Leitanbieter für Elektromobilität zu werden, um so die starke deutsche Stellung im Automobilbau wie auch die damit verbundenen Arbeitsplätze, heimische Wertschöpfung und Exportchancen für die Zukunft zu sichern. Bis 2020 sollen nach dem Willen der Bundesregierung eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen fahren.²

In diesem Kontext kommt gewerblichen Flotten eine besondere Bedeutung zu. Zum einen machen rein gewerblich genutzte Fahrzeuge rund ein Drittel und damit einen hohen Anteil der jährlichen Neuzulassungen aus und sind somit ein nennenswerter Markt für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Zum anderen zeichnet sich der gewerbliche Verkehr durch stärkeren und regelmäßigeren Einsatz der Fahrzeuge und – im Rahmen einer Flotte – durch konventionelle Ersatzfahrzeuge aus, falls der gewünschte Einsatz nicht den technischen Möglichkeiten eines Elektrofahrzeuges entspricht. Weiterhin sind gewerbliche Halter vermutlich eher bereit, die aktuell noch höheren Anschaffungsausgaben in Kauf zu nehmen, sofern diese sich – wie bei Elektrofahrzeugen möglich – durch die geringeren Betriebskosten amortisieren können. Spezielle Anwendungen im Wirtschaftsverkehr wie geräuscharme Nachtlieferung oder zufahrtsbeschränkte Innenstädte sorgen für zusätzliches Interesse am Thema Elektromobilität. Dies belegt auch der Fokus auf gewerblichen Verkehr im aktuellen Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE).³

Aufgrund der möglichen besonderen Eignung des Wirtschaftsverkehrs für Elektrofahrzeuge wird dieser in verschiedenen Forschungsprojekten weiter untersucht. Das Fraunhofer ISI hat hierzu begonnen, Fahrdaten im gewerblichen Verkehr zu erheben und im Hinblick auf Elektrofahrzeuge zu untersuchen. Die Daten stehen unter www.rem2030.de zum Download zur Verfügung. Erhebungen und Auswertungen dieser Daten erfolgten im Rahmen des Projektes „Get eReady“, Teil des Schaufensters Elektromobilität Baden-Württemberg. Ein Teil dieser Ergebnisse wird in dieser Broschüre zusammen mit allgemeinen Informationen zum Thema Elektromobilität vorgestellt.

¹ Vgl. Bundesregierung (2011) und TAB (2013).

² Vgl. Bundesregierung (2011).

³ Vgl. NPE (2014).

- komplettes konventionelles Fahrzeug
- Fahrzeugchassis
- Leistungselektronik
- E-Motor
- Batterie
- Kraftstofftank
- Generator

- Verbrennungsmotor
- zusätzliche Batterie (Wartung)
- Strom-Mix (2010–2012)
- Kraftstoffverbrauch
- Strom aus Windkraft

CV: Konventionelles Fahrzeug mit Verbrennungsmotor
 PHEV: Plug-in-Hybrid-Fahrzeug
 BEV: Batterieelektrisches Fahrzeug

► **Abb 1 Beiträge der Herstellung und Nutzung verschiedener Fahrzeugkonzepte der Kompaktklasse zum Treibhauspotenzial⁴**

Auswertungen für den Strommix 2011
 Quelle: Wietschel et al. (2011) sowie Held und Baumann (2011)

2 WAS IST ELEKTRO-MOBILITÄT?

Elektromobilität ist ein vielseitiger Begriff. Aus rein technischer Sicht ist Elektromobilität nur schwer zu fassen, da sehr verschiedene Aspekte hierunter verstanden und zusammengefasst werden. Im engeren Sinne bezeichnet Elektromobilität den elektrisch angetriebenen Individualverkehr, typischerweise auf der Straße. Die ganz oder teilweise elektrisch angetriebenen Fahrzeuge für diesen Individualverkehr werden schlicht Elektrofahrzeuge genannt. Im weiteren Sinne wird unter Elektromobilität aber auch die Einbindung von Elektrofahrzeugen in Energie- und Verkehrssysteme verstanden.

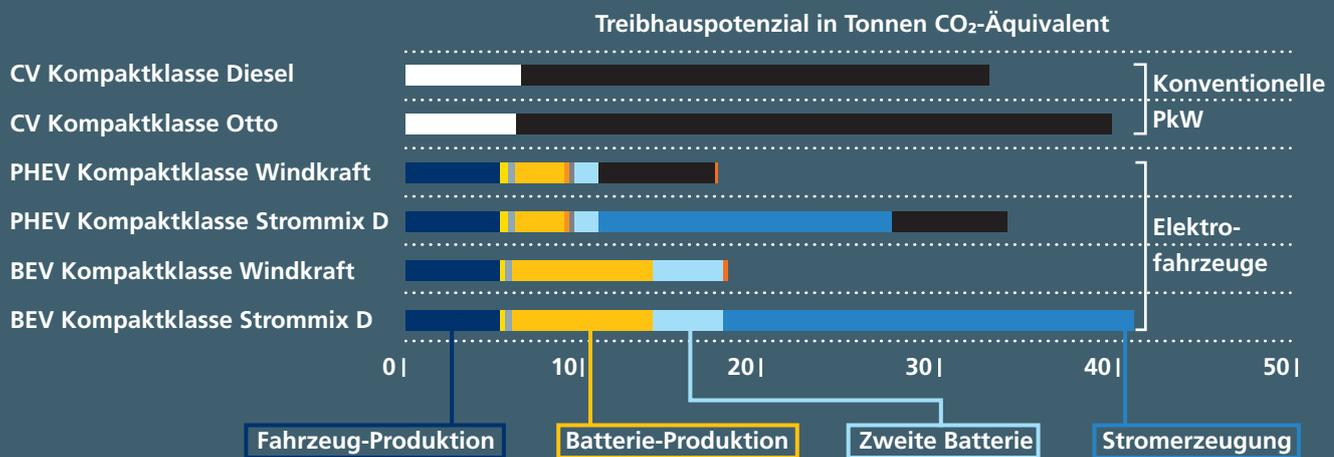
„IM ENGEREN SINNE BEZEICHNET ELEKTROMOBILITÄT DEN ELEKTRISCH ANGETRIEBENEN INDIVIDUALVERKEHR.“

Welche Fahrzeuge genau als Elektrofahrzeuge betrachtet werden und zu welchem Grad oder aus welchem Speicher sie elektrische Energie für ihren Antrieb nehmen, ist nicht einheitlich festgelegt. Einige Beispiele sollen den engeren Rahmen von Elektromobilität verdeutlichen. Ein eindeutiges **Beispiel für ein Elektrofahrzeug** und entsprechend für Elektromobilität ist das reine Batteriefahrzeug (BEV) in Form eines Pkw. Dieses verfügt über eine große Batterie als Speicher und wird ausschließlich von einem Elektromotor angetrieben. Nur über eine Batterie und einen Elektromotor werden beispielsweise auch Gabelstapler

und Elektroroller versorgt. Elektrische Motorboote und elektrische Rollstühle zählen ebenso zum elektrisch angetriebenen Individualverkehr und sind eine Form von Elektromobilität im engeren Sinne. **Eindeutig keine Form der Elektromobilität** sind Straßenbahnen oder elektrisch angetriebene Züge. Diese fahren zwar rein elektrisch, gehören aber nicht zum Individualverkehr. Konventionelle Pkw mit Benzin- oder Dieselmotoren sind auch keine Elektrofahrzeuge, denn obwohl sie über eine Batterie verfügen, wird diese nicht zum Antrieb des Fahrzeuges verwendet.

Grenzfälle für Elektrofahrzeuge gibt es viele. Der Grad der Elektrifizierung des Antriebssystems in einem modernen Pkw ist mit den vielen existierenden Hybridvarianten nahezu kontinuierlich. Ein Hybridfahrzeug kann mit einer relativ großen Batterie ausgestattet sein, allerdings ohne dass eine Anschlussmöglichkeit an das Stromnetz besteht. Je nach Beitrag zur Fahrleistung werden sie in Micro-, Mild-, Full-Hybrid unterschieden und dienen im Wesentlichen der Effizienzsteigerung des konventionellen Antriebs. Bei gleicher Batteriegröße und gleichem Antriebssystem entscheidet im Zweifelsfall nur das Vorhandensein eines entsprechenden Steckers zum Aufladen der Batterie am Stromnetz (Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge „PHEV“). Auch Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) werden nicht immer zu den Elektrofahrzeugen gezählt, obwohl sie rein elektrisch angetrieben werden. Allerdings verfügen sie zumeist nur über eine kleine Batterie, unter anderem zur Rückgewinnung der Bremsenergie (Rekuperation), die nicht zum Antrieb verwendet wird. Sie nutzen als Energieträger Wasserstoff, der erst im Fahrzeug in Strom umgewandelt wird. Ein Pedelec, das ist ein Fahrrad mit Tret-Unterstützung durch einen Elektromotor, kann auch nicht klar zugeordnet werden. So wie auch neue Flugzeugprototypen, die nur mit Solarzellen und Elektromotor auskommen. Es zeigt sich, dass viele Kriterien im Umfeld des Begriffs „Elektromobilität im engeren Sinne“ eine Rolle spielen und der Übergang vom herkömmlichen Verbrenner zum reinen Elektrofahrzeug fließend ist.

⁴ Vgl. Kapitel III.1 in TAB (2013).



Im weiteren Sinne umfasst Elektromobilität auch die Integration von elektrisch angetriebenem Individualverkehr in Verkehrs- und Energiesysteme. Wichtige Aspekte sind hierbei zum einen die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge gesteuert zu beladen, um fluktuierende Energieträger besser in das Energiesystem zu integrieren, oder, zum anderen, um elektrische Energie in Elektrofahrzeugen zwischenspeichern und später bei Bedarf ins Stromnetz zurückzuspeisen. Hinzu kommen außerdem Entwicklungen im Verkehr insgesamt. Mit neuer Kommunikationstechnologie und zahlreichen Entwicklungen in der IT-Branche ist das Planen von Reisen und Buchen von Transportmitteln einfacher geworden – Elektrofahrzeuge werden hierbei als ein Baustein des intermodalen Verkehrs diskutiert.

„IM WEITEREN SINNE UMFASST ELEKTROMOBILITÄT AUCH DIE INTEGRATION VON ELEKTRISCH ANGETRIEBENEM INDIVIDUALVERKEHR IN VERKEHRS- UND ENERGIESYSTEMEN.“

Zusammenfassend kann man festhalten: Elektromobilität ist elektrisch bewegter Individualverkehr und umfasst im weiteren Sinne elektrisch angetriebene Fahrzeuge und ihre Integration in Verkehrs- und Energiesysteme. Der Übergang zwischen Elektrofahrzeugen und nichtelektrischen Fahrzeugen ist fließend, so dass keine scharfe Abgrenzung möglich ist.

Für die vorliegende Broschüre bezieht sich „Elektromobilität“ auf Fahrzeuge mit Traktionsbatterien, die über das Stromnetz geladen werden können, im Personen- sowie im Lieferverkehr. Es werden also auch die Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge behandelt, welche neben einer Batterie noch einen Verbrennungsmotor haben, aber durch die Möglichkeit zum Netzanschluss auch rein elektrisch fahren können. Brennstoffzellen-Fahrzeuge werden hier nicht näher betrachtet.

3 WIE ÖKOLOGISCH SIND ELEKTROFAHRZEUGE?

Umfangreiche Studien zeigen, dass der Verkehrssektor seine Treibhausgasemissionen zur Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele deutlich reduzieren muss.⁵ Dabei ist gleichzeitig ein starkes Wachstum der Verkehrsleistung durch die wirtschaftliche Entwicklung, unter anderem in wirtschaftlich aufstrebenden Staaten wie Brasilien, Indien oder China und die weltweite Zunahme der Bevölkerung von heute knapp sieben Milliarden auf rund zehn Milliarden in 2050 zu berücksichtigen. Wenn das offizielle Zwei-Grad-Ziel der Klimaerwärmung der Vereinten Nationen noch erreicht werden soll, müssen die spezifischen CO₂-Emissionen von Pkw auf rund 20 Gramm pro Kilometer im Jahr 2050 gesenkt werden. Solch ein Wert ist mit benzin- und dieselbetriebenen Pkw aufgrund des Carnot-Wirkungsgrades technisch nicht erreichbar (zum Vergleich: von der Quelle bis zum Antriebsrad gerechnet liegen die CO₂-Emissionen benzinbetriebener Pkw derzeit bei durchschnittlich 140 Gramm pro Kilometer). Deshalb kommen entsprechende Studien fast einhellig zu dem Schluss, dass der motorisierte Individualverkehr langfristig weitgehend auf Elektrofahrzeuge (an dieser Stelle einschließlich Brennstoffzellenfahrzeuge) umgestellt werden muss. Eine deutlich positive Treibhausgasbilanz kann jedoch auch mit der Elektromobilität nur dann erreicht werden, wenn CO₂-arme oder -freie Energiequellen, zum Beispiel erneuerbare Energien, verwendet werden (siehe auch Abb 1).⁶

⁵ Vgl. IEA (2010); Kahn Ribeiro et al. (2007).

⁶ Die Treibhausgasbilanz von Elektrofahrzeugen hängt zudem stark von der Auslegung der Antriebskomponenten des Fahrzeugs, insbesondere der Batteriegröße, ab. Die Ergebnisse in Abb1 basieren auf den Annahmen der FSEM (Mini-Fahrzeug: bei 20 kWh Batteriespeicher,

► **Abb 2 Markthochlauf von Elektrofahrzeugen in Deutschland in drei Szenarien**

Für jedes Szenario sind Konfidenzintervalle angegeben, die die Unsicherheit aufgrund der beschränkten Stichprobengröße angeben.

Quelle: Plötz et al. (2013)

Die genauere Beantwortung der Frage des ökologischen Nutzens und optimalen Einsatzgebietes alternativer Fahrzeugkonzepte erfordert eine umfassende Untersuchung aller entlang des Fahrzeuglebenszyklus entstehenden Umweltwirkungen – vom Rohstoffabbau über die Herstellung und Nutzung bis hin zur Verwertung und Entsorgung der Fahrzeuge am Lebensende.⁷

Neben der Vermeidung lokaler Emissionen zeichnen sich elektrifizierte Antriebe insbesondere durch die potenziell geringeren Umweltbeiträge während der Nutzungsphase aus. Durch die Verwendung rein regenerativen Stroms (zum Beispiel Strom aus Windkraft) können die Umweltbeiträge der Fahrzeugnutzung im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen drastisch reduziert werden. Durch den in Deutschland beschlossenen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energieträger wird die CO₂-Bilanz für Elektrofahrzeuge mittel- und langfristig immer besser. Kurzfristig ist eine positive Bilanz zu erreichen, indem sichergestellt wird, dass der Strom für den Fahrbetrieb von Elektrofahrzeugen nur aus zusätzlichen erneuerbaren Energiequellen kommt.

Dem Verbrauch im Betrieb stehen die höheren Umweltbeiträge der Herstellungsphase gegenüber. Gerade in den Komponenten des Batteriesystems oder des Elektromotors werden verstärkt seltene Werkstoffe wie Neodym, Dysprosium oder Kobalt mit hohen Umweltbeiträgen im Rohstoffabbau und der Aufbereitung eingesetzt, um eine hohe Performance bei geringem Gewicht zu realisieren. Es zeigt sich, dass die Herstellung des benötigten Batteriesystems aufgrund des hohen Gewichts und der in den Zellen verwendeten Materialien in der Ökobilanz einen bedeutenden Anteil zu den Umweltwirkungen der Herstellungsphase der Fahrzeuge beiträgt. Das Ökobilanzergebnis der Fahrzeugkonzepte wird sehr stark von der Technologie

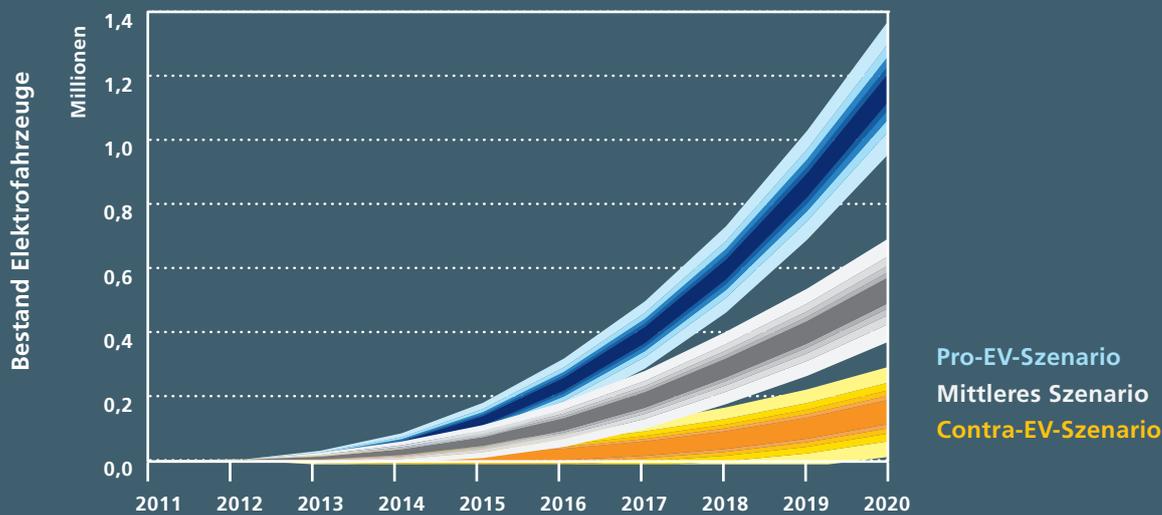
und der Dimensionierung des verwendeten Batteriesystems beeinflusst. Um die höheren Beiträge der Herstellungsphase im Vergleich zu den konventionellen Fahrzeugen zu kompensieren, sind somit höhere Fahrleistungen erforderlich. Dies bedeutet wiederum, dass elektromobile Pkw heutiger Bauart in *Megacities* bei individueller Nutzung in der Regel ökologisch nicht sinnvoll sind, da sie üblicherweise nicht die dafür erforderliche jährliche Fahrleistung erreichen. Ein Plug-in-Hybrid-Fahrzeug kann allerdings auch bei geringen Fahrleistungen (circa 9.000 km/Jahr) ökologisch durchaus mit Dieselfahrzeugen mithalten oder sogar übertreffen, da es in der Regel über ein kleineres Batteriesystem verfügt. Wichtig ist hierbei, dass es überwiegend für Fahrten im Stadt- und stadtnahen Bereich genutzt wird, da dann die Vorteile von Elektroantrieben in der Teillast gegenüber konventionellen Antrieben zum Tragen kommen.

Neben den CO₂-Emissionen gehören zu einer ökologischen Bewertung der Elektromobilität auch die Auswirkungen auf lokale Emissionen wie Feinstaub oder Ozonvorläufersubstanzen. Hier kann die Elektromobilität deutlich zu einer Umweltentlastung beitragen.⁸

Kompaktklasse Fahrzeug 40 kWh Batteriespeicher) und liegen damit über den Batteriespeichergößen heutiger Elektrofahrzeuge in den betrachteten Segmenten (Mini: circa 16 kWh, Kompakt: circa 20–24 kWh). Die Annahmen in Abb 1 stimmen zudem nicht mit den betrachteten Fahrzeugen aus Kapitel 7 überein.

⁷ Vgl. Kapitel III.1 in TAB (2013).

⁸ Vgl. TAB (2013).



4 WIRD DAS DAS ZIEL VON EINER MILLION ELEKTROFAHRZEUGEN BIS 2020 ERREICHT?

Elektrofahrzeuge werden im Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität als wesentliche Elemente für einen zukunftsfähigen Verkehr identifiziert. Deutschland hat dabei das Ziel, im internationalen Wettbewerb zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektrofahrzeuge zu werden, um so seine Führungsrolle in der Automobil- und Zulieferindustrie sowie in der Wissenschaft zu erhalten. Als Etappenziel streben die Bundesregierung und die Nationale Plattform Elektromobilität an, dass bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen fahren.

Welcher Anteil an Elektrofahrzeugen am Markt ist in Deutschland bis zum Jahre 2020 zu erwarten? Diese Frage ist komplex und kann nur schwer genau beantwortet werden. Gängige wissenschaftliche Arbeiten hierzu nutzen verschiedene Modelle, um die möglichen zukünftigen Verkaufszahlen von Elektrofahrzeugen zu analysieren.⁹ So kann beispielsweise das ökonomische Potenzial von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung von realen Fahrprofilen konventioneller Fahrzeuge und technischen sowie ökonomischen Daten für verschiedene Szenarien untersucht werden. Hemmende Faktoren für die Verbreitung von Elektrofahrzeugen, beispielsweise die begrenzte Reichweite und das limitierte Fahrzeugangebot, werden ebenso integriert wie fördernde Faktoren, wie beispielsweise eine Mehrpreisbereitschaft für eine innovative Technologie.¹⁰

Abb 2 zeigt drei Szenarien für den möglichen Markthochlauf von Elektrofahrzeugen in Deutschland bis 2020. Die drei Szenarien unterscheiden sich in der Festlegung von Rahmenbedingungen folgendermaßen: Im Pro-EV-Szenario werden eher optimistische Annahmen bezüglich eines Markterfolgs von Elektrofahrzeugen gesetzt, im Contra-EV-Szenario werden eher pessimistische Annahmen zusammengefasst und im dritten Szenario werden mittlere Annahmen unterstellt. Bei den Szenarien handelt es sich nicht um Prognosen zum Markthochlauf von Elektrofahrzeugen, sondern eher um eine Modellbasierte Bewertung verschiedener Einflussfaktoren: der Einfluss verschiedener Größen auf eine mögliche zukünftige Entwicklung wird analysiert.

Es zeigt sich, dass es eine hohe Unsicherheit beim Markthochlauf von Elektrofahrzeugen in Deutschland gibt, da dieser stark von externen Rahmenbedingungen wie der Batterie-, Rohöl- und Strompreisentwicklung abhängt. Unter günstigen Rahmenbedingungen für Elektrofahrzeuge scheint das Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeuge bis 2020 auch ohne Kaufförderung erreichbar zu sein. Aber auch unter ungünstigen Rahmenbedingungen sollte eine nennenswerte Anzahl von Elektrofahrzeugen bis 2020 auf deutschen Straßen fahren. In den nächsten Jahren werden trotzdem bei niedrigen jährlichen Fahrleistungen weiterhin Benziner dominieren, bei sehr hohen Jahresfahrleistungen die Dieselfahrzeuge.

Weitere Analysen zeigen, in welchen Bereich Marktpotenzial liegen könnte. Der private Bereich ist ein relevanter Markt für Elektrofahrzeuge. Besonders Vollzeitbeschäftigte aus ländlichen Gebieten und kleinen bis mittelgroßen Städten bzw. Vororten von größeren Städten weisen hohe Potenziale für die Umstellung auf Elektrofahrzeuge auf. Sie machen circa ein Drittel der privaten Pkw-Besitzer aus. Für Nutzer mit Garagen (circa 60 Prozent der privaten Pkw-Halter) oder mit festen Stellplätzen am Haus bietet sich die Umstellung ökonomisch deutlich mehr an als für die sogenannten Laternenparker, weil die Kosten der Ladeinfrastruktur einen klaren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben. Weiterhin ist die Gesamtanzahl an Laternenparkern

⁹ Vgl. Plötz et al. (2013) sowie Al-Alawi und Bradley (2013).

¹⁰ Ebd.

im Vergleich zu denen mit Garagen oder eigenen Stellplätzen am Haus vergleichsweise gering. Ein relevantes ökonomisches Potenzial weist aber auch der Wirtschaftsverkehr auf, der rund 30 Prozent des Neuwagenmarktes ausmacht. Die Gründe liegen in den entsprechenden Fahrprofilen mit oftmals planbaren Routen (siehe Kapitel 7), den spezifischen ökonomischen Rahmenbedingungen wie dem Wegfall der Mehrwertsteuer, was sich gerade bei den höheren Kaufpreisen von Elektrofahrzeugen positiv auswirkt.

Ein Vergleich des möglichen Markthochlaufes von Elektrofahrzeugen mit der historischen Verbreitung von Technologien im Automobilsektor zeigt, wie ehrgeizig der erhoffte Markthochlauf ist. Die mittleren Wachstumsraten neuer Technologien im Automobilsektor liegen historisch bei vergleichbaren komplexen Technologien im Bereich von 10–30 Prozent mittlerem Wachstum der Neuzulassungen pro Jahr. Bei kurzen Beobachtungszeiträumen und alternativen Antrieben sind teilweise auch höhere Wachstumsraten möglich. Geht man von den bundesweiten Neuzulassungen an Elektrofahrzeugen 2013 aus, so müsste die Zahl der jährlich neuzugelassenen Elektrofahrzeuge bis 2020 etwas über 60 Prozent pro Jahr zunehmen, um das Ziel von einer Million Elektrofahrzeuge im Bestand zu erreichen. Im Vergleich mit historischen Wachstumsraten erkennt man, dass eine solches Marktwachstum möglich aber auch ehrgeizig ist.

5 GEWERBLICHE FLOTTEN IN DEUTSCHLAND

Der gewerbliche Verkehr ist komplex und vielschichtig. Je nach Kontext werden verschiedene Definitionen verwendet. In diesem Abschnitt werden verschiedene Definitionen des Wirtschaftsverkehrs vorgestellt und dieser charakterisiert.

Der „Wirtschaftsverkehr“ oder auch „gewerbliche Verkehr“ wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet.¹¹ Es lassen sich Definitionen nach verschiedenen Ansätzen unterscheiden, die eine Abgrenzung von Privat- und Wirtschaftsverkehr vornehmen. Darin wird der Wirtschaftsverkehr definiert nach:

1. dem Zweck der Fahrt: „Ortsveränderung von Gütern, Personen und Informationen für geschäftliche oder betriebliche Zwecke“ gemäß Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (KiD),¹²
2. dem zulässigen Gesamtgewicht des Fahrzeugs: „Güterkraftverkehr ist die geschäftsmäßige oder entgeltliche Beförderung von Gütern mit Kraftfahrzeugen, die einschließlich Anhänger ein höheres zulässiges Gesamtgewicht als 3,5 Tonnen haben“ (Güterkraftverkehrsgesetz §1) oder
3. dem Halter des Fahrzeugs, die Zulassungsstatistik des Kraftfahrt-Bundesamtes unterscheidet hier gewerblich oder privat zugelassene/gehaltene Fahrzeuge.

¹¹ Vgl. Gnann et al. (2012) und Steinmeyer (2007).

¹² KiD (2002), Seite 22.

Kriterium	Privat	Gewerblich
Pkw-Bestand am 1.1.2014	39.363.889	4.487.341
Anteil am Pkw-Bestand am 1.1.2014	89,8 Prozent	10,2 Prozent
Pkw-Neuzulassungen 2013	1.120.125	1.832.306
Anteil an den Pkw-Neuzulassungen 2013	38,8 Prozent	61,2 Prozent
Durchschnittliche Haltedauer	6,2 Jahre	3–4 Jahre
Durchschnittlicher Hubraum des Bestandes	1.638 ccm	1.994 ccm
Mittlere Pkw-Tagesfahrleistung (Mo–Fr)	40,1 km	76,8 km
Mittlere Pkw-Tagesfahrleistung (Sa/So)	28,8 km	29,3 km

Aufgrund dieser unterschiedlichen Definitionen kommen Studien zum Wirtschaftsverkehr in Deutschland zu teilweise erheblich abweichenden Aussagen. Beispielsweise können die Fahrten von Selbständigen je nach Definition unterschiedlich eingeordnet werden, gleiches gilt für die private Nutzung von Dienstwagen oder auch die Fahrten zum Arbeitsplatz von Angestellten. Für die vorliegende Broschüre wird unter „Wirtschaftsverkehr“ stets der Verkehr gewerblich gehaltener Fahrzeuge verstanden, also die dritte Definition verwendet. Diese hat den Vorteil, dass sich einige aussagekräftige Daten damit leicht dem Wirtschaftsverkehr zuordnen lassen.

In Tab 1 sind einige wesentliche Unterschiede des Privat- und Wirtschaftsverkehrs von Pkw dargestellt. Während private Pkw knapp 90 Prozent des Fahrzeugbestandes umfassen, liegt der Anteil der Neuzulassungen gewerblich genutzter Pkw seit einigen Jahren bei etwa 60 Prozent.¹³ Dies liegt an der kürzeren Haltedauer der gewerblichen Fahrzeuge, sowie am Gebrauchtwagenmarkt, in den zahlreiche Fahrzeuge aus dem gewerblichen Verkehr eingehen, welcher primär private Käufer verzeichnet. Die in der Tabelle abgetragenen Daten verdeutlichen das große vorhandene Potenzial – mit über vier Millionen Pkw im Bestand – für den Einsatz von Elektrofahrzeugen im gewerblichen Bereich. Insbesondere Faktoren wie die höhere durchschnittliche Fahrleistung wirken sich positiv auf die Ergebnisse von TCO-Rechnungen aus. Auch in Hinblick auf die Nachhaltigkeit von Betriebsflotten zeigen Elektrofahrzeuge große Potenziale auf, da gewöhnliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, besonders mit großem Hubraum, für einen erhöhten CO₂-Ausstoß verantwortlich sind, welcher durch elektrifizierte Fahrzeuge auf ein geringeres Maß reduziert werden kann.

Aufgrund des oben erwähnten großen Anteils gewerblicher Fahrzeuge im Gebrauchtwagenmarkt ist vor allem die Aufteilung der gewerblichen Neuzulassungen für Elektrofahrzeuge interessant, wenn ein relevanter Anteil der Bestandsfahrzeuge

elektrifiziert werden soll. Tab 2 zeigt die Neuzulassungen gewerblicher Halter untergliedert nach Größenklassen und Wirtschaftszweigen. Die Klassifikation der Wirtschaftszweige folgt dabei der europäischen Klassifizierung von Betrieben NACE Rev. 2, während die Größenklassen über den Hubraum unterschieden werden.

Zunächst erkennt man an den Gesamtsummen der Größenklassen, dass die gewerblichen Neuzulassungen von Mittelklassefahrzeugen dominiert werden, während kleine Fahrzeuge rund 30 Prozent und große Fahrzeuge nur etwa 15 Prozent ausmachen. Desweiteren stehen die vier größten Wirtschaftszweige (hinsichtlich der Neuzulassungen: G, C, N, S) für 90 Prozent der neuen Fahrzeuge im gewerblichen Pkw-Bereich. Mehr als die Hälfte aller gewerblichen Kleinwagen entfallen dabei beispielsweise auf den Bereich G – Handel, hinter dem sich vornehmlich der Kfz- oder Kfz-Teile-Handel verbirgt (rund 90 Prozent der gesamten Zulassungen im Bereich G). Etwa 75 Prozent der Fahrzeuge, die im Verarbeitenden Gewerbe (C) angesiedelt sind, gehören zu Unternehmen des Fahrzeugbaus und weitere 85 Prozent der Fahrzeuge der sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen (N) werden der Kfz-Vermietung zugeordnet. Somit werden etwa die Hälfte aller gewerblichen Fahrzeuge in Bereichen zugelassen, die unmittelbar mit der Herstellung oder dem Vertrieb zu tun haben (C und G), und mehr als 60 Prozent, wenn man zusätzlich die Vermietung von Kraftfahrzeugen einbezieht. Gerade hier sind auch kurze Haltedauern und ein schneller Wechsel in den Gebrauchtwagenmarkt gegeben und eine hohe Durchdringung von Elektrofahrzeugen würde in schnell wachsenden Bestandszahlen resultieren.

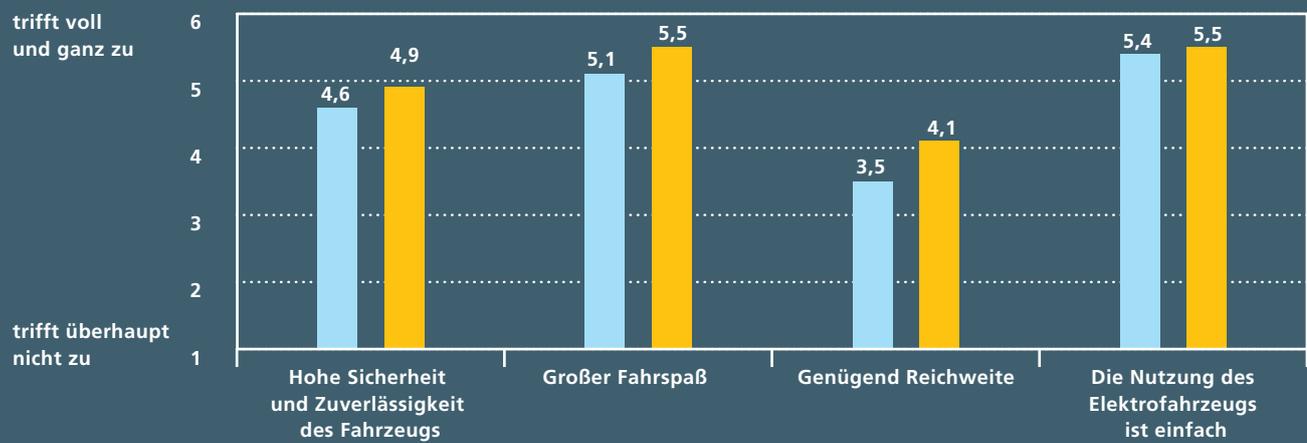
Im Gegensatz zum Pkw-Bereich werden im Nutzfahrzeug-Bereich sowohl Bestand als auch Neuzulassungen von gewerblichen Haltern dominiert. Im Bereich 3,5–7,5 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht (zGG) sind circa 200.000 von insgesamt 270.000 Fahrzeugen im Wirtschaftsverkehr zugelassen, bei Nutzfahrzeugen im Bereich 7,5–12 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht sind es sogar 84 Prozent (67.500 von 80.000

¹³ Vgl. KBA (2013).

Abk.	Wirtschaftszweige	Kleinwagen (unter 1.400 ccm)	Mittelklasse (zwischen 1400 und 2000 ccm)	Großklasse (über 2000 ccm)
G	Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen	299.753	308.505	91.248
C	Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren	90.636	221.784	67.947
N	Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen	88.319	227.578	41.938
S	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	38.057	166.456	61.413
Q	Gesundheits- und Sozialwesen	15.355	12.165	5.871
F	Baugewerbe/Bau	2.256	20.819	8.075
O	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung	4.778	16.689	7.079
H	Verkehr und Lagerei	2.625	17.287	7.357
K	Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	1.451	11.172	5.959
J	Information und Kommunikation	1.552	11.870	2.849
M	Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen	1.649	6.936	3.480
D	Energieversorgung	1.080	4.942	1.430
I	Gastgewerbe/Beherbergung und Gastronomie	1.181	2.949	1.365
L	Grundstücks- und Wohnungswesen	1.263	2.054	1.102
E	Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen	550	2.696	692
R	Kunst, Unterhaltung und Erholung	599	2.051	891
A	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	263	1.962	738
P	Erziehung und Unterricht	400	1.444	290
T	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	305	742	371
B	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	37	851	304
Gesamt		552.109	1.040.952	310.399

▲ **Tab 2 Gewerbliche Neuzulassungen von Pkw nach Größenklassen und Wirtschaftszweigen, sortiert nach Gesamtzahl der Neuzulassungen pro Wirtschaftszweig im Jahr 2012**

Quelle: KBA (2013)



▲ Abb 3 Bewertung von Elektrofahrzeugen

■ Fahrer

■ Fuhrparkverantwortliche

Fahrzeugen). Hier gibt es insbesondere für kleine Lkw (Teil-) Elektrifizierungspotenziale, deren Potenziale für die geräuscharme Nachtbelieferung schon von anderen Studien belegt wurden.

6 WIE SEHEN UNTERNEHMEN ELEKTROFAHRZEUGE?

Die Sicht von Unternehmen auf Elektrofahrzeuge beinhaltet zwei unterschiedliche Perspektiven: die der Fahrer der Fahrzeuge und die der Entscheidungsträger in den Organisationen (Unternehmen, Kommunen, Verbände etc.). Dieses Kapitel befasst sich mit beiden Perspektiven und beruht auf Ergebnissen einer Umfrage die im Rahmen der Begleitforschung des Förderprogramms „Modellregionen Elektromobilität“¹⁴ durchgeführt wurde. Bei den Befragten handelt es sich um Personen, die im Rahmen von Feldversuchen bereits Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen in einem gewerblichen Nutzungsszenario gesammelt haben. Dabei handelt es sich um 302 Personen, die ein Elektrofahrzeug „nur“ genutzt haben (Fahrer) und 78 Personen, die auch an der Beschaffungsentscheidung beteiligt waren (Entscheidungsträger). Die Befragten konnten verschiedene Aspekte der genutzten Elektrofahrzeuge auf sechsstufigen Skalen (Endpunktebeschriftung: „trifft überhaupt nicht zu“ = 1 und

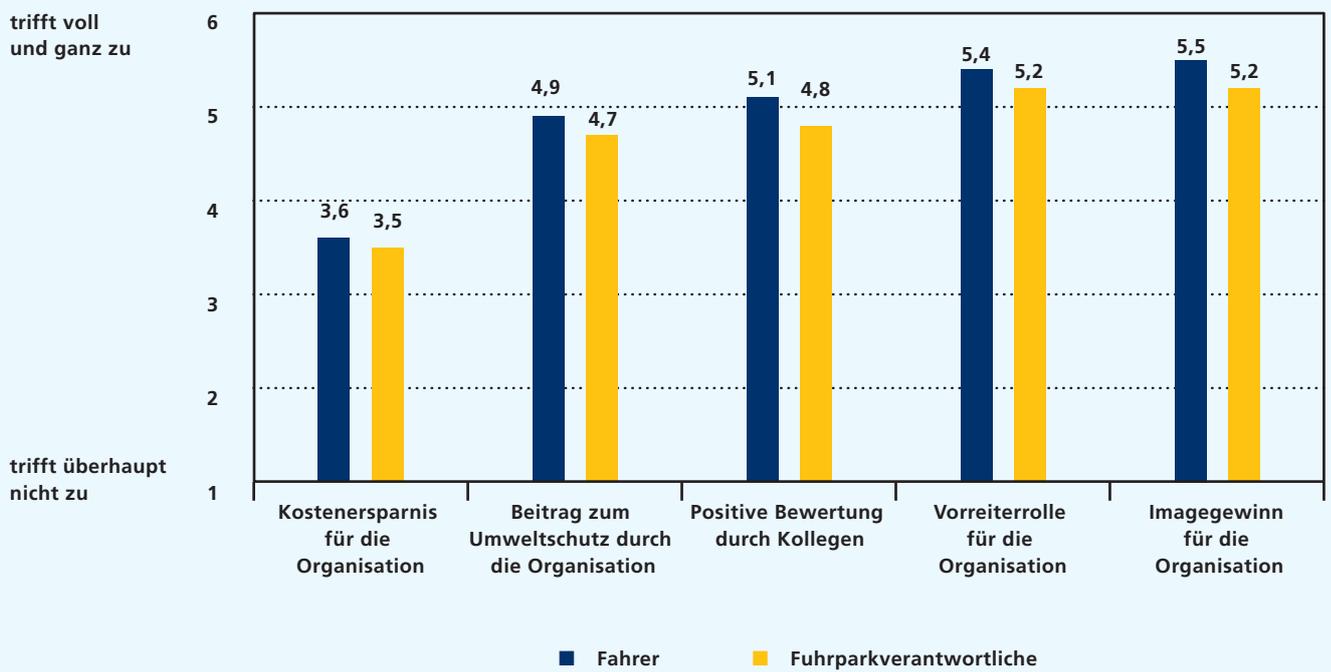
„trifft voll und ganz zu“ = 6) bewerten. Bei den berichteten Ergebnissen handelt es sich um die Mittelwerte der Bewertungen durch die Befragten. Hohe Werte stehen dabei für gute Bewertungen der Elektrofahrzeuge durch ihre Nutzer. Neben der Fragebogenerhebung wurden zudem Leitfadengespräche mit zwölf Fuhrpark- und Projektverantwortlichen aus verschiedenen Organisationen, die an den Feldversuchen teilnehmen, geführt. Durch die offene Gesprächsführung im Rahmen dieser Leitfadengespräche konnten verschiedene Aspekte in detaillierterer Form untersucht werden, als dies mit einem standardisierten Fragebogen möglich ist.

In Abb 3 sind die Bewertungen von Nutzern und Fuhrparkverantwortlichen zu verschiedenen Aspekten der genutzten Elektrofahrzeuge wiedergegeben.

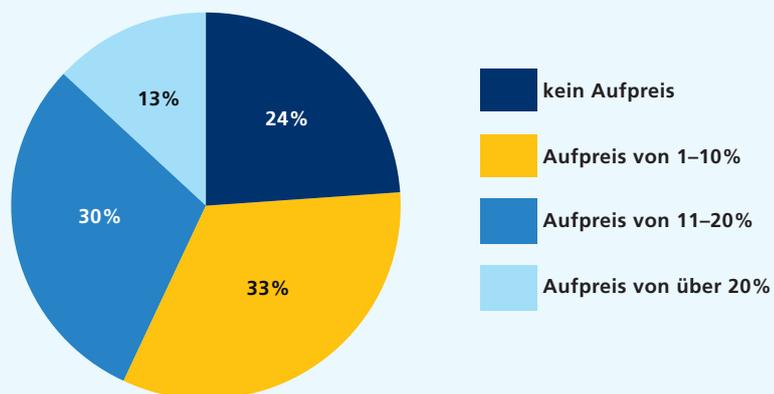
Sowohl Fahrer als auch Entscheidungsträger bewerten Fahrspaß, Einfachheit der Nutzung sowie Sicherheit und Zuverlässigkeit insgesamt positiv. Die Bewertung der Reichweite fällt dagegen mittelmäßig aus. In den ergänzenden Expertengesprächen wurde betont, dass in einem gemischten Fuhrpark mit konventionellen Ersatzfahrzeugen die begrenzte Reichweite von reinen Batteriefahrzeugen kein wirkliches Problem darstellt. Der kombinierte Einsatz von Batteriefahrzeugen (für Fahrten innerhalb ihrer Reichweite) und konventionellen Ersatzfahrzeugen (für Langstrecken) ist jedoch nur dann möglich, wenn die Fahrzeuge ohne große organisatorische Probleme gegeneinander ausgetauscht werden können. In jedem Fall ist mit der Einführung von Elektrofahrzeugen eine Änderung organisationaler Routinen verbunden. Dies gilt sowohl für die Etablierung des Lademanagements als auch für eine etwaige kombinierte Nutzung von konventionellen und batterieelektrischen Fahrzeugen in einem Fuhrpark.

Aus Abb 4 ist zu entnehmen, dass die Nutzung von Elektrofahrzeugen sowohl von Fahrern als auch Entscheidungsträgern mit einem Imagegewinn für das Unternehmen verbunden wird. Ebenso bedeutet der Einsatz aus Sicht der Befragten die

¹⁴ Die Modellregionen Elektromobilität werden vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert und von der Nationalen Organisation für Wasserstoffwirtschaft (NOW GmbH) koordiniert. Im Rahmen der Begleitforschung wurden die Teilnehmer von Feldversuchen mit Elektrofahrzeugen aus mehreren Projekten, die im Rahmen der Modellregionen Elektromobilität gefördert werden, befragt.



▲ Abb 4 Bewertung der Elektrofahrzeuge auf Organisationsebene



▲ Abb 5 Aufpreisbereitschaft von Fuhrparkverantwortlichen bei den Beschaffungskosten

Übernahme einer Vorreiterrolle und einen Beitrag zum Umweltschutz. Die Befragten geben zudem an, dass ihre Kollegen den Einsatz der Elektrofahrzeuge begrüßen. Ob durch den Einsatz der Elektrofahrzeuge eine Kostenersparnis möglich ist, wird von den Befragten unterschiedlich gesehen. Festzuhalten bleibt jedoch, dass knapp ein Viertel der befragten Fuhrparkverantwortlichen zu keinem Aufpreis bei den Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs bereit ist (vergleiche Abb 5). Hinsichtlich der „Total Cost of Ownership“ bedeutet dies sogar eine geringere Zahlungsbereitschaft für Elektrofahrzeuge gegenüber konventionellen Vergleichsfahrzeugen, da die Elektrofahrzeuge durch ihre geringen laufenden Kosten wirtschaftliche Vorteile während der Nutzungsphase bieten können. Es ist jedoch auch möglich, dass manche Befragte bei ihren Antworten die niedrigeren laufenden Kosten nicht bedacht haben. Jeweils circa ein Drittel der Entscheidungsträger wäre bereit bei den Beschaffungskosten einen Aufpreis von 1–10 Prozent bzw. 11–20 Prozent zu tragen. Der Rest der Befragten äußert noch höhere Aufpreisbereitschaften. Unklar bleibt dabei jedoch, inwieweit die Aufpreisbereitschaften auf die geringeren laufenden Kosten von Elektrofahrzeugen zurückzuführen sind, da eine Mehrpreisbereitschaft auch durch nicht-monetäre Vorteile (beispielsweise der Imagegewinn oder der Umweltnutzen) begründet sein können.

Somit lässt sich festhalten, dass die mangelnde Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen aus Sicht von Unternehmen das Haupthemmnis für deren Beschaffung darstellt. Auch die geringe Reichweite wird als nachteilig wahrgenommen, obwohl es dadurch beim Vorhandensein konventioneller Ersatzfahrzeuge nicht zwangsläufig zu Mobilitätseinschränkung für die Fuhrparknutzer kommt. Die meisten Nutzer haben Spaß beim Fahren und keine Probleme bei der Bedienung der Fahrzeuge. Aus Sicht von Unternehmen können der Imagegewinn, das Einnehmen einer Vorreiterrolle und der Wunsch einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten für die Beschaffung von Elektrofahrzeugen sprechen.

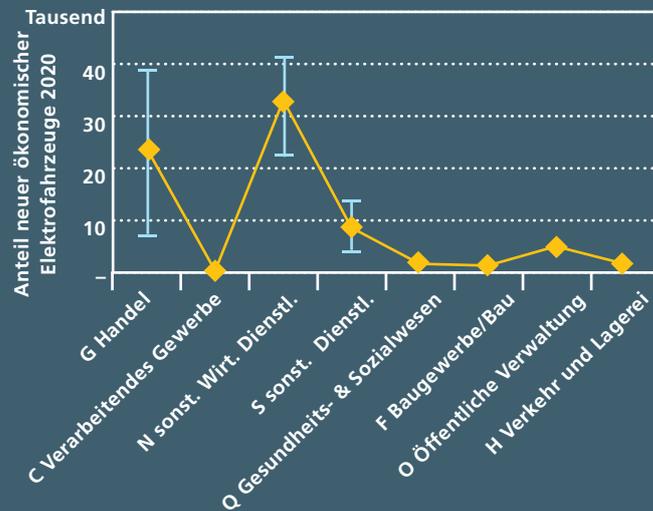
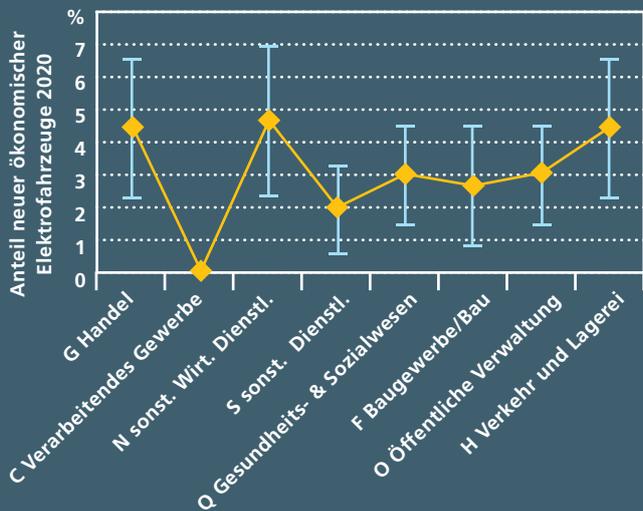
7 POTENZIALE FÜR ELEKTROFAHRZEUGE IN UNTERNEHMENSFLOTTEN

Die letzten Abschnitte haben gezeigt, dass der Wirtschaftsverkehr trotz gewisser Hürden, einen interessanten Erstmarkt für Elektrofahrzeuge darstellt. Es stellt sich allerdings die Frage wie gut der Wirtschaftsverkehr für Elektrofahrzeuge geeignet ist und wie groß das Marktpotenzial in naher Zukunft werden könnte.

Die beschränkte elektrische Reichweite von Elektrofahrzeugen und die geringen laufenden Kosten im Vergleich zu erhöhten Anschaffungsausgaben setzen voraus, dass Elektrofahrzeuge im Jahr viel fahren sollten, aber nicht zu viel pro Tag. Dieser scheinbare Widerspruch lässt sich durch sehr regelmäßigen Einsatz bei etwas überdurchschnittlicher Tagesfahrleistung und fast täglichem Einsatz auflösen. Damit der Wirtschaftsverkehr besser als der Privatverkehr für Elektromobilität geeignet ist, sollten die durchschnittlichen Tagesfahrleistungen über denen des Privatverkehrs liegen. Verschiedene Quellen belegen, dass die typischen Jahres- und Tagesfahrleistungen gewerblicher gehaltener Pkw größer als die privater Pkw sind.¹⁵ Darüber hinaus ist zu prüfen, ob gewerbliche Pkw auch regelmäßiger eingesetzt werden. Hierfür kann man die Schwankungen in den Tagesfahrleistung eines Fahrzeugs über mehrere Tage betrachten. Dazu sind die Daten über einen Beobachtungszeitraum von mehreren Tagen nötig, die lange nicht vorlagen und in den letzten Jahren, motiviert durch Elektromobilität, verstärkt durch das Fraunhofer ISI im Rahmen der verschiedenen Projekte gesammelt wurden.¹⁶

¹⁵ Vgl. Gnann et al. (2014).

¹⁶ Dies gilt nur für gewerbliche Pkw, für private Pkw liegen schon etwas länger derartige Daten für Deutschland vor.



Diese Daten stehen unter www.rem2030.de zum Download zur Verfügung. Es zeigt sich, dass die mittlere Schwankung der Tagesfahrleistungen im gewerblichen Bereich etwas geringer ist als im privaten.¹⁷ Im Wirtschaftsverkehr wird also in der Tat ein wenig regelmäßiger gefahren.

Weiter kann gefragt werden, ob in gewerblichen Flotten viele Fahrten mit reinen Batteriefahrzeugen und ob hohe elektrische Fahranteile möglich wären. Insgesamt scheinen über 80 Prozent der Fahrten innerhalb eines längeren Beobachtungszeitraums im Wirtschaftsverkehr durch Batteriefahrzeuge mit realen elektrischen Reichweiten von circa 120 km ersetzbar zu sein. In den einzelnen Wirtschaftszweigen schwankt dieser Anteil an potenziellen batterieelektrischen Fahrzeugen. Besonders hoch ist er im Bereich Öffentliche Verwaltung und eher niedrig im Transportsektor, in dem insgesamt häufig längere Fahrten vorkommen. Für den Anteil der Kilometer, die mit einem PHEV elektrisch zurückgelegt werden könnten, verhält es sich ähnlich. Circa 60 Prozent aller Kilometer im Wirtschaftsverkehr könnten elektrisch zurückgelegt werden, wenn alle PHEV ungefähr 55 Kilometer elektrischer Reichweite besäßen. Zwischen den Wirtschaftszweigen wiederum kann der Anteil sehr unterschiedlich ausfallen: der Transportsektor weist einen Anteil von etwa 30 Prozent auf, wohingegen der Anteil in der öffentlichen Verwaltung und der Energiebranche sich auf über 80 Prozent beläuft.

Schließlich kann in einem dritten Schritt gefragt werden, welches Potenzial unter ökonomischen Gesichtspunkten bis 2020 möglich wäre. Dies kann mit Hilfe einer Berechnung der Gesamtnutzungskosten (TCO – Total cost of ownership) für jeden Antrieb bei jedem Fahrzeug ermittelt werden. Der Anteil der Fahrzeuge, für die Elektrofahrzeuge in den Gesamtkosten der günstigste Antrieb wäre, wird hier als ökonomisches Potenzial bezeichnet. Für 2020 ergibt sich ein Anteil von 3–5 Prozent aller Neuwagen im Wirtschaftsverkehr, die als Elektrofahrzeuge ökonomisch betrieben werden könnten (siehe Abb 6). Dies

entspricht großen Stückzahlen bei den Neuzulassungen in den Wirtschaftszweigen Handel (G) und Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen (N), da hier insgesamt viele Fahrzeuge zugelassen werden (siehe Tab 2).

Neben der Analyse von Einzelfahrzeugen kann zusätzlich auch das Fahrverhalten und ökonomische Potenzial von Fahrzeugen in Unternehmensflotten näher angeschaut werden. Im Gegensatz zur Einzelfahrzeugbetrachtung kann bei der Analyse von Fahrzeugflotten mit weiteren Einsparungen durch Synergieeffekte innerhalb der Flotte gerechnet werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Fahrten auf Fahrzeuge einer anderen Antriebsart mit günstigeren Kilometerkosten verschoben werden können oder Fahrzeuge sogar durch eine optimierte Tourenplanung und damit besseren Auslastung der anderen Fahrzeuge komplett eingespart werden können. Dadurch ist zu erwarten, dass die elektrische Jahresfahrleistung der Elektrofahrzeuge erhöht wird und eine bessere Integration in einen Fuhrpark stattfinden kann. Im Folgenden werden Untersuchungsergebnisse einer Optimierung auf Basis realer Fahrdaten vorgestellt.¹⁸

Da die Wirtschaftlichkeit in Fuhrparks meist im Vordergrund steht, wurde für die Optimierung der Unternehmensflotten das Ziel formuliert, die Gesamtnutzungskosten zu minimieren. Als Stellgrößen zur Kosteneinsparung stehen die Auswahl der Antriebsart des Fahrzeugs (ICEV, Diesel, BEV, PHEV und REEV) und die Zuordnung einer Fahrt zu einem Fahrzeug zur Verfügung. Dabei kann die optimale Fahrtenzuordnung nur durchgeführt werden, wenn bekannt ist, welche Antriebsarten die Fahrzeuge der Flotte haben. Die optimale Antriebsart eines Fahrzeugs hingegen lässt sich nur dann festlegen, wenn bekannt ist, welche Touren ein Fahrzeug fahren soll. Somit entsteht eine gegenseitige Abhängigkeit, die die Analyse und die Optimierung einer Unternehmensflotte erschwert. Zur Optimierung wurden daher ein schnelles einfaches Näherungsverfahren und ein komplexeres verbessertes Näherungsverfahren eingesetzt. Alle Rechnungen

¹⁷ Vgl. Gnann et al. (2014).

¹⁸ Vgl. Haendel et al. (in Vorbereitung).

◀ **Abb 6** Marktpotenziale für gewerblich gehaltene Elektrofahrzeuge 2020

Verfahren	ICEV	Diesel	BEV	PHEV/REEV
Einzelfahrzeuganalyse	375	117	10	20
Heuristische Analyse	358	118	9	19
Mathematische Optimierung (MIQP)	347	113	26	20

▲ **Tab 3** Anzahl an Fahrzeugen (insgesamt) nach verschiedenen Rechenverfahren²¹

wurden mit Annahmen zu technischen und ökonomischen Parametern für die nahe Zukunft (2020) durchgeführt und folgen der Studie „Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge“.¹⁹

Die Datengrundlage für die Analyse der Einzelfahrzeuge und der Unternehmensflotten ist die Fahrprofil-Datenbank des Fraunhofer ISI. Der verwendete Datensatz enthält die Fahrprofile von 522 gewerblich genutzten Fahrzeugen verteilt auf 146 Unternehmen mit einer ungefähren Aufzeichnungsdauer von drei Wochen. Enthalten sind 14.427 Touren, die durchschnittlich 51,3 Kilometer lang sind und 4,6 Stunden dauern. Als Tour wird dabei eine Fahrt verstanden, die beim Unternehmen beginnt und auch dort wieder endet. Den Berechnungen wurden Eingangsparameter für das mittlere Szenario der Studie „Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge“²⁰ für das Jahr 2020 zugrunde gelegt.

Die Optimierung von Unternehmensflotten zeigt dabei weitere ökonomische Potenziale auf. Wird ein Unternehmen als Analyseeinheit zugrunde gelegt, so lässt sich ein theoretisches Einsparungspotenzial in den Unternehmensflotten von durchschnittlich 5 Prozent im Rahmen der heuristischen Berechnung bzw. 6,4 Prozent bei einer komplexen mathematischen Optimierung bei den jährlichen Gesamtnutzungskosten gegenüber der Einzelfahrzeuganalyse ermitteln. Ein Großteil dieser Einsparung ist dabei auf die Einsparung von Fahrzeugen zurückzuführen. Bei der Betrachtung der Antriebsarten der Fahrzeuge zeigte sich, dass viele Unternehmen mit einer reinen Flotte aus Benzinfahrzeugen am wirtschaftlichsten fahren. Es gibt jedoch einige Unternehmen, die bereits ihre komplette Flotte auf Elektrofahrzeuge umstellen und wirtschaftlich betreiben könnten. In Tab 3 ist die Anzahl an Fahrzeugen über alle Unternehmen hinweg aufgeführt. Es zeigt sich, dass durchschnittlich 6–9 Prozent der Fahrzeuge elektrisch angetrieben werden könnten. Anzumerken ist hier, dass das komplexere Optimierungsverfahren

Elektrifizierungspotenziale besser abbilden kann. Dies spiegelt wider, dass durch eine gute Tourenplanung ein größerer Anteil an Elektrofahrzeugen in Fahrzeugflotten unter wirtschaftlichen Aspekten eingesetzt werden könnten.

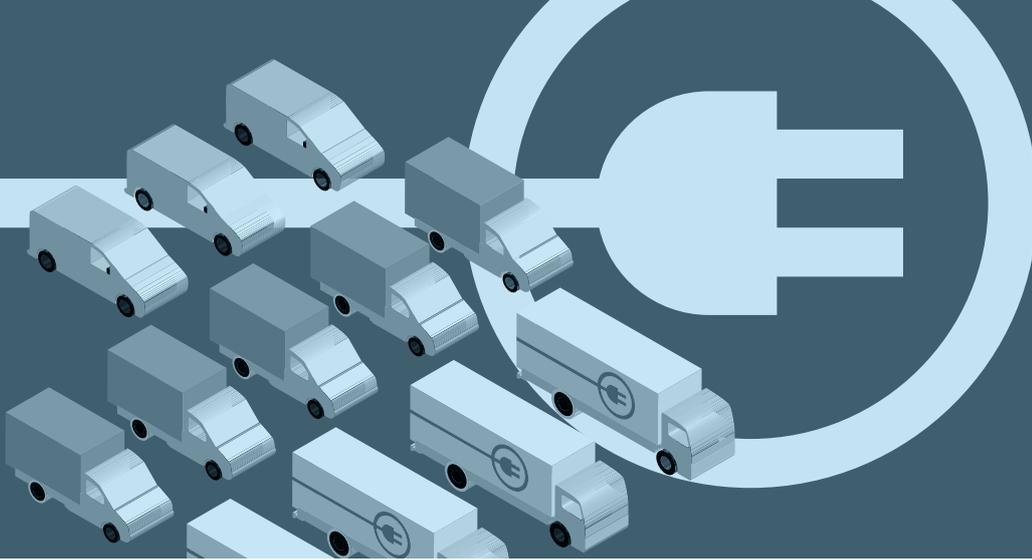
Trotz dieser eher gering anmutenden ökonomischen Potenziale im Vergleich zu den technischen Ersetzungsmöglichkeiten, ist es durchaus möglich, dass diese Potenziale übertroffen werden, sofern weitere Faktoren wie Außenwahrnehmung oder ökologisches Bewusstsein, die teilweise sehr geringen Unterschiede in den Gesamtnutzungskosten überwiegen. Da die bestehenden steuerlichen und finanzbuchhalterischen Vorteile (Abschreibungsmöglichkeiten und Wegfall der Mehrwertsteuer) eventuell bald um Sonderabschreibungsmöglichkeiten für Elektrofahrzeuge ergänzt werden, könnten sich die Potenziale in naher Zukunft deutlich erhöhen.

Zusammenfassend gibt es im Wirtschaftsverkehr klare technische Potenziale für den Einsatz von Elektrofahrzeugen und in naher Zukunft werden auch ökonomische Potenziale hinzukommen. Die Optimierung einer Unternehmensflotte kann zu einer nennenswerten Einsparung an Fahrzeugen führen und zudem den Anteil an Elektrofahrzeugen, der wirtschaftlich betrieben werden kann, durch Synergieeffekte mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen erhöhen.

¹⁹ Vgl. Plötz et al. (2013).

²⁰ Ebd.

²¹ Die hier bei den Rechnungen verwendeten Eingangsparameter unterscheiden sich leicht zu den Eingangsparameter in Abb 6. Die Ergebnisse sind damit nicht direkt miteinander vergleichbar.



9 FAZIT

Welche Rolle können Elektrofahrzeuge im Wirtschaftsverkehr spielen? Dieser Frage geht die vorliegende Broschüre nach. Konzentriert man sich dabei auf vierrädige Fahrzeuge, die ganz oder teilweise rein elektrisch fahren und über das Stromnetz aufgeladen werden können, so weisen verschiedene Aspekte auf gute Einsatzmöglichkeiten im Wirtschaftsverkehr hin. Zum einen spielen rein ökonomische Überlegungen eine nennenswerte Rolle im Wirtschaftsverkehr und Elektrofahrzeuge können bald in gewissen Anwendungsbereichen durch ihre niedrigen Betriebskosten überzeugen. Zum anderen erlauben die höheren Jahresfahrleistungen im Wirtschaftsverkehr eine schnellere Amortisation der Anschaffungsausgaben als im Privatverkehr. Da gewerblich gehaltene Pkw seltener einzelne lange Fahrten zurücklegen als Privat-Pkw, das heißt regelmäßiger fahren, stellt die begrenzte elektrische Reichweite der verschiedenen elektrischen Antriebskonzepte ein geringeres Problem dar. Zudem stellen der Wegfall der Mehrwertsteuer und bestehende Abschreibungsmöglichkeiten deutliche Vorteile gegenüber dem Privatverkehr dar, die in naher Zukunft um Sonderabschreibungsmöglichkeiten für Elektrofahrzeuge erweitert werden könnten.²²

Innerhalb des Wirtschaftsverkehrs sind mit den bisherigen Daten kaum Unterschiede zwischen einzelnen Wirtschaftszweigen auszumachen. Allerdings werden in den Sektoren Handel, Verarbeitendes Gewerbe und Sonstige Dienstleistungen insgesamt sehr viele Fahrzeuge gehalten, so dass hier auch eine große Anzahl von Elektrofahrzeugen erwartet werden kann.

Im einzelnen Unternehmen wird die Integration von Elektrofahrzeugen leichter, wenn eine große Flotte mit konventionellen Fahrzeugen zu Verfügung steht, auf die notfalls zurückgegriffen werden kann. Es zeigt sich aber auch, dass gerade in großen Flotten vermutlich nicht nur Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge ersetzt, sondern ganze Fahrzeuge eingespart werden können. Dies ist sowohl ökonomisch als auch ökologisch der Integration von Elektrofahrzeugen vorzuziehen.

²² Vgl. Plötz et al. (2013) sowie Wietschel et al. (2014).

10 ABKÜRZUNGEN UND BEGRIFFE²³

ABKÜRZUNGEN

BEV	Batteriefahrzeug (battery electric vehicle)
CV	Konventionelles Fahrzeug (conventional vehicle)
FCEV	Brennstoffzellenfahrzeug
ICEV	Verbrennungsmotorisches Fahrzeug (internal combustion engine vehicle)
PHEV	Plug-in-Hybrid-Fahrzeug (plug-in hybrid electric vehicle)
REEV	Elektrofahrzeug mit zusätzlichem Verbrennungsmotor (range extended electric vehicle)

BEGRIFFE

CO ₂ -Äquivalent	Das Treibhauspotenzial (englisch: Global Warming Potential, Greenhouse Warming Potential oder GWP) oder CO ₂ -Äquivalent gibt an, wie viel eine festgelegte Menge eines Treibhausgases zum Treibhauseffekt beiträgt.
Externe Kosten	Negative externe Effekte werden auch als externe oder soziale Kosten, positive als externer Nutzen oder sozialer Ertrag bezeichnet. Extern heißt dabei, dass die Effekte (Nebenwirkungen) eines Verhaltens nicht (ausreichend) im Markt berücksichtigt werden.
Hybridantrieb	bezeichnet die Kombination verschiedener Techniken für den Fahrzeugantrieb. Im Falle eines Hybridfahrzeugs werden dabei zumeist ein Verbrennungs- in Kombination mit einem Elektromotor oder einer Brennstoffzelle verstanden.

Mikrohybrid

Grundsätzlich kennzeichnet ein Hybridfahrzeug das Vorhandensein zweier unterschiedlicher Antriebsquellen, was beim sogenannten Mikrohybrid nicht der Fall ist. Mikrohybridfahrzeuge verfügen über eine Start-Stopp-Automatik und Bremsenergieerückgewinnung zum Laden des kleinen Starterakkus. Die Elektro-Maschine wird aber nicht zum Antrieb des Fahrzeugs genutzt. Vorteil ist, wie bei allen Hybridautomobilen, eine Kraftstoffesparung.

Mildhybrid

Der Elektroantriebsteil unterstützt den Verbrennungsmotor zur Leistungssteigerung. Die Bremsenergie kann in einer Nutzbremse teilweise wiedergewonnen werden. Parallel arbeitende Hybridantriebe werden oft als Mildhybrid ausgeführt.

Paralleler Hybrid

Ein paralleler Hybrid besitzt im Vergleich zum seriellen Hybrid zwei Traktionsmotoren, die beide zum Antrieb eines Fahrzeugs verwendet werden können.

Plug-in Hybrid

oder Plug-in-Hybrid-Fahrzeug (PHEV): ein Pkw mit Hybridantrieb, dessen Batterie zusätzlich über das Stromnetz extern geladen werden kann.

Serieller Hybrid

Bei einem seriellen Hybrid ist im Vergleich zum parallelen nur ein Traktionsmotor vorhanden, der zweite Motor ist vorgelagert und dient nicht zum direkten Antrieb des Fahrzeugs. Ein Beispiel hierfür ist ein Fahrzeug mit Range-Extender, das einen Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeugs verwendet, dessen Batterie mit einem zusätzlichen Verbrennungsmotor aufgeladen werden kann.

Vollhybrid

Vollhybridfahrzeuge sind mit ihrer elektromotorischen Leistung von mehr als 20 kW/t in der Lage, auch rein elektromotorisch zu fahren (einschließlich Anfahren und Beschleunigen) und stellen daher die Grundlage für einen Seriell-Hybrid dar.

²³ Alle Begriffserläuterungen aus Wikipedia, August 2011.

11 LITERATURQUELLEN

- Al-Alawi und Bradley (2013):** *Review of hybrid, plug-in hybrid, and electric vehicle market modeling studies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 21, S. 190–203. Bundesregierung (2011): „Regierungsprogramm Elektromobilität“. Berlin: BMWi, BMVBS, BMW, BMBF.
- Bundesregierung (2011):** *Regierungsprogramm Elektromobilität*. Berlin: BMWi, BMVBS, BMW, BMBF.
- Büro für Technologiefolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) (2013):** *Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt* (Autoren: Peters, A., Doll, C., Kley, F., Plötz, P., Sauer, A., Schade, W., Thielmann A., Wietschel, M., Zanker, C.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 153, Berlin.
- Gnann, T.; Plötz, P.; Funke, S.; Wietschel, M. (2014):** *What is the market potential of electric vehicles as commercial passenger cars? A case study from Germany*. Working Papers Sustainability and Innovation, No. S 14/2014; http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e-x/working-papers-sustainability-and-innovation/WP14-2014_Gnann-Plötz-Funke-Wietschel_commercial_EVs.pdf
- Gnann, T.; Plötz, P.; Zischler, F.; Wietschel, M. (2012):** *Elektromobilität im Personenwirtschaftsverkehr – eine Potenzialanalyse*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 48 Seiten.
- Haendel, M.; Gnann, T. und Plötz, P. (in Vorbereitung):** *Optimierung und Potenziale für Elektrofahrzeuge in Fuhrparks*. Bericht im Rahmen des Projektes „Get eReady“. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Held, M. und Baumann, M. (2011):** *Assessment of the environmental impacts of electric vehicle concepts*. 43rd LCA Discussion Forum, Life Cycle Assessment of Electromobility, ETH Zürich.
- International Energy Agency (IEA) (2010):** *Energy Technology Perspectives 2010*. Paris: IEA.
- Kahn Ribeiro, S. et al. (2007):** *Transport and its infrastructure*. Climate Change 2007: Mitigation (Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], 2007).
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) (2013):** *Fahrzeugzulassungen 2013 nach Wirtschaftszweigen und Untergruppen und Fahrzeuggrößen*. Sonderauswertung für das Fraunhofer ISI. Flensburg, Kraftfahrt-Bundesamt 2013.
- Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (KiD) (2002):** IVS, IVT, WVI, KBA, und P.U.T.V. 2003. *Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2002 (KiD2002) – Kurzbericht*. Institut für Verkehr- und Stadtbauwesen der TU Braunschweig, IVT Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V., WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH, KBA Kraftfahrt-Bundesamt, und P.U.T.V. Projektplanung, Unternehmensberatung, Transport und Verkehr. <http://www.kid2010.de/de/page&id=5&navid=305>.
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2014):** *Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung*. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO). Berlin 2014.
- Plötz, P.; Gnann, T.; Kühn, A. und Wietschel, M. (2013):** *Markthochlaufszzenarien für Elektrofahrzeuge – Langfassung*. Studie im Auftrag der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Arbeitsgruppe 7 der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Steinmeyer, I. (2007):** *Definition und Bedeutung des Personenwirtschaftsverkehrs – Ein Sachstandsbericht aus dem Jahr 2006*. *Wirtschaftsverkehr in der Verkehrsplanung*. Beiträge aus dem Verkehrsplanungsseminar 2005/2006. Schriftenreihe A des Instituts für Land- und Seeverkehr 44. Seiten 23–44.
- Wietschel, M.; Dallinger, D.; Doll, C.; Gnann, T.; Held, M.; Kley, F.; Lerch, C.; Marscheider-Weidemann, F.; Mattes, K.; Peters, A.; Plötz, P.; Schröter, M. (2011):** *Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2011, 32 Seiten, <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-185977.html>.

Wietschel, M.; Gnann, T.; Plötz, P. und Ullrich, S. (2014):
Wirkung von Förderinstrumenten auf den Markthochlauf von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Ergänzende Studie zur Studie Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge im Auftrag der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Arbeitsgruppe 7 der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). Karlsruhe, Fraunhofer ISI.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe

Projektbetreuung

Dr. Patrick Plötz

Autoren (alphabetisch)

Elisabeth Dütschke
Joachim Globisch
Till Gnann
Michael Haendel
Patrick Plötz
Sandra Ullrich
Martin Wietschel
Michael Held

Kontakt

Dr. Patrick Plötz
Telefon +49 721 6809-289
Fax +49 721 6809-272
E-Mail patrick.ploetz@isi.fraunhofer.de

Gestaltung und Realisation

Illustrationen

Sabine Wurst

Druck

Stober GmbH
Druck und Verlag, Eggenstein

1. Auflage 1.000 Stück

Bestellung

Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI
Bibliothek
Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe
Telefon +49 721 6809-254
Fax +49 721 6809-272
E-Mail patrick.ploetz@isi.fraunhofer.de
Web www.isi.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI
Karlsruhe 2014

Förderung im Rahmen des Schaufensters
Elektromobilität livinglab BWe mobil



Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI analysiert Entstehung und Auswirkungen von Innovationen. Wir erforschen die kurz- und langfristigen Entwicklungen von Innovationsprozessen und die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien und Dienstleistungen. Auf dieser Grundlage stellen wir unseren Auftraggebern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft Handlungsempfehlungen und Perspektiven für wichtige Entscheidungen zur Verfügung. Unsere Expertise liegt in der fundierten wissenschaftlichen Kompetenz sowie einem interdisziplinären und systemischen Forschungsansatz.

Mit momentan rund 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in den Bereichen Wissenschaft, Technik und Verwaltung bieten wir ein hoch motiviertes Team. Die Steigerung des Jahresbudgets im Jahr 2013 auf knapp 24 Millionen Euro, das in mehr als 380 Projekten erwirtschaftet wurde, ist Ausdruck dieser erfolgreichen Arbeit.