



InitiativeE Berlin- Brandenburg (Schlussbericht)

Elektrische Flottenfahrzeuge für
die Hauptstadtregion

30.06.2017

Institut für Verkehrsforschung
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Erneuerbar
mobil

FuE-Programm "Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Abschlussbericht

Vorhabenbezeichnung:

Elektrische Flottenfahrzeuge für die Hauptstadtregion InitiativeE Berlin-Brandenburg - InitiativeE-BB

Teilprojekt: Wissenschaftliche Begleitforschung

Laufzeit des Vorhabens:

vom: 01.01.2014

bis: 31.12.2016

Zuwendungsempfänger:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
(DLR)

Institut für Verkehrsforschung

Rutherfordstr. 2

12489 Berlin

Förderkennzeichen:

16EM2066-2

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Tabellenverzeichnis | 5 |
| Abbildungsverzeichnis | 6 |
| Abkürzungsverzeichnis | 9 |
| Executive Summary | 10 |
| 1. Einleitung | 11 |
| 1.1. Gesamtziel des Verbundes..... | 11 |
| 1.2. Aufgabenstellung | 11 |
| 1.3. Arbeitsplan und methodische Vorgehen | 11 |
| Definition der Zielgruppe | 11 |
| Fahrzeuge..... | 12 |
| Methodische Vorgehensweise..... | 13 |
| 2. Ergebnisse der Begleitforschung..... | 15 |
| 2.1. Profil der Elektrofahrzeughalter | 15 |
| Soziodemographische Struktur und Unternehmensstruktur..... | 15 |
| Ersetzte Fahrzeuge..... | 16 |
| Zusammenfassung | 17 |
| 2.2. Motive zur Fahrzeuganschaffung und Anschaffungsprozess | 17 |
| Motive zur Fahrzeuganschaffung | 17 |
| Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Unternehmen..... | 19 |
| Anschaffungsprozess | 19 |
| Erfahrungen vor der Anschaffung und sozialer Umfeld | 19 |
| Bewertung von Maßnahmen zur Förderung von Elektromobilität..... | 20 |
| Zusammenfassung | 21 |
| 2.3. Bewertung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen aus Nutzersicht | 21 |
| Bewertung der Fahrzeugeigenschaften | 21 |
| Bewertung weiterer Aspekte des Einsatzes von Elektrofahrzeugen | 24 |
| Wichtigste Vorteile des Einsatzes von Elektrofahrzeugen..... | 26 |
| Akzeptanz und Zufriedenheit | 27 |
| Zusammenfassung | 28 |
| 2.4. Fahrzeugnutzung: Fahren | 28 |
| Tages- und Jahresfahrleistung | 28 |
| Tourenmuster und Einsatzgebiet | 30 |
| Einsatzzwecke..... | 31 |
| Änderung des Fahrverhaltens und Aspekte der Fahrtenplanung..... | 32 |

| | |
|--|-----------|
| Einschränkungen bei der Nutzung | 33 |
| Nutzung unterstützender IKT Dienste..... | 34 |
| Zusammenfassung | 35 |
| 2.5. Fahrzeugnutzung: Laden und Energiebedarf..... | 35 |
| Ladeverhalten | 35 |
| Ladestandorte und Ladeinfrastruktur | 38 |
| Schnellladen | 39 |
| Energieverbrauch | 40 |
| Zusammenfassung | 41 |
| 2.6. Modellierung der Fahrzeugflotte | 41 |
| Modellierungsansatz | 41 |
| Ergebnisse der Szenario-Rechnungen..... | 42 |
| Zusammenfassung | 45 |
| 2.7. Umweltauswirkungen..... | 45 |
| Methodik zur Berechnung der Umweltauswirkungen..... | 46 |
| Optimierungspotenziale | 50 |
| Aggregierte Umweltauswirkungen..... | 52 |
| Zusammenfassung | 54 |
| 2.8. Fazit, Ausblick und Handlungsfelder zur Förderung von Elektromobilität | 55 |
| Übersicht der Handlungsfelder im Bereich Elektromobilität | 55 |
| Handlungsfeld Politik | 58 |
| 3. Verwertung, Zukunftsaussichten und weiterer Forschungsbedarf | 60 |
| Verwertung der Ergebnisse | 60 |
| Zukunftsaussichten und weiterer Forschungsbedarf | 61 |
| 4. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) | 63 |
| Literaturverzeichnis | 64 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Mobilitätskennziffern nach Antriebsart im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen, gewerbliche Nutzer, Mittelklasse-Fahrzeuge | 30 |
| Tabelle 2: Zentrale Kennziffer der Ladevorgänge nach Antriebsart | 36 |
| Tabelle 3: Emissionsfaktoren pro Stromquelle in gCO ₂ /kWh (GEMIS 4.95, IINAS, Öko-Institut e.V., 2016) ... | 47 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Fahrzeugflotte im Projekt „Initiative Berlin-Brandenburg“ | 12 |
| Abbildung 2: Übersicht der methodischen Vorgehensweise | 13 |
| Abbildung 3: Auszug aus der Informationsbroschüre für die Teilnehmer | 14 |
| Abbildung 4: Verteilung der Unternehmen nach Wirtschaftszweige | 16 |
| Abbildung 5: Bewertung der Wichtigkeit verschiedener Aspekte bei der Fahrzeuganschaffung..... | 18 |
| Abbildung 6: Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung von Elektromobilität..... | 20 |
| Abbildung 7: Wünschenswerte Höhe der Kaufpreissubvention | 21 |
| Abbildung 8: Bewertung der Fahrzeugeigenschaften | 22 |
| Abbildung 9: Bewertung des Aufwandes beim Laden eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zum Tanken eines konventionellen Fahrzeugs..... | 23 |
| Abbildung 10: Bewertung der Elektrofahrzeugeigenschaften | 23 |
| Abbildung 11: Bewertung verschiedener Aspekte des Einsatzes von Elektrofahrzeugen im Alltag | 24 |
| Abbildung 12: Bewertung verschiedener Aspekte der Umweltfreundlichkeit der Elektrofahrzeuge..... | 25 |
| Abbildung 13: Bewertung der gesellschaftlichen Wahrnehmung von Elektrofahrzeugen..... | 25 |
| Abbildung 14: Bewertung der Gesamtwirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge aus Nutzersicht | 25 |
| Abbildung 15: Bewertung einzelner Aspekte der Wirtschaftlichkeit des Elektrofahrzeugs aus Nutzersicht ... | 26 |
| Abbildung 16: Zeitliche Nutzung der Elektrofahrzeuge in Stunden pro Tag (Links) und in Tagen pro Woche (Rechts)..... | 29 |
| Abbildung 17: Tagesganglinien der durchgeführten Fahrten nach Nutzungsart | 29 |
| Abbildung 18: Tourenmuster | 31 |
| Abbildung 19: Einsatzgebiet der gewerblichen Elektrofahrzeuge | 31 |
| Abbildung 20: Wegezwecke der gewerblichen Nutzer | 32 |
| Abbildung 21: Wichtige Aspekte bei der Planung der Touren | 33 |
| Abbildung 22: Überblick der am häufigsten genannten Einschränkungen bei der Nutzung der Elektrofahrzeuge..... | 34 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 23: Nutzung unterstützender IKT Dienste..... | 35 |
| Abbildung 24: Zu welchen Gelegenheiten wird geladen, Mehrfachnennungen möglich | 36 |
| Abbildung 25: Ladezeitpunkte der gewerblichen und privaten Nutzer, Mehrfachnennungen möglich..... | 37 |
| Abbildung 26: Tagesgang des Energieflusses aufgrund laufender Ladevorgänge dargestellt nach typischen Lademustern | 38 |
| Abbildung 27: Nutzungshäufigkeit unterschiedlicher Ladestandorte, Mehrfachnennungen möglich | 38 |
| Abbildung 28: Subjektiv eingeschätzte Wichtigkeit der Möglichkeit einer Schnellladung der Batterie | 40 |
| Abbildung 29: Abhängigkeit des Energieverbrauchs von der Außentemperatur | 40 |
| Abbildung 30: Ansatz des Fahrzeugnachfragemodells ECCO | 42 |
| Abbildung 31: Anzahl Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand in dem Szenario „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts)..... | 43 |
| Abbildung 32: Anzahl Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand je Haltergruppe in dem Szenario „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts) | 43 |
| Abbildung 33: Anteil der Antriebsarten (BEV und PHEV) in der Elektrofahrzeugflotte in den Szenarien „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts) | 44 |
| Abbildung 34: Anzahl elektrisch gefahrener Kilometer im Jahr im Szenario „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts)..... | 44 |
| Abbildung 35: Ansatz zum Vergleich der CO ₂ Emissionen von Elektrofahrzeuge mit konventionellen Fahrzeugen | 46 |
| Abbildung 36: Modellalgorithmus zu Berechnung der indirekten CO ₂ -Emissionen von Elektrofahrzeugen... 46 | 46 |
| Abbildung 37: Stromerzeugung und Stromverbrauch in Deutschland am 12. Januar 2015 (Links) und am 12. Juli 2015 (Rechts), Quelle: Agora Energiewende, 2017 | 48 |
| Abbildung 38: Stromerzeugung und Stromverbrauch in Deutschland am 12. Januar 2015 (Links) und am 12. Juli 2015 (Rechts), Quelle: Agora Energiewende, 2017 | 48 |
| Abbildung 39: Kumulierte Prozente der indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge (Links) und der gCO ₂ pro geladene kWh (Rechts) | 49 |
| Abbildung 40: Unterschiede in dem Emissionsgehalt nach Cluster | 49 |
| Abbildung 41: Ganglinien der Ladevorgänge im Vergleich zu Ladevorgängen inkl. Plug-In Zeit | 50 |
| Abbildung 42: Emissionsreduktionspotenziale..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 43: Tagesgang der Ladevorgänge beim konventionellen Laden und beim gesteuerten Laden nach Zeitpunkt des Ladestarts | 52 |
| Abbildung 44: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Nische“ | 53 |
| Abbildung 45: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Trend“ | 53 |
| Abbildung 46: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Nische“ nach Segmenten | 54 |
| Abbildung 47: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Trend“ nach Fahrzeugsegmenten | 54 |
| Abbildung 48: Bereiche der Elektromobilität | 55 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|---|
| BEV | Reines Elektrofahrzeug (Englisch: Battery Electric Vehicle) |
| BMUB | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit |
| E-Fahrzeug | Elektrofahrzeug |
| KiD | Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland |
| km | Kilometer |
| kW | Kilowatt |
| kWh | Kilowattstunde |
| MiD | Mobilität in Deutschland |
| Mrd. | Milliarden |
| Pkw | Personenkraftwagen |
| PHEV | Aufladbares Hybrid Fahrzeug (Englisch: Plug-In Hybrid Electric Vehicle) |
| REEV | Fahrzeug mit Range Extender (Englisch: Range Extender Electric Vehicle) |

Executive Summary

Die Bundesregierung hat das Ziel einen erheblichen Teil der Fahrzeugflotte zu elektrifizieren, um gegen die steigende Umweltbelastung durch den Straßenverkehr entgegen zu wirken. In der Markteinführungsphase wurden daher diverse Projekte gefördert, die das Potenzial der Elektromobilität untersuchen sollten. Eines dieser Vorhaben war „Initiative Berlin-Brandenburg“. Ziel des Projekts war es Elektrofahrzeuge vor allem in gewerbliche Fahrzeugflotten einzuführen und den Einsatz der Fahrzeuge im Realbetrieb zu testen. Insgesamt erfolgte im Rahmen des Projekts die Markteinführung von 370 Elektrofahrzeugen.

Das Institut für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hatte im Rahmen des Projekts eine Begleitforschung mit Schwerpunkt auf der Untersuchung der Nutzung, der Akzeptanz sowie der Umweltauswirkungen der Fahrzeuge durchgeführt. Hierfür wurden Online-Befragungen und Fokusgruppendifkussionen mit Nutzern durchgeführt, Fahrzeugnutzungsdaten erfasst, sowie modellunterstützt das Nachfragepotenzial und die Umweltauswirkungen von Elektrofahrzeugen berechnet.

Die Ergebnisse der Begleitforschung zeigen, dass die wichtigsten Vorteile des Einsatzes von Elektrofahrzeugen aus Nutzersicht das dadurch erreichte positive Image, die Vorreiterrolle, Emissions- und Betriebskostenreduktion, sowie die große Zufriedenheit bei den Mitarbeitern sind. Insgesamt ist die Akzeptanz der Fahrzeuge im Unternehmen und in seinem Umfeld sehr hoch. Hinsichtlich der Nutzung der Fahrzeuge zeigen die Analysen, dass sich verschiedene Charakteristiken der Tourenmuster der im Projekt eingesetzten Elektrofahrzeuge kaum von denen konventioneller Pkw unterscheiden. Einschränkungen bei der Nutzung sind die für manche Fahrten unzureichende Reichweite sowie ein größerer Planungsaufwand. Die Nutzer betonen allerdings, dass mit guter Planung die Nutzung der Elektrofahrzeuge problemlos ist. Das Ladeverhalten der Teilnehmer charakterisiert sich durch relativ kurze und häufige Ladevorgänge, die am häufigsten auf dem Betriebsgelände, auf dem privaten Grundstück oder entlang der Route stattfinden.

Die Berechnung des Nachfragepotenzials und der daraus resultierenden Umweltauswirkungen zeigen, dass der Einsatz erneuerbarer Energien eine entscheidende Rolle für die Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen spielt. Es wurden zwei Szenarien mit unterschiedlich hohen Emissionsreduktionspotenzialen durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen berechnet und diskutiert.

Auf Basis der Erkenntnisse aus dem Projekt wurden verschiedene Handlungsfelder identifiziert, die in der Summe das Vorantreiben des Themas fördern können. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Elektrofahrzeuge bereits heute alltagstauglich sind und konventionelle Fahrzeuge in gewerblichen Flotten ersetzen oder sinnvoll ergänzen können. Eine individuelle Analyse der Anforderungen ist notwendig, um Einsatzmöglichkeiten zu identifizieren. Im Handlungsfeld Ladeinfrastruktur sind ein bedarfsgerechter Ausbau der (halb-)öffentlichen Lademöglichkeiten insbesondere im ländlichen Raum sowie die Entwicklung einheitlicher Abrechnungssysteme notwendig. Im Fahrzeugmarktbereich ist das aktuelle Angebot im Pkw-Segment dem Bedarf entsprechend sehr gut. Nachholbedarf besteht im Angebot leichter Nutzfahrzeuge mit einer höheren Nutzlastkapazität. Im Bereich Akzeptanz führen die zunehmende Sichtbarkeit von Elektrofahrzeugen auf den Straßen und die zunehmende Medienpräsenz des Themas Elektromobilität zu einem Wandel in der Gesellschaft, der sich durch mehr Offenheit gegenüber dem Thema charakterisiert.

Politische Maßnahmen in den oben aufgeführten Bereichen auf nationaler und auch auf regionaler Ebene können fördernd für den Einsatz von Elektrofahrzeugen sein. Auf nationaler Ebene müssen die Rahmen für die Förderung der Elektromobilität geschaffen werden, z.B. durch entsprechende Gesetzänderungen. Auf regionaler Ebene sind allerdings individuelle Lösungen bzw. Maßnahmen notwendig, die regionsspezifische Probleme und Bedürfnisse adressieren.

1. Einleitung

1.1. Gesamtziel des Verbundes

Das Projekt „InitiativE Berlin-Brandenburg“ wurde im Rahmen des Programms des BMUB zur Förderung von Vorhaben im Bereich der Elektromobilität als ein Projekt zur Markteinführung von bis zu 500 Elektrofahrzeugen in Fuhrparks von Unternehmen und Institutionen sowie öffentlichen Einrichtungen in der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg initiiert.

Ziel des Gesamtvorhabens war es, die Potentiale bei Unternehmen und privaten Institutionen sowie (halb-) öffentlichen Institutionen in der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg zu erschließen. Diese Zielgruppen sollen über ihre Möglichkeiten bei der Nutzung der Elektromobilität informiert und motiviert werden, Elektrofahrzeuge und entsprechende Ladeinfrastruktur einzusetzen.

1.2. Aufgabenstellung

Das Institut für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) hat im Rahmen des Verbundprojekts eine wissenschaftliche Begleitforschung durchgeführt. Diese soll das Projekt um Untersuchungen zu Nutzerakzeptanz, Nutzungsverhalten und Umweltauswirkungen unter Alltagsbedingungen bereichern.

Die Untersuchung der Nutzerakzeptanz fußt auf der Analyse der Erfahrungen, welche die Nutzer im Laufe der Projektlaufzeit mit den Fahrzeugen gemacht haben. Dafür werden Einstellungen und Präferenzen der Fahrzeugnutzer vor und nach der Fahrzeugübergabe beschrieben und verglichen. Mittels der Erfassung und Beschreibung des Mobilitätsverhaltens wird das Nutzungsverhalten analysiert, Treiber und Hemmnisse der Elektromobilität aufgedeckt und letztendlich die aggregierten Umweltauswirkungen abgeleitet. Zusätzlich wird das Nachfragepotenzial an Elektrofahrzeugen in der deutschen Pkw-Flotte quantifiziert.

Die folgenden Forschungsfragen stehen dabei im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Begleitforschung:

1. Ändern sich Einstellungen zur Elektromobilität und Mobilitätsverhalten betrieblicher Fahrzeugnutzer nach Erfahrungen im Umgang mit der Elektromobilität?
2. Wie werden die Fahrzeuge im alltäglichen Einsatz genutzt? Welche Schlüsse zu Nutzerbedürfnissen, beispielsweise hinsichtlich Ladeinfrastrukturen, und Nutzerverhalten lassen sich daraus ziehen?
3. Welche Einschränkungen bringt die Nutzung der neuen Technologie im gewerblichen Einsatz mit sich und wie lassen sich diese in der alltäglichen Nutzung handhaben?
4. Wie entwickeln sich Absatzpotenziale von Elektrofahrzeugen in Deutschland und welche Faktoren beeinflussen dies? Welche Umweltvorteile gehen mit steigenden Absatzzahlen einher?

1.3. Arbeitsplan und methodische Vorgehen

Definition der Zielgruppe

Die Zielgruppe des Projekts waren hauptsächlich gewerbliche Nutzer. Insgesamt haben 145 Unternehmen am Projekt teilgenommen. Zusätzlich wurden im Rahmen des Vorhabens allerdings auch einzelne private Nutzer (insgesamt 16 Privatpersonen) in der Förderung eingeschlossen. Neben einer Unterscheidung nach

Zulassungsart der Fahrzeuge wurde im Rahmen der Begleitforschung auch zwischen fünf Nutzungsarten unterschieden. Mit einem entsprechenden Filter in der durchgeführten Online-Befragung konnte die Stichprobe nach Fahrzeugen aufgeteilt, die rein gewerblich (39%), vorwiegend gewerblich (35%), teilweise gewerblich/teilweise privat (14%), vorwiegend privat (4%) und ausschließlich privat (9%) genutzt werden.

Fahrzeuge

Insgesamt gibt es in Deutschland (Stand 2017) ca. 55.000 Fahrzeuge mit einem (teil-) elektrischen Antrieb und externer Auflademöglichkeit (KBA, 2017). Insgesamt sind momentan mehr als 40 Fahrzeugmodelle, inklusive Plug-In Hybride (PHEV) und Elektrofahrzeuge mit einem Range Extender (REEV), verfügbar. Am meisten Angebot gibt es in der Kompaktklasse mit 12 Modellen, gefolgt von Geländewagen mit acht Modellen und Kleinwagen mit sieben Modellen. In der Mittel- und Oberklasse dominieren vor allem PHEV-Modelle, bei Vans und Kleinwagen gibt es beinahe ausschließlich BEVs, d.h. rein batteriebetriebene Fahrzeuge (NPE, 2016).

In dieser Studie wurden die Teilnehmer in gewerbliche und private Nutzer eingeteilt. Die Zahl der gewerblich genutzten Fahrzeuge im deutschen Bestand beträgt rund 4,7 Millionen Fahrzeuge bzw. 10,4 Prozent des Gesamtbestandes und liegt damit deutlich unter dem Anteil privat genutzter PKW mit knapp 40,4 Millionen Fahrzeugen. Dem gegenüber steht ein seit 2006 deutlich zunehmender Trend bei den Neuzulassungen: Der Anteil der gewerblichen Neuzulassungen übersteigt den der privaten Halter deutlich. 2015 machten die gewerblichen Neuzulassungen zwei Drittel aus (KBA, 2016). Der Trend lässt sich auf die kürzere Haltedauer von gewerblichen Pkw und dem großen Gebrauchtwagenmarkt für private Nutzer zurückführen, in den zahlreiche Fahrzeuge aus dem gewerblichen Verkehr eingehen. Deutlich wird daran der Hebel von gewerblichen Nutzern in Hinsicht auf die Elektromobilität (Fraunhofer ISI, 2014). Es zeigt aber auch die Relevanz für die Weiterentwicklung der privaten Fahrzeugflotte auf, denn die Fahrzeuge finden nach 2-3 jähriger gewerblicher Nutzung ihren Weg in den Privatmarkt.

Bei den Fahrzeugen, die im Rahmen des Projekts „InitiativE Berlin-Brandenburg“ geleast wurden, handelt es sich hauptsächlich um batteriebetriebene Elektroautos (BEVs). Im Gegensatz zu den privaten Nutzern, bei denen es sich bei 69% der geleasten Fahrzeuge um ein Plug-In Hybrid handelte, zeigt sich bei gewerblichen Nutzern eine klare Dominanz der rein batteriebetriebenen Fahrzeuge mit 60%. Die Flottenzusammensetzung nach Antriebsart und Fahrzeugmodell ist auf Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Fahrzeugflotte im Projekt „InitiativE Berlin-Brandenburg“

Methodische Vorgehensweise

Zu einer umfassenden Beantwortung der eingangs gestellten Forschungsfragen wurde im Rahmen der Begleitforschung ein breiter Methodenmix angewandt (siehe Abbildung 2).

Zum einen wurde eine Onlinebefragung in verschiedenen Phasen des Projektes durchgeführt – vor dem Erhalt des Elektrofahrzeugs (T0), einige Monate nach der Erstinutzung (T1) und ca. 1 Jahr später (T2). Die entwickelten Fragebögen beinhalteten die folgenden Themenbereiche: Soziodemographie, betrieblicher Kontext, Mobilitätsverhalten, Mobilitätsbedürfnisse, Einstellungen zur Elektromobilität, Bewertung des Einsatzes und Verbesserungswünsche. Während der Schwerpunkt der ersten Befragung auf den Erwartungen an das Elektrofahrzeug, sowie dem aktuellen Mobilitätsbedarf lag, konzentrierten sich die zwei weitere Befragungen auf die Bewertung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen nach einer kurzen bzw. einer längeren Nutzungsdauer. Damit konnten mögliche Veränderungen des Mobilitätsverhaltens und der Einstellungen zur Elektromobilität aufgedeckt und analysieren werden. Zu jedem Befragungszeitpunkt bekamen die Studienteilnehmer einen Link per E-Mail. Die Dauer für das Ausfüllen des jeweiligen Fragebogens war auf ca. 25 Minuten ausgelegt.

Ausgewählte Frageblöcke im Fragebogen wurden von der Befragung im Rahmen einer am Institut durchgeführten repräsentativen Untersuchung der Erstinutzer von Elektrofahrzeugen (Frenzel et.al, 2015) übernommen. Ziel dabei war es die Erkenntnisse der repräsentativen Studie zum einen zu bereichern und zum anderen eine Vergleichbarkeit zwischen den Studien zu ermöglichen, um Entwicklungen in diesem Bereich aufzudecken.

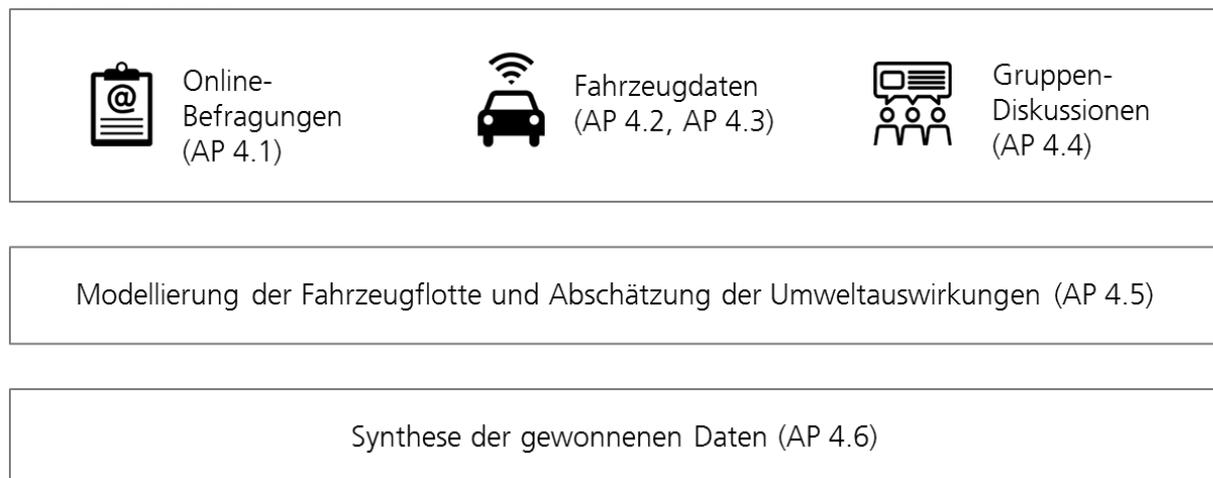


Abbildung 2: Übersicht der methodischen Vorgehensweise

Darüber hinaus wurden 141 Testfahrzeuge über einem Zeitraum von einem Jahr mit Datenloggern ausgestattet, um laufend technische Parameter und GPS-Koordinaten zur Ortserfassung aufzuzeichnen. Bei den BMW-Fahrzeugen erfolgte eine direkte Datenlieferung der aufgezeichneten Fahrzeugnutzungsdaten durch den Hersteller. Die Daten wurden für eine Nutzungsanalyse der Fahrzeuge, zur Ermittlung des Mobilitätsverhaltens der Fahrzeugnutzer und der Umweltwirkungen erhoben. Aufgenommene Daten sind beispielsweise die Dauer einer Fahrt, zurückgelegte Fahrtstrecke, die Anzahl der Stopps, der Batterieladestandard, Start- und Zielort einer Fahrt, Geschwindigkeit, Außentemperatur und Daten zum Ladevorgang. Bei der Datenaufbereitung, der Datenbereinigung und einigen Datenanalysen der mit den Datenloggern aufgezeichneten Daten fand eine enge Zusammenarbeit mit dem Projekt „Combined Charging System – Entwicklung und Demonstration von Schnellladestationen“ (Förderkennzeichen: 16SBB017H) statt.

Als Ergänzung zu den Daten aus der Befragung und den Datenloggern wurde eine abschließende Fokusgruppendifkussion mit gewerblichen Nutzern durchgeführt. Hiermit wurden die quantitativen Ergebnisse durch eine qualitative und vergleichsweise offene Methode abschließend ergänzt, um zusätzliche Erkenntnisse zu gewinnen. Es wurde dazu mit insgesamt 18 Flottenverantwortlichen und Fahrzeugnutzern an zwei Terminen von jeweils zwei Stunden über die Erfahrungen mit den Elektrofahrzeugen diskutiert. Es wurde der Raum geschaffen, um neue Themen aufkommen zu lassen. Die Diskussion wurde von einem Moderator fachlich-strukturierend begleitet und moderiert. Nicht zuletzt dienen die Erkenntnisse der Diskussion zur Validierung der zuvor erfassten quantitativen Daten.

Auf Basis der gesammelten Daten im Rahmen des Projekts sowie weiterer Analysen wurde eine Entwicklung der deutschen Fahrzeugflotte mit Fokus auf die Abschätzung des Nachfragepotenzials von Elektrofahrzeugen modelliert. Zusätzlich wurden die zukünftig zu erwarteten Umweltauswirkungen bei Annahmen unterschiedlicher Szenarien zur Fahrzeugflottenentwicklung berechnet. Die Berechnung der Umweltauswirkungen erfolgte auf Basis der Analyse der erhobenen Fahrzeugnutzungsdaten und wurde ergänzt durch detaillierte Energie- und Stromemissionsdaten.

Zur Erklärung des Ablaufs der Begleitforschung haben die Teilnehmer eine Informationsbroschüre in digitaler Form erhalten (siehe Abbildung 3). Um das Projekt nach außen zu kommunizieren, haben viele der Fahrzeuge ein öffentlich wirksames Branding erhalten. Ein Aufkleber sollte zusätzlich auf die Teilnahme am Projekt hinweisen.

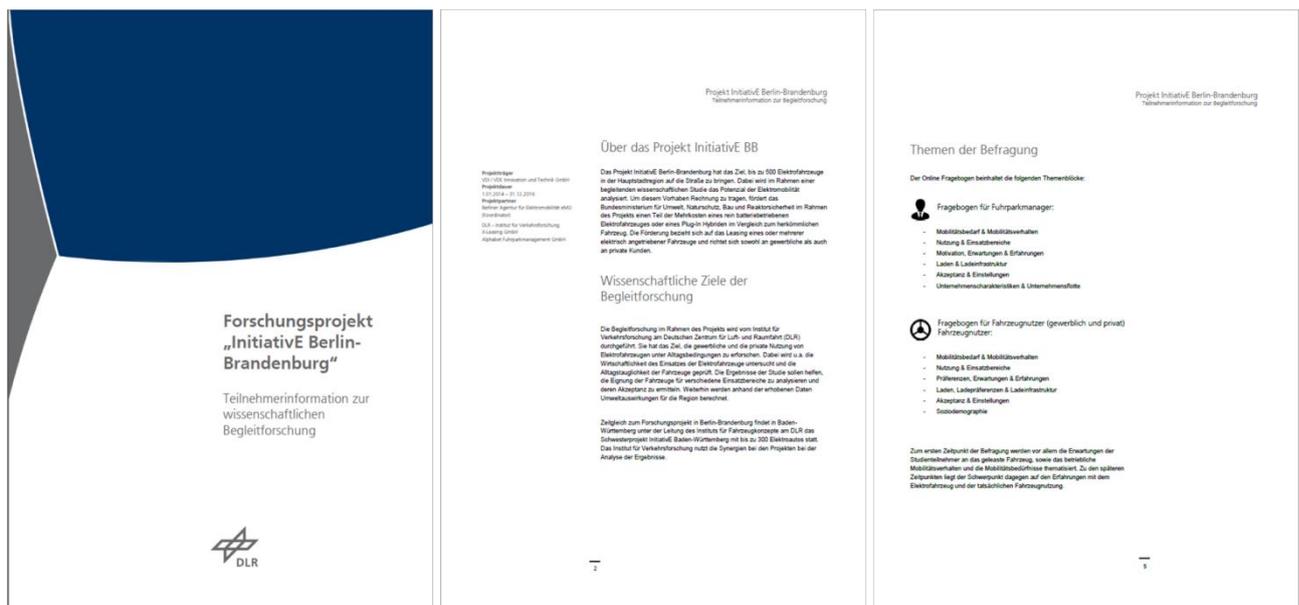


Abbildung 3: Auszug aus der Informationsbroschüre für die Teilnehmer

2. Ergebnisse der Begleitforschung

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Erkenntnisse der Begleitforschung dargestellt. Die Ergebnisse basieren auf einer Synthese der im Rahmen des Projekts gewonnenen Daten und durchgeführten Analysen. Der Fokus liegt auf der gewerblichen Nutzung der Elektrofahrzeuge. Da einige der Fahrzeuge auch privat genutzt wurden, wird an ausgewählten Stellen auf die Unterschiede zwischen den Nutzungsarten eingegangen.

2.1. Profil der Elektrofahrzeughalter

Soziodemographische Struktur und Unternehmensstruktur

Die **privaten** Nutzer zeigen eine Altersspanne von 36 bis 67 Jahren auf, der Median liegt bei 53 Jahren. Ein erheblicher Teil der Befragten ist männlich, nur jeder Vierte Teilnehmer ist weiblich. Bei den Bildungsabschlüssen zeigt sich auch eine deutliche Tendenz: Ein Drittel besuchte eine Hochschule oder Universität, der Rest machte eine Ausbildung oder besuchte eine Handels-, Berufsfachs-, Meister- oder Fachschule. Mit 65% ist der Großteil der Gruppe vollzeiterwerbstätig.

Die **gewerblichen** Fahrzeugnutzer teilen sich in „Entscheider“, die über die Anschaffung des Fahrzeugs (mit-)bestimmen konnten, „Nutzer“ des Elektrofahrzeugs und Personen, die „Entscheider und Nutzer“ zugleich sind. Letztere bilden mit 60% die größte Gruppe, gefolgt von Nutzern mit 30% und Entscheidern mit lediglich 10%. 83% der Teilnehmer sind männlich, 17% weiblich. Das Alter der Nutzer liegt zwischen 23 und 73 Jahren: Personen von 40 bis 60 Jahren machen dabei 51% aus, Personen von 20 bis 39 weitere 44%. Der Median und Durchschnitt des Alters liegt bei 46 Jahren. Der Großteil (56%) besuchte eine Hochschule oder Universität, 39% der Teilnehmer machten eine Lehre oder besuchten diverse Fachschulen.

Die Unternehmen gehören hauptsächlich den Wirtschaftszweigen sonstiger (wirtschaftlicher) Dienstleistungen (16%) sowie der Öffentlichen Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung (11%), Information und Kommunikation (9%) und dem Grundstücks- und Wohnungswesen (9%) an. Die genaue Branchenverteilung ist der Abbildung 4 zu entnehmen. Die Unternehmen beschäftigen insgesamt durchschnittlich 1.985 Mitarbeiter, der Median liegt jedoch deutlich niedriger bei 30 Mitarbeitern. Im Durchschnitt unterhalten die Unternehmen insgesamt 127 Fahrzeuge (Median=6), am Standort 20 (Median=5). Davon besitzen im Mittel 5 Fahrzeuge einen Elektroantrieb (Median=1).

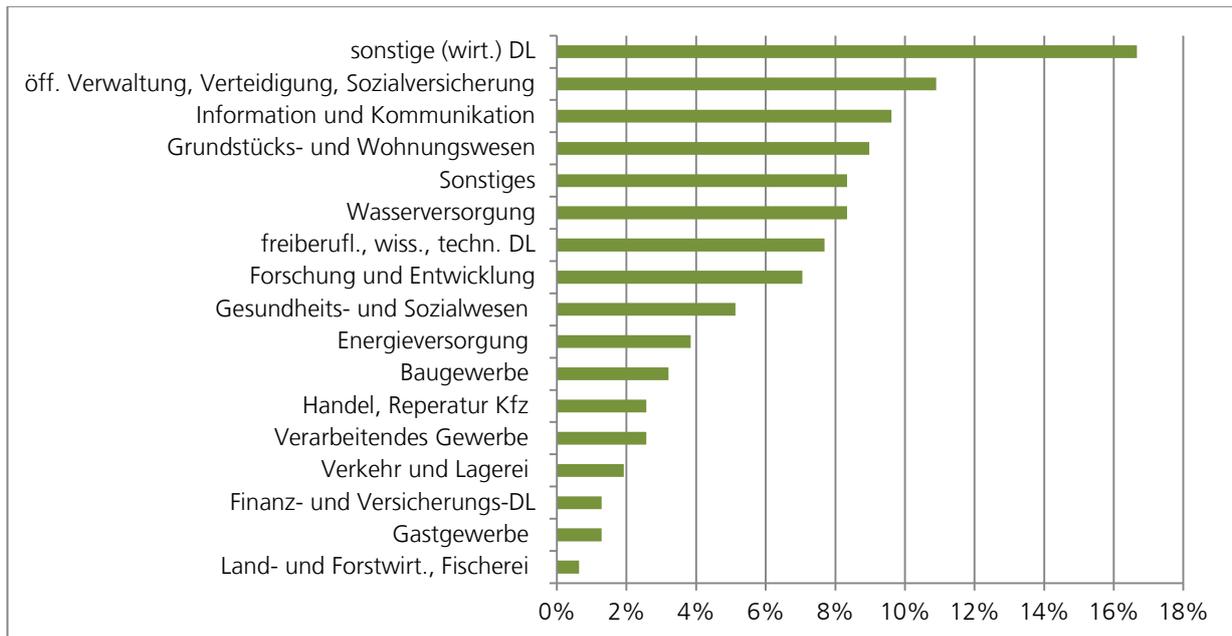


Abbildung 4: Verteilung der Unternehmen nach Wirtschaftszweige

Ersetzte Fahrzeuge

Zum ersten Befragungszeitpunkt bzw. vor der Auslieferung des Fahrzeuges, gaben 90% der **privaten** Nutzer an, ein anderes Fahrzeug mit dem Erwerb des Elektrofahrzeuges abschaffen zu wollen. Die restlichen 10 % sind sich entweder noch nicht sicher oder haben nicht vor ein anderes Fahrzeug abschaffen. Bei dem abzuschaffenden Fahrzeug handelt es sich zu 77% um einen Erstwagen und zu 23% um einen Zweit- oder Drittwagen. Zu ca. 80% verfügen diese Wagen über einen Benzin oder Dieselantrieb, zu knapp 20% handelt es sich um Hybride oder gasbetriebene Fahrzeuge. Die Fahrzeugtypen der abzuschaffenden Fahrzeuge sind relativ ausgeglichen, am häufigsten handelt es sich aber um Mittel- und Oberklassewagen (46%) gefolgt von Wagen der Kompaktklasse, SUVs und Vans (4%). Einen geringeren Teil machen Klein- und Geländewagen aus (8%). Median und Mittelwert des Baujahres der abzuschaffenden Fahrzeuge liegt bei 2007, die Werte des Erwerbsjahres bei 2008.

In den Haushalten der privaten Nutzer gibt es zum ersten Befragungszeitpunkt, ohne das bestellte Elektrofahrzeug, zu 62% ein Fahrzeug, zu 17% zwei und zu 21% mehr als drei Fahrzeuge. Die Fahrzeuge haben überwiegend einen Diesel- und benzinantrieb, mit Gas und elektrisch betriebene BEVs und PHEVs gibt es aber auch.

Bei den **gewerblichen** Nutzern ist die Anschaffung des Elektrofahrzeugs weniger oft mit der Abschaffung eines älteren Fahrzeuges verbunden als es bei den Privaten der Fall ist. 60% haben sich für eine Abschaffung entschieden, 14% haben noch keine Entscheidung dazu getroffen und ein knappes Viertel möchte kein Fahrzeug abschaffen. Auch hier dominiert der Diesel- (59%) und Benzinantrieb (32%) deutlich die Antriebsart der zu ersetzenden Fahrzeuge. Anders als bei den privaten Nutzern werden hier aber auch andere PHEVs (3%) und BEVs (5%) abgelöst. Der Gasantrieb spielt mit 2% eine untergeordnete Rolle. Bei den Fahrzeugmodellen handelt es sich um 36 % Kleinst- und Kleinwagen, 39% Oberklassewagen und SUVs und zu jeweils 5 bis 8 % um Wagen der Mittelklasse, Sportwagen, Vans oder leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t. Das durchschnittliche Bau- und Erwerbsjahr der abzuschaffenden Fahrzeuge liegt bei 2011. Abgeschafft werden die Fahrzeuge vor Allem durch finanzielle Gründe (Betriebskosten, Förderungen, Reparaturen), aber auch die Reichweite spielt eine Rolle.

Zusammenfassung

- Bei den soziodemographischen Angaben fällt vor allem der geringe Anteil von Frauen auf, die in beiden Gruppen im Schnitt lediglich 18 % ausmachen. Im Vergleich dazu liegt der Anteil weiblicher Fahrzeughalter im Gesamtbestand deutscher Fahrzeuge bei rund 37% (KBA, 2016).
- Auch in der Gehalts- und Ausbildungsstruktur gibt es Gemeinsamkeiten - es dominieren in beiden Gruppen Hochschul- und Universitätsabschlüsse und ein höheres Einkommen.
- Die am Projekt teilnehmenden Unternehmen gehören hauptsächlich den Wirtschaftszweigen sonstiger (wirtschaftlicher) Dienstleistungen sowie der Öffentlichen Verwaltung und Sozialversicherung, Information und Kommunikation und dem Grundstücks- und Wohnungswesen an.
- Ein hoher Anteil der Elektrofahrzeuge ersetzt ein älteres Fahrzeug, wobei Diesel- und Benzinfahrzeuge den größten Teil einnehmen.

2.2. Motive zur Fahrzeuganschaffung und Anschaffungsprozess

Im Folgenden werden die wesentliche Treiber zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen sowie die wichtigsten Kriterien zusammengefasst. Zusätzlich wurden in diesem Bereich weitere Faktoren wie Erfahrungen, sozialer Umfeld, Nachhaltigkeitsmaßnahmen sowie Anschaffungsprozess im Unternehmen näher untersucht.

Motive zur Fahrzeuganschaffung

Die fünfzehn wichtigsten Aspekte bei der Anschaffung eines Elektrofahrzeuges werden auf Abbildung 5 dargestellt. Wichtige Motive zum Einsatz von Elektrofahrzeugen sind Umweltgründe, Energiekostensparnisse, Pioniergeist sowie Technikaffinität. Weitere entscheidende Kriterien waren die Verfügbarkeit eines Stellplatzes mit Lademöglichkeit sowie die Gesamtwirtschaftlichkeit des Fahrzeugs.

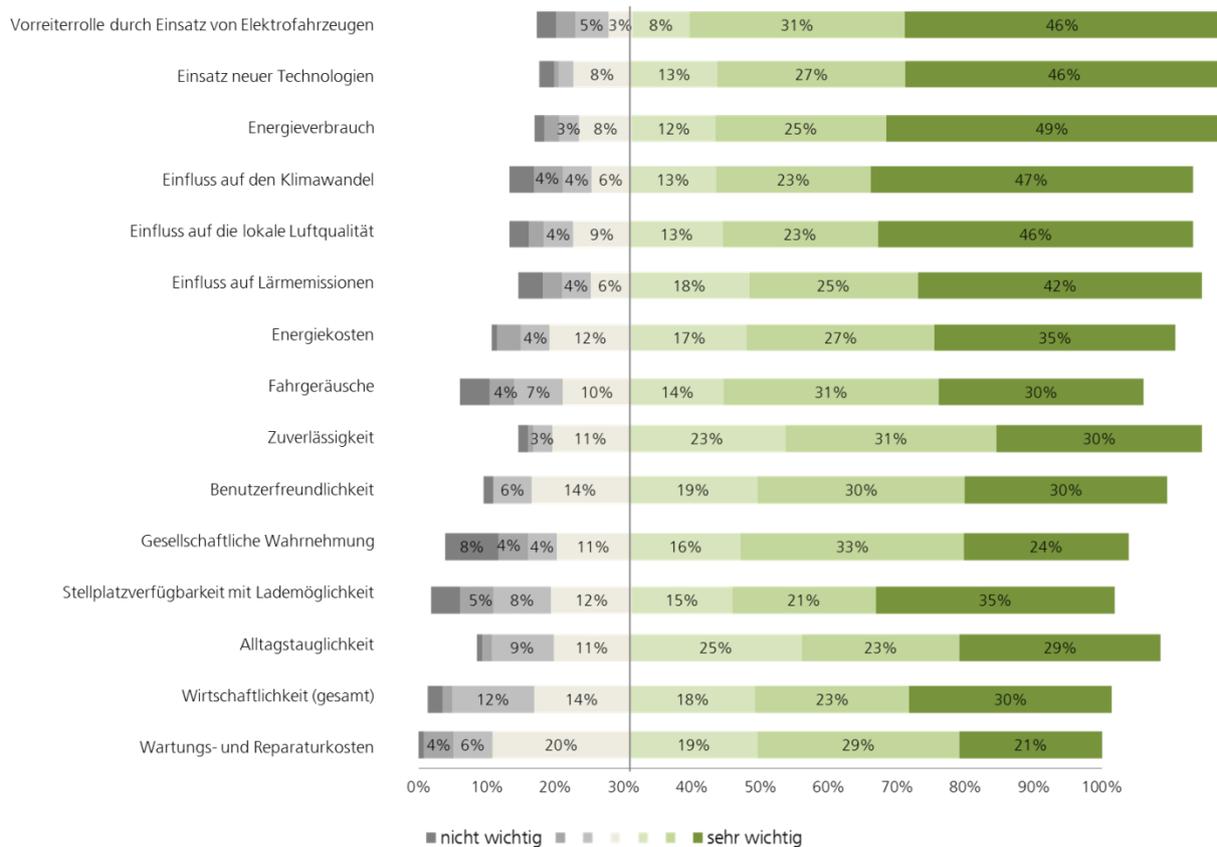


Abbildung 5: Bewertung der Wichtigkeit verschiedener Aspekte bei der Fahrzeuganschaffung

Eine Mehrzahl der **gewerblichen** Teilnehmer gab bei der Fokusgruppendifkussion an, das Fahrzeug angeschafft zu haben, um damit die Technologie und firmeninterne Einsatzbarkeit von Elektromobilität zu testen. Dabei wollen Unternehmen erste Erfahrungen im Umgang mit alternativen Antrieben sammeln und Flottenmanagementprozesse testen mit den Aussichten eine zukünftig weitreichendere Umstellung der Flotte auf umweltfreundlichere Fahrzeuge vorzunehmen. Ein weiterer wichtiger Anschaffungsgrund ist die Aufwertung des Images und der Kontakt mit den Kunden. In einem Elektroauto sahen die Unternehmer die Chance, als innovatives, „grünes“ Unternehmen positiv wahrgenommen zu werden. Die eigene Unternehmensidentifikation sahen Teilnehmer mit dem Einsatz von Elektrofahrzeugen untermauert. Es wurde sich erhofft allgemein im Gespräch zu sein und auch einen direkten Einstieg in Kundengespräche zu finden.

Entscheidungsträgern der Fahrzeugbeschaffung können in der Mehrheit bestimmte Charaktereigenschaften zugeordnet werden. Viele der Teilnehmer sind Technologieaffin und sehen sich als Vorreiter für die Nutzung innovativer Technologien und damit die Chance als Pionier auch andere Menschen zu überzeugen. Einzelne Teilnehmer wurden nicht zuletzt durch eine Probefahrt mit einem Elektrofahrzeug von deren Potenzialen überzeugt.

Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Unternehmen

Die Teilnehmer wurden nach einer Beurteilung der Nachhaltigkeit ihres Unternehmens befragt und sollten dazu beantworten, inwieweit sich das Unternehmen im Umweltschutz engagiert. Dabei stimmten mehr als die Hälfte der Teilnehmer (62%) den Aussagen zu, dass ihre Unternehmen:

1. Maßnahmen umsetzen, um die Umweltbelastung zu minimieren
2. Ressourcen effizient nutzen
3. Maßnahmen umsetzen, um negative Umwelteinflüsse des Unternehmens zu minimieren
4. Maßnahmen durchführen, um eigene Treibhausgasemissionen zu verringern

25% stimmten den oben genannten Aussagen nur eher oder teilweise zu. Lediglich ein kleiner Teil von 5% behauptet, dass ihr Unternehmen den Aussagen überwiegend oder gar nicht entspricht. 8% haben keine Angaben gemacht. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Nachhaltigkeitsmaßnahmen für die meisten Unternehmen ein fester Bestandteil der Unternehmensstrategie sind, was für die Umstellung der Fahrzeugflotte fördernd ist.

Anschaffungsprozess

Der Anschaffungsprozess im Unternehmen selber wurde unterschiedlich wahrgenommen. Für die meisten war dies ohne Probleme, innerhalb unternehmensinterner Regelungen, möglich, für andere war es ein aufwendiger Prozess.

Die Anschaffungsentscheidung wird stark von der Position des Entscheiders beeinflusst. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Entscheidungen für die Anschaffung in fast allen Fällen auf der höchsten Leitungsebene getroffen werden. Die meisten Entscheidungen (in 68 % der Fälle) wurden direkt vom Geschäftsführer und/oder von dem Inhaber des jeweiligen Unternehmens getroffen. Nur bei 11% der Unternehmen wurden weitere Mitarbeiter, wie z.B. Fahrer, Unternehmenskommunikationsabteilung oder der Flottenverantwortliche, in die Entscheidung eingebunden.

Erfahrungen vor der Anschaffung und sozialer Umfeld

Von den **privaten** Nutzern konnten bereits knapp die Hälfte vor dem Erwerb des Elektrofahrzeugs Erfahrungen im Umgang mit Elektrofahrzeugen durch Test- und Probefahrten sammeln. Erfahrungen durch die Arbeit und Carsharing sammelten jeweils ca. 10%. Durch ein Forschungsprojekt, Freunde/Verwandte/Bekannte oder sonstige Gelegenheiten kamen die Nutzer zu jeweils 4% mit Elektrofahrzeugen in Kontakt. Keine Erfahrungen hatten lediglich 15%, weitere 4% machten keine Angabe.

Die **gewerblichen** Nutzer konnten in einem beinahe identischen Verhältnis Erfahrungen mit dem Elektrofahrzeug sammeln. Durch die Arbeit und Carsharing sammelten auch hier 20% der Nutzer bereits Erfahrungen, weitere 44% durch Test- oder Probefahrten, 6% durch Freunde/Verwandte/Bekannte und jeweils 4% durch ein Forschungsprojekt oder einer sonstigen Gelegenheit. Die restlichen Nutzer haben noch nie Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen gesammelt.

Die Einstellungen der Nutzer gegenüber Elektrofahrzeugen ist bei 80% der Nutzern als positiv oder sehr positiv eingestuft worden, die restlichen Befragten schätzen Ihre Einstellung als eher positiv ein. Diese persönliche Einstellung der Nutzer könnte im Kontrast zu den Einstellungen des sozialen Umfeldes, d.h. Freunde, Bekannte und Verwandte, gesehen werden. Eine Mehrheit von 41% stimmte hier für eher positiv. Eine positive und sehr positive Einstellung sehen nur 24% der Nutzer in ihrem Umfeld, neutrale und eher negative Einstellungen hingegen 35%.

Bewertung von Maßnahmen zur Förderung von Elektromobilität

Die Studienteilnehmer bewerten vor allem Investitionsmaßnahmen zum weiteren Ausbau von Ladeinfrastruktur sowie kostenlose Ladeinfrastruktur im (halb-) öffentlichen Raum als wirksame Maßnahmen zur Förderung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen. Weitere Aspekte, die mit der Gesamtwirtschaftlichkeit des Einsatzes von Elektrofahrzeugen, wie z.B. Kaufpreissubventionen, Befreiung von KFZ-Steuer und Sonderabschreibungen spielen zwar auch eine wichtige Rolle, kommen allerdings in der Bewertung an zweiter Stelle (siehe Abbildung 6).

Dieses Ergebnis bestätigt auch im Rahmen der Fokusgruppendifkussionen geäußerte Meinung der gewerblichen Nutzer. Die Flottenverantwortlichen sahen einen hohen Bedarf für den weiteren Ausbau einer flächendeckenden und bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur insbesondere im ländlichen Raum. Im Raum Berlin sei die Ladeinfrastruktur zwar bereits ausreichend ausgebaut, allerdings äußern die Teilnehmer Verbesserungswünsche hinsichtlich geeigneter Abrechnungssysteme für gewerbliche Flottenbetreiber.

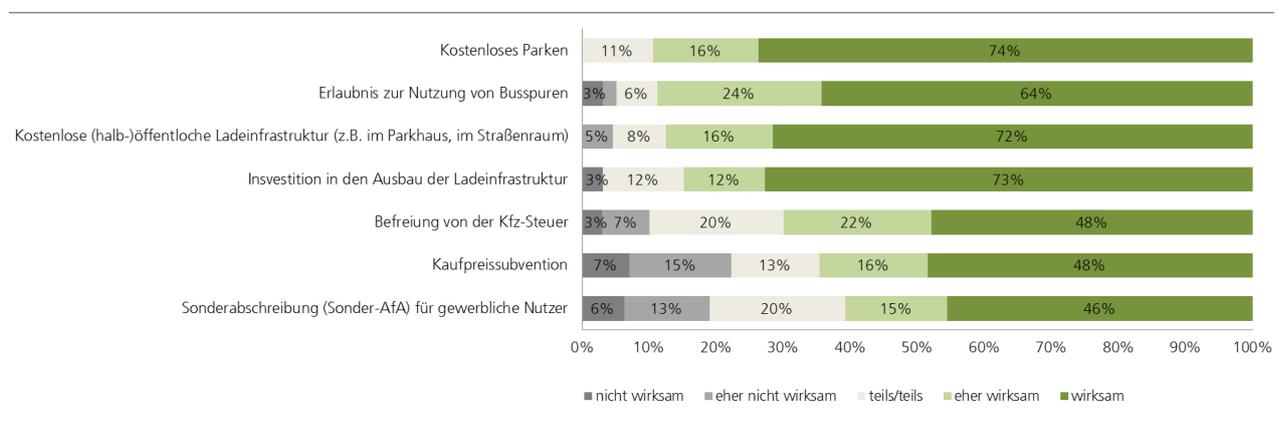


Abbildung 6: Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung von Elektromobilität

Weitere von den Teilnehmern genannten Maßnahmen zur Förderung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen waren die Aufhebung der 1%- Regelung bei gewerblichen Fahrzeugen, CO₂- Besteuerung, Förderung für private und gewerbliche Ladeinfrastruktur, sowie Sonderrechte in Umweltzonen.

Die Teilnehmer, die eine Kaufpreissubvention als eine wirksame Maßnahme bewertet haben, konnten nun die Höhe der Subvention angeben. Die Ergebnisse zeigen, dass mehr als die Hälfte der Befragten (62%) eine Kaufpreissubvention in Höhe von bis zu 20% des Kaufpreises als wünschenswert erachten (siehe Abbildung 7). Höhere Fördersummen, wie z.B. 40 oder 50% des Kaufpreises werden selten genannt (5%).

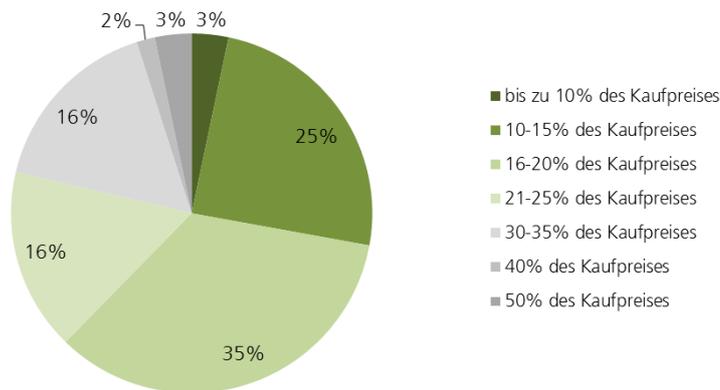


Abbildung 7: Wünschenswerte Höhe der Kaufpreissubvention

Zusammenfassung

- Die wichtigsten Motive zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen waren Umweltgründen, Image-Aspekte, Pioniergeist sowie die Möglichkeit Elektrofahrzeuge im Realbetrieb zu testen.
- Entscheidungen zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen werden hauptsächlich von der Leitungsebene im Unternehmen getroffen und unterliegen je nach Unternehmen unterschiedlich komplexen Anschaffungsprozessen.
- Als wirksame Maßnahmen zur Förderung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen werden Investitionen in den Ausbau und Verbesserung von Ladeinfrastruktur sowie Sonderrechte und Steuervergünstigungen für Elektrofahrzeughalter genannt.

2.3. Bewertung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen aus Nutzersicht

Bewertung der Fahrzeugeigenschaften

Die Studienteilnehmer wurden in allen drei Phasen der Befragung gebeten, verschiedene Fahrzeugeigenschaften des geleasten Elektrofahrzeugs mit den gleichen Merkmalen eines konventionellen Fahrzeugs zu vergleichen. Bei der ersten Befragung sollten die Teilnehmer die Erwartungen an das Elektrofahrzeug angeben. Bei den folgenden zwei Phasen der Befragung (während der Fahrzeugnutzung) sollten sie die Aspekte auf Basis der in der alltäglichen Nutzung gesammelten Erfahrungen erneut bewertet werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analysen mit dem Fokus auf die Unterschieden in der Nutzerbewertung zwischen dem ersten und dem letzten Befragungszeitpunkt dargestellt.

Das Beschleunigungsverhalten und der Fahrspaß bei der Nutzung des Elektrofahrzeugs haben die Erwartungen der Nutzer übertroffen (siehe Abbildung 8). Fast 70% der Befragten bewerteten nach einem Jahr Nutzungszeit das Beschleunigungsverhalten als deutlich besser als bei konventionellen Fahrzeugen, davor waren es 44%. Mehr Spaß beim Fahren eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zu einem konventionellen

berichten zum zweiten Zeitpunkt 58% der Teilnehmer, vor der Nutzung waren es 43%. Mehr als zwei Drittel der Befragten bewerteten die Fahrgeräusche und die Benutzerfreundlichkeit eines Elektrofahrzeugs als eher besser bis deutlich besser im Vergleich zu einem konventionellen Fahrzeug. Die Fahrzeugsicherheit bei einem Elektrofahrzeug bewertet mehr als die Hälfte als vergleichbar mit einem konventionellen Fahrzeug. Dabei nimmt die Überzeugung mit der Erfahrung deutlich zu.

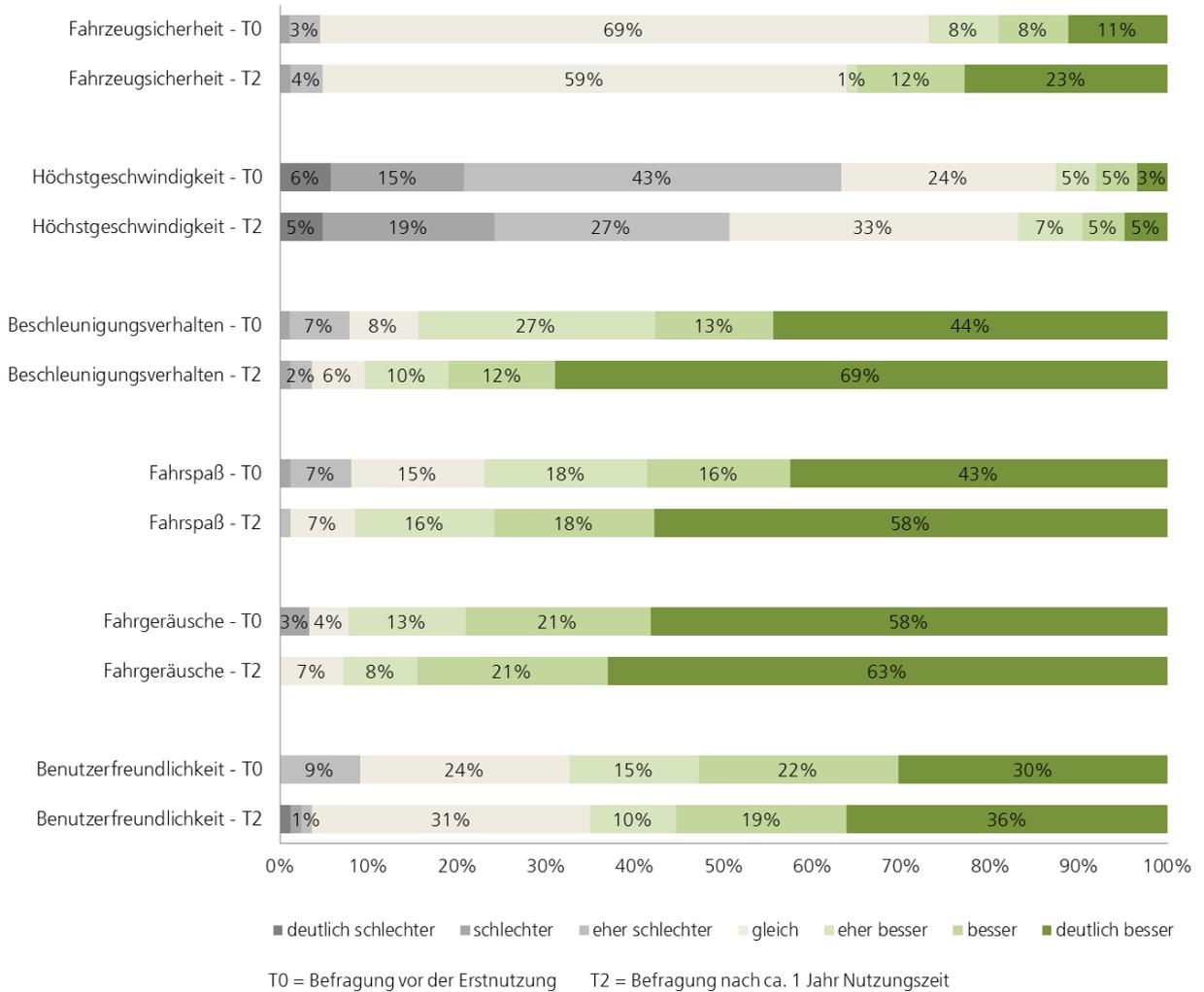


Abbildung 8: Bewertung der Fahrzeugeigenschaften

Dafür ist aus Sicht der Befragten der Aufwand für das Laden des Autos gegenüber dem konventionellen Tanken höher (siehe Abbildung 9).

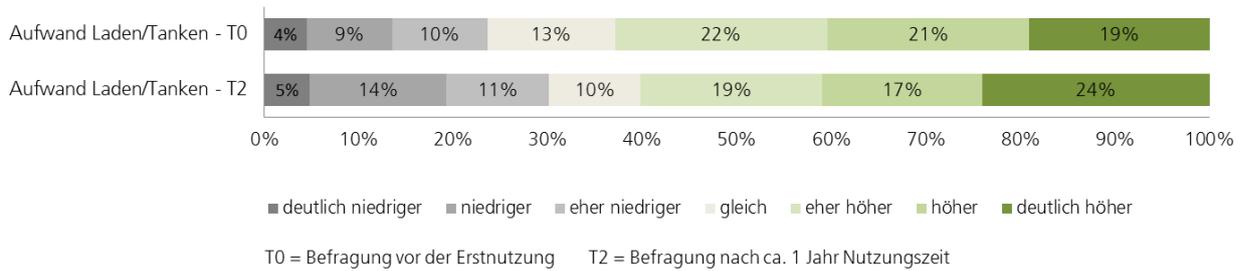


Abbildung 9: Bewertung des Aufwandes beim Laden eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zum Tanken eines konventionellen Fahrzeugs

Das Fahrzeugdesign und das Raumangebot werden durch die Teilnehmer nach einem Jahr Nutzungszeit positiver als vor der Nutzung bewertet. Ein Drittel der Teilnehmer bewertet diesen Aspekt gleich (siehe Abbildung 10).

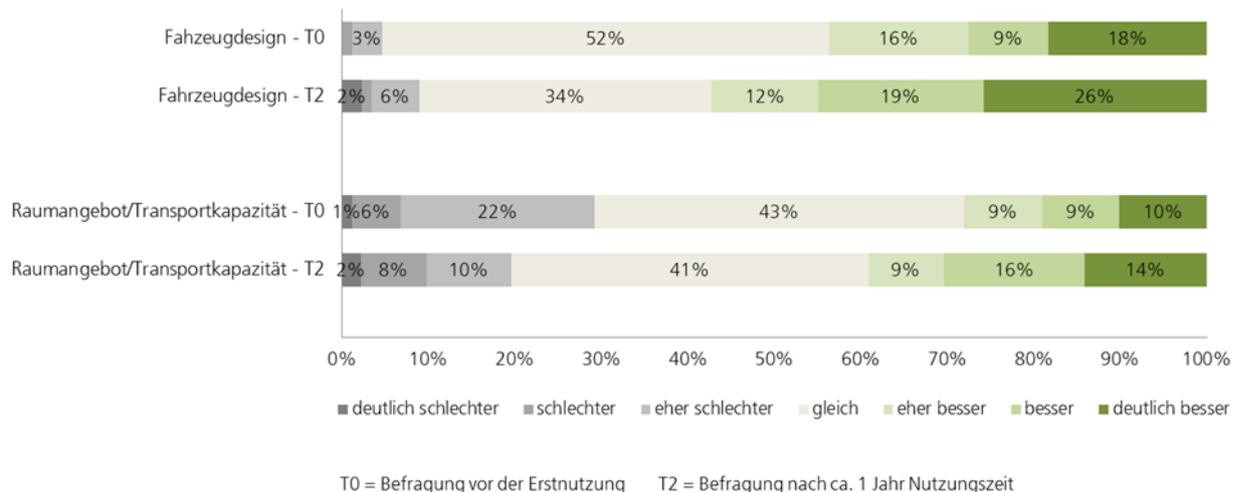


Abbildung 10: Bewertung der Elektrofahrzeugeigenschaften

In Bezug auf den Energieverbrauch hatten die Studienteilnehmer vor dem Einsatz hohe Erwartungen an das Elektrofahrzeug. Einige Nutzer revidierten diese Einschätzung jedoch nach einem Jahr Nutzungszeit. Während vor der Nutzung 92% erwartet haben, bestätigten lediglich 72% diese Meinung nach einem Jahr (siehe Abbildung 11). Dabei ist der Anteil an Personen, die diesen Aspekt als deutlich besser bewerten zwar ähnlich hoch wie vor der Nutzung, signifikant angestiegen ist allerdings der Anteil an Personen, die den Verbrauch lediglich als vergleichbar mit einem konventionellen Fahrzeug bewerten (anstieg von 6% auf 19%).

Die Bewertung der Alltagstauglichkeit der E-Fahrzeuge ist annähernd gleich wie die Erwartungen der Nutzer vor dem Einsatzzeitraum. Dabei bewerten mehr als ein Drittel der Befragten die Elektrofahrzeuge hinsichtlich dieses Aspekts als gleichwertig wie konventionelle Fahrzeuge. Positiver als ursprünglich erwartet werden die Winter- und die Sommertauglichkeit der Elektrofahrzeuge bewertet.

Die Reichweite des Elektrofahrzeugs schneidet bei beiden Befragungszeitpunkten aus Sicht der Studienteilnehmer schlechter im Vergleich zu einem konventionellen Fahrzeug ab. Nach den im Rahmen der

Nutzungszeit gesammelten Erfahrungen wird die Reichweite sogar ein wenig negativer bewertet.

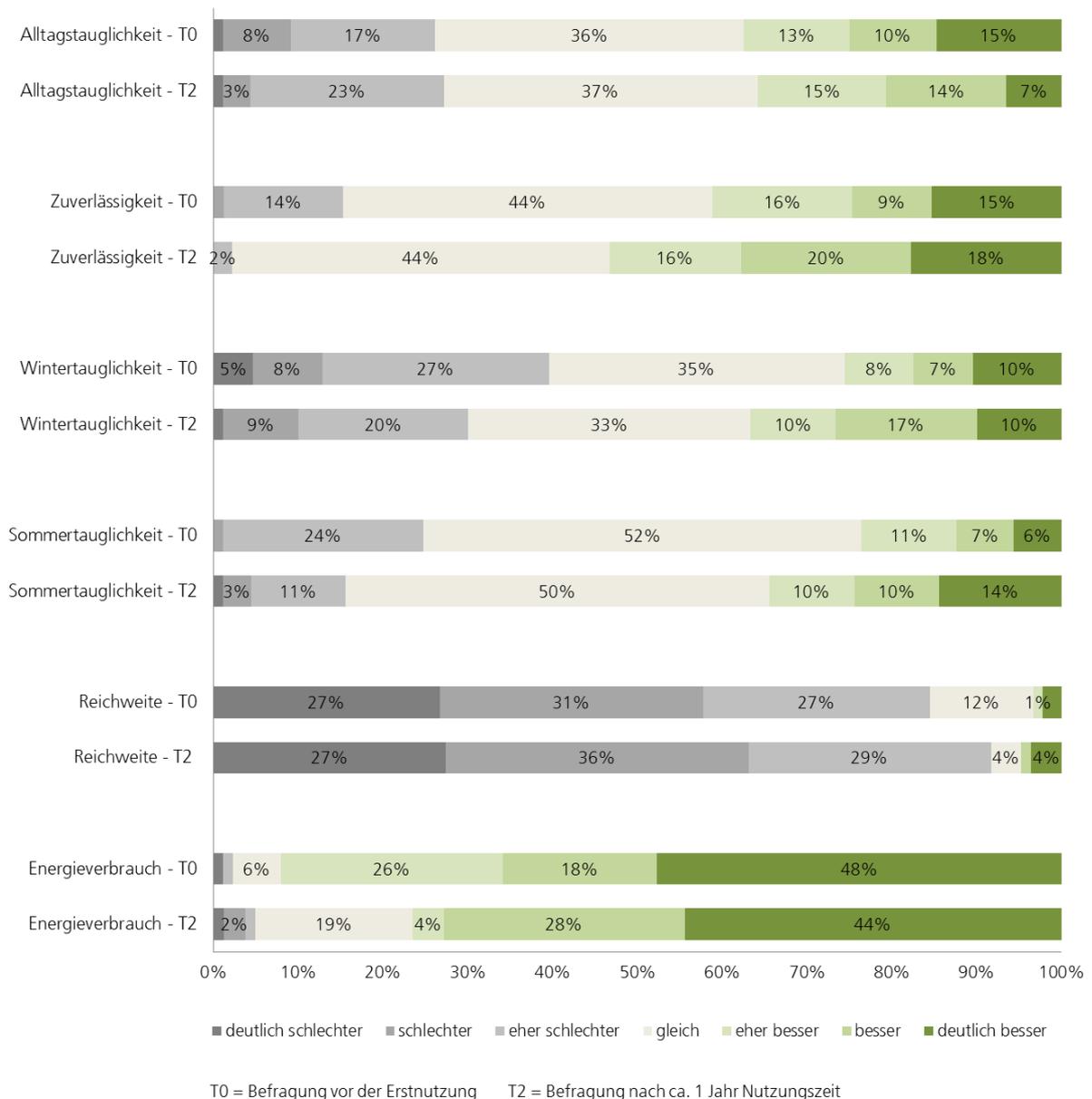


Abbildung 11: Bewertung verschiedener Aspekte des Einsatzes von Elektrofahrzeugen im Alltag

Bewertung weiterer Aspekte des Einsatzes von Elektrofahrzeugen

Bessere Eigenschaften wurden den Elektrofahrzeugen besonders bei Einflüssen auf den Klimawandel, die lokale Luftqualität und die Lärmemissionen von einer deutlichen Mehrheit der Befragten zugeschrieben (siehe Abbildung 12). Dabei wird der Einfluss der Elektrofahrzeuge auf den Klimawandel etwas weniger positiv als der Einfluss des Einsatzes auf die lokale Luftqualität und auf Lärmemissionen bewertet. Hier spielen Aspekte der Gesamtemissionsbilanz der Fahrzeuge eine Rolle und dabei insbesondere die Diskussionen über Emissionen welche bei der Herstellung und Entsorgung von Fahrzeugbatterien anfallen.

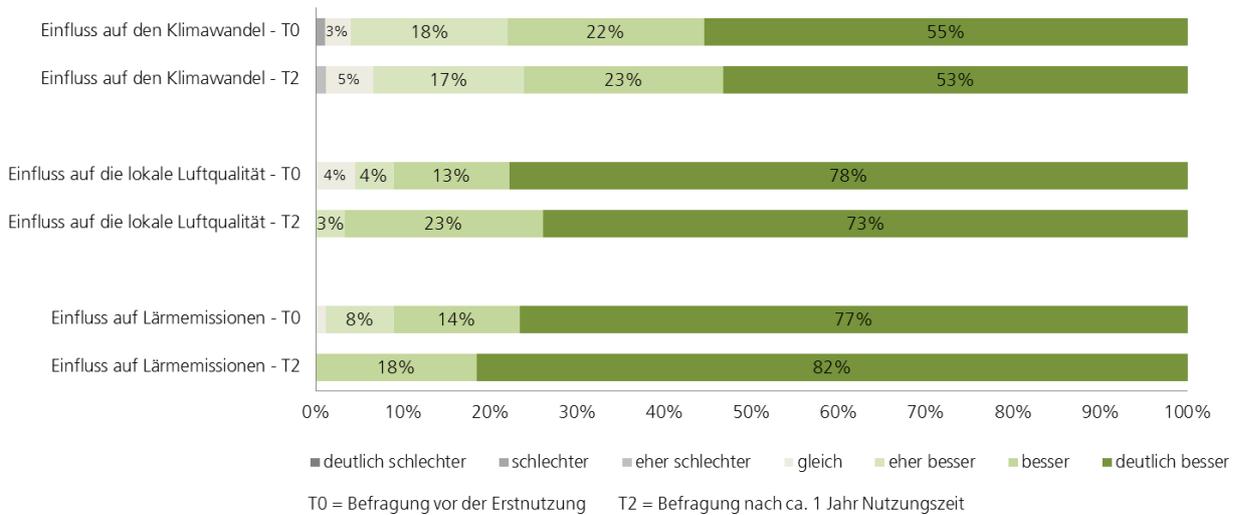


Abbildung 12: Bewertung verschiedener Aspekte der Umweltfreundlichkeit der Elektrofahrzeuge

Auch die gesellschaftliche Wahrnehmung eines Elektrofahrzeugs wird sowohl vor der Nutzung als auch nach einem Jahr Nutzungszeit positiver im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen bewertet. Beim letzten Befragungszeitpunkt ist der Anteil an Teilnehmer, die diesen Aspekt als deutlich besser bewertet sogar von 32% auf 47% angestiegen (siehe Abbildung 13).

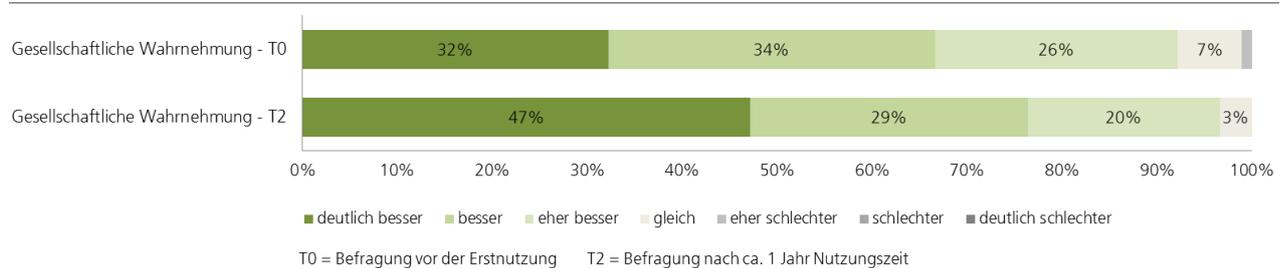


Abbildung 13: Bewertung der gesellschaftlichen Wahrnehmung von Elektrofahrzeugen

Bei der Wirtschaftlichkeit steht das Elektroauto dem konventionellen Fahrzeug in nichts nach (siehe Abbildung 14). Dafür wird aber auch mit höheren Anschaffungskosten gerechnet. Im zeitlichen Verlauf jedoch wird die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen als leicht schlechter eingeschätzt.

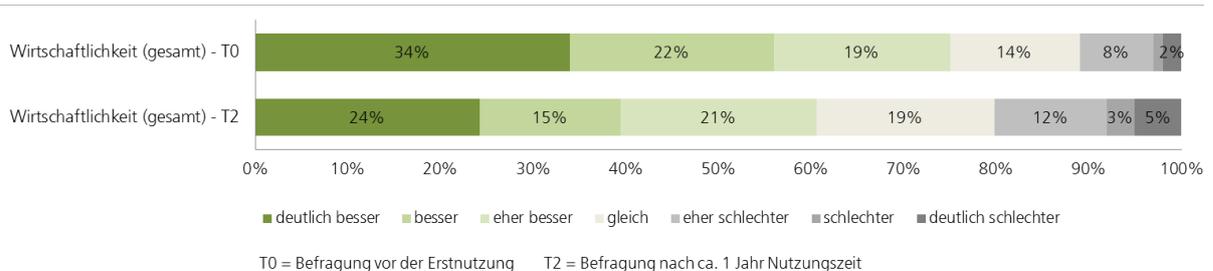


Abbildung 14: Bewertung der Gesamtwirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge aus Nutzersicht

Die Bewertung des Wiederverkaufswertes nach Nutzungsdauer ist sehr indifferent. Hier herrscht Ungewissheit. Ein Blick auf die Bewertung der laufenden Kosten zeigt ein gegenteiliges Bild: Energie-, Wartungs-, Reparaturkosten und der Wartungsaufwand werden generell als besser eingestuft und zwar sowohl vor der Nutzung als auch nach einem Jahr (siehe Abbildung 15).

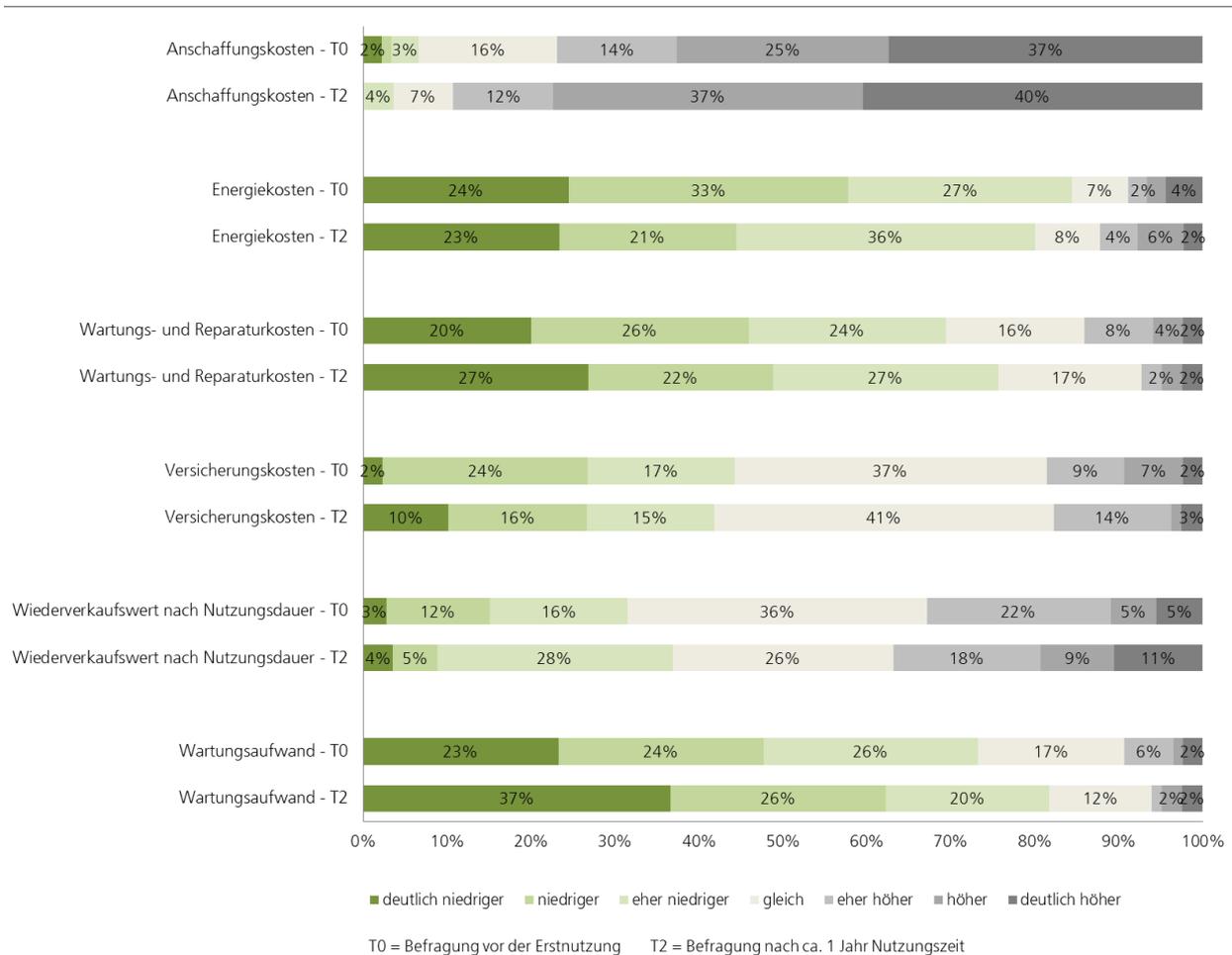


Abbildung 15: Bewertung einzelner Aspekte der Wirtschaftlichkeit des Elektrofahrzeugs aus Nutzersicht

Wichtigste Vorteile des Einsatzes von Elektrofahrzeugen

Auf Basis der Befragungsergebnisse in Bezug auf der Bewertung unterschiedlicher Aspekte der Elektrofahrzeugnutzung sowie aus den im Rahmen der Fokusgruppendifkussionen geäußerte Meinungen wurden die wichtigsten Vorteile des Einsatzes von Elektrofahrzeugen abgeleitet.



Positives Image

Als deutlicher Vorteil wird die Aufwertung des Images des Unternehmens genannt. Die Nutzer berichten eine hohe Sichtbarkeit des eigenen Unternehmens durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen erreicht zu haben und der „grüne Gedanke“ (wie von einem der Teilnehmer genannt) in ihrem Umfeld dadurch kommunizieren zu können. Man sei stärker und positiver von Kunden und anderen Unternehmen im Umfeld wahrgenommen. 98% der Teilnehmer bewerten die Reaktion der Kunden auf das Elektrofahrzeug als positiv. Anders als vor einigen Jahren als die Elektromobilität noch kaum sichtbar auf den Straßen oder wenig präsent in den Medien war. Die Teilnehmer berichten von einem Wandel in der

Gesellschaft und auch in ihrem geschäftlichen Umfeld, der sich durch mehr Offenheit und intensivere Auseinandersetzung mit dem Thema charakterisiert.



Vorreiterrolle

Als wichtiger Vorteil des Einsatzes von Elektrofahrzeugen betrachten viele der Teilnehmer die Vorreiterrolle, die sie dadurch eingenommen haben bzw. die Pionierarbeit, die sie in ihrem Umfeld leisten. Einige sind dadurch Ansprechpartner für andere Unternehmen geworden, die ihre Flotte elektrifizieren wollen.

„Ich denke so ähnlich haben sich die ersten Autofahrer vor 100 Jahren gefüllt.“



Emissionsreduktion

Des Weiteren spielt die Emissionsreduktion bei vielen der beteiligten Unternehmen eine wichtige Rolle. Sie sehen in der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte einen großen Hebel die Nachhaltigkeit des Unternehmens insgesamt zu verbessern. Einige erwarten zukünftig stärkere Sanktionen gegenüber konventionellen Fahrzeugen zur Minderung der Emissionen aus dem Verkehrssektor, insbesondere in städtischen Bereichen und wollen daher frühzeitig mit der Umstellung der Fahrzeugflotte auf umweltfreundlichere Antriebsarten anfangen.

„Auch unsere Kunden möchten wissen, was wir für die Umwelt tun.“



Senkung der Betriebskosten

Ein weiterer deutlicher Vorteil der Elektrofahrzeuge gegenüber einem konventionellen Fahrzeug ist aus Sicht der Teilnehmer die Senkung der Betriebskosten, wie z.B. der Energie- und der Wartungskosten. Die Gesamtwirtschaftlichkeit des Einsatzes hängt dabei von individuellen Faktoren wie z.B. der Nutzungsmuster der Fahrzeuge ab.



Fahrspaß und hohe Zufriedenheit bei den Mitarbeiter*innen

Nicht zuletzt berichten die teilnehmenden Unternehmen von einem hohen Fahrspaß und einer hohen Zufriedenheit bei den Mitarbeitern, welche die Fahrzeuge nutzten. Nach z.T. ursprünglichen Vorbehalten bei den Mitarbeitern werden die Elektrofahrzeuge nun bevorzugt im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen in der Flotte.

„Am Anfang wurden die Elektrofahrzeuge im Unternehmen gemieden. Jetzt sind die Benziner, die stillstehen.“

Akzeptanz und Zufriedenheit

In Bezug auf die Akzeptanz der Elektrofahrzeuge wurde zum einen die Wahrnehmung der Reaktionen im sozialen Umfeld, und zum anderen Aspekte wie Wiederkaufsabsicht, Weiterempfehlungsabsicht sowie Zusatzanschaffung abgefragt.

Sowohl die **privaten** als auch die **gewerblichen** Nutzer zeigen sich sehr zufrieden mit dem Einsatz der Elektrofahrzeuge. Dabei geben 74% der Teilnehmer an, dass sie nicht planen, nach dem Ablauf der Leasingzeit zurück zu einem konventionellen Fahrzeug zu wechseln.

44% der Nutzer geht davon aus, dass eine Anschaffung weiterer Elektroautos im Unternehmen recht bis sehr wahrscheinlich ist. Diese Anschaffung wird laut 94% der Nutzer schätzungsweise innerhalb der nächsten 5 Jahre erfolgen. Ob sie sich auch privat ein Elektrofahrzeug zulegen würden, können die meisten der Befragten nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit sagen. 16% empfinden es als sehr unwahrscheinlich, 9% als sehr wahrscheinlich. Die Hälfte derer, die sich vorstellen können auch privat ein Elektrofahrzeug anzuschaffen gaben an, sich dies in den nächsten drei bis fünf Jahren vorstellen zu können. Die andere Hälfte sieht die Möglichkeit in unter 3 Jahren oder erst in mehr als fünf Jahren.

Insgesamt waren fast alle Teilnehmer (92%) mit dem Elektrofahrzeug zufrieden. Als Gründe dafür wurden

die oben dargestellten Vorteile genannt. Einige Teilnehmer betonen die Zuverlässigkeit der Fahrzeuge und sind begeistert von dem Fahrgefühl. Mehr als die Hälfte (63%) gaben an, dass sie mit den Angaben des Herstellers bzgl. der Reichweite zufrieden sind. Der Rest bemängelt, dass die Angaben zu optimistisch seien und im Realbetrieb deutlich negativer ausfallen. Des Weiteren wird kritisch betrachtet, dass Elektromobilität noch einen Nischenmarkt darstellt und entsprechend ein Mangel an Fachkräften und Ansprechpartnern im Dienstleistungssektor resultiert.

Zusammenfassung

- Insgesamt übertraf das Elektrofahrzeug die Erwartung der Nutzer. Dies trifft insbesondere bei den Punkten Fahrspaß, Beschleunigungsverhalten, Fahrzeugsicherheit und Raumangebot zu. Negativer bewertet werden nach einem Jahr Nutzungszeit den Energieverbrauch, die Reichweite sowie die Anschaffungskosten und der Wiederverkaufswert der Elektrofahrzeuge.
- Die größten Vorteile des Einsatzes von Elektrofahrzeugen sind aus Sicht der Nutzer das dadurch erreichte positive Image, die Vorreiterrolle, Emissions- und Betriebskostenreduktion sowie die große Zufriedenheit bei den Mitarbeitern.
- Die Akzeptanz der Fahrzeuge im Unternehmen und in seinem Umfeld ist sehr hoch. 74% der Unternehmen planen nicht zurück zu einem konventionellen Fahrzeug zu wollen, 44% planen die Anschaffung weiterer Elektrofahrzeuge.

2.4. Fahrzeugnutzung: Fahren

Tages- und Jahresfahrleistung

76% der gewerblichen Nutzer geben an, dass sie das Elektrofahrzeug als hauptsächliches Verkehrsmittel für ihre gewerblichen Zwecke nutzen. Auch die privaten Nutzer legen Ihre täglichen Wege mit einem Fahrzeug zurück. Knapp 90% der befragten privaten Nutzer besitzen keine Zeitkarte für die öffentlichen Verkehrsmittel in der Region. Auf Basis der Online-Befragung wurden zunächst die Tages- und Jahresfahrleistungen der Fahrzeuge in der gesamten Stichprobe berechnet. Die Fahrzeuge fahren den Angaben zufolge zwischen 5 und 300 Kilometer am Tag. Dabei liegen 75% der Tagesstrecken unter 80 Kilometer. Die von den gewerblichen Nutzern durchschnittlich zurückgelegte Tagesstrecke beträgt 68 Kilometer am Werktag (Median=50). Die durchschnittliche Jahresfahrleistung beträgt 17.200 Kilometer (Median=15.000). 75% der Fahrzeuge fahren bis zu 20.000 Kilometer jährlich. Ein Vergleich mit einer repräsentativen Stichprobe¹ der gewerblich eingesetzten Pkws in Deutschland zeigt, dass die im Projekt eingesetzten Elektrofahrzeuge in Bezug auf die durchschnittliche Fahrleistung ähnlich wie konventionelle Fahrzeuge eingesetzt werden.

Detailliertere Analysen des Mobilitätsverhaltens der Nutzer erlauben die aufgezeichneten Fahrzeugnutzungsdaten. Der Vergleich der Fahrleistung der zwei Antriebsarten zeigt, dass die REEVs im Durchschnitt sehr ähnlich gefahren werden wie die BEVs. Im Rahmen der Befragung geben die REEV-Nutzer

¹ Als Vergleichsgruppe wurde eine repräsentative Stichprobe von gewerblichen Nutzern konventioneller Fahrzeuge aus der Studie „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010“ – KiD 2010 (WVI et.al, 2010). Dabei wurde aufgrund der Klassenzugehörigkeit der Elektrofahrzeuge ausschließlich die Daten zu der Klasse Pkw herangezogen. Im Rahmen der Analysen wurde das Mobilitätsverhalten der konventionellen Flotte aus KiD 2010 mit den Fahrtmustern der im Projekt eingesetzten Elektrofahrzeugflotte verglichen.

an, dass sie 90% der gefahrenen Kilometer elektrisch zurücklegten. Deutlich wird dabei die komplementäre Rolle der REEVs für eher seltene längere Fahrten.

An einem typischen Tag sind 92% der Elektrofahrzeuge den Angaben der Nutzer nach weniger als 4 Stunden im Einsatz. Dafür werden mehr als die Hälfte der Fahrzeuge (61%) an 5 bis 7 Tagen pro Woche für gewerbliche Zwecke eingesetzt. 76% der Fahrzeuge werden auch am Wochenende genutzt.

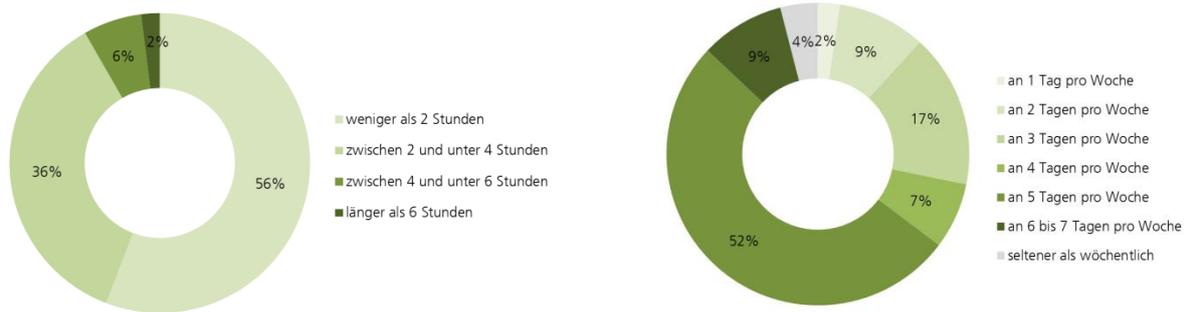


Abbildung 16: Zeitliche Nutzung der Elektrofahrzeuge in Stunden pro Tag (Links) und in Tagen pro Woche (Rechts)

Bei der Analyse der täglich zurückgelegten Strecken nach Wochentagen wird deutlich, dass gewerblich und gemischt genutzte Fahrzeuge zwar ähnlich viele Kilometer pro Tag zurücklegen, die Nutzung am Wochenende jedoch deutlich geringer ist.

Die meisten Fahrten der rein gewerblich eingesetzten Fahrzeuge sowie der zusätzlich privat eingesetzten Fahrzeuge finden zwischen 8 und 18 Uhr statt (siehe Abbildung 17). Fahrzeuge, mit denen auch private Fahrten durchgeführt werden haben einen Peak am Morgen und am späten Nachmittag, welcher auf Fahrten zum bzw. vom Arbeitsort hinweist. Die gleichen Fahrzeuge sind dabei weniger tagsüber im Einsatz als rein gewerblich genutzte Fahrzeuge.

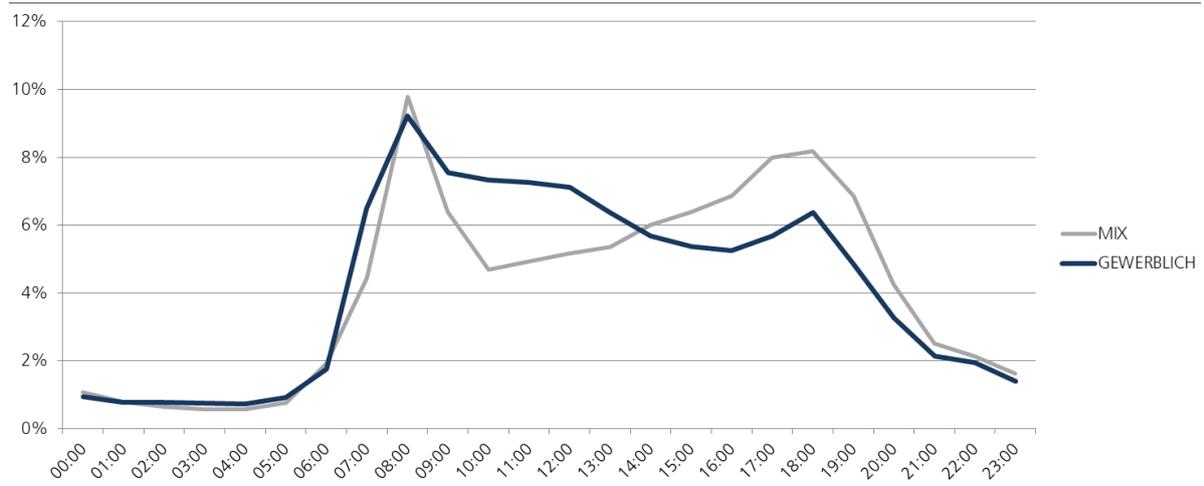


Abbildung 17: Tagesganglinien der durchgeführten Fahrten nach Nutzungsart

Tourenmuster und Einsatzgebiet

Die Betrachtung der Tourenmuster der Fahrzeuge zeigt, dass die im Projekt eingesetzten Elektrofahrzeuge hinsichtlich der durchschnittlichen Fahrtlänge und Fahrtdauer ähnlich wie konventionell angetriebene gewerblich zugelassene Pkw eingesetzt werden. Die Anzahl der Fahrten pro Fahrtag liegt etwa um eine Fahrt höher als bei der Vergleichsgruppe, was u.a. durch die zusätzliche Nutzung einzelner Elektrofahrzeuge für private Fahrten erklärt werden kann. Im Durchschnitt werden 4,1 Fahrten pro Tag mit den Fahrzeugen durchgeführt. Die durchschnittliche Fahrtlänge beträgt 11,5 km bei einer Fahrtdauer von 19 Minuten. Der mittlere Ladezustand bei Fahrtbeginn liegt bei 71% der Batteriekapazität. Aufgrund der kurzen Wegelänge ist der Ladezustand bei Fahrtende entsprechend hoch. Hinsichtlich Anzahl der Fahrten am Tag, Fahrtenlänge und -dauer, sowie Ladezustand bei Fahrtbeginn und Fahrtende gibt es kaum Unterschiede zwischen den eingesetzten rein batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen und den Elektrofahrzeugen mit einem Range Extender (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Mobilitätskennziffern nach Antriebsart im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen, gewerbliche Nutzer, Mittelklasse-Fahrzeuge

| | BEV | REEV | GESAMT | KiD 2010** |
|---|---|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
| | Mittelwert | | | |
| | unteres Quantil Median oberes Quantil* | | | |
| Fahrten [n/Fahrtag] | 3,8 2 3 5 | 4,2 2 3 5 | 4,1 2 3 5 | 3,6 |
| Fahrtlänge [km] | 11,6 3 7 15 | 11,4 2 6 14 | 11,5 2 6 14 | 14,1 |
| Fahrtendauer [min] | 20,4 7 16 29 | 18,9 6 13 24 | 19,4 6 14 27 | 24 |
| Mittlere/Globale Geschwindigkeit [km/h] | 31,6 20 28 39 | 28,9 19 25 34 | 29,8 20 26 36 | |
| Ladezustand bei Fahrtbeginn [%] | 71,3 59 76 88 | 71,5 60 78 89 | 71 60 77 89 | |
| Ladezustand bei Fahrtende [%] | 62,8 49 68 82 | 65 52 71 84 | 64 51 70 83 | |
| <p>* Lesebeispiel Antriebsart BEV, Zeile „Fahrten“: Die mittlere Anzahl der Fahrten liegt bei 3,8 (=Mittelwert), 25% der Werte liegt unter 2 Fahrten je Fahrtag (= untersten Quantil), 50% der Werte liegt unter 3 Fahrten/Fahrtag (= Median), 25% der Fahrtenanzahl liegt über 5Fahrten/Fahrtag (=oberes Quantil)</p> <p>** Vergleich mit Pkw gewerblicher Halter aus der repräsentativen Verkehrserhebung KiD 2010 (WVI et al., 2010)</p> | | | | |

Die berechnete globale Geschwindigkeit spricht dafür, dass die meisten Fahrten im städtischen Bereich stattfanden. Die Ergebnisse der Analysen zeigen, dass 68% der Fahrten eine durchschnittliche Geschwindigkeit von unter 30 km/h haben, 20% zwischen 30 km/h und 50 km/h, 12% lagen zwischen 50km/h und 80 km/h, lediglich 1% waren durchschnittlich über 80 km/h schnell.

Eine Möglichkeit zur Zwischenladung der Batterie ergibt sich bei Tourenmustern, die sich durch längere Wege und eine längere Haltedauer auszeichnen. Voraussetzung dabei ist die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur. Um den Bedarf diesbezüglich abzuschätzen, wurden die typischen Tourenmuster der Fahrzeugflotte der Teilnehmer abgefragt. Knapp 30% der Fahrzeuge haben Touren, die durch kurze Wege (weniger als 30 km) und langen Halten (länger als 20 Minuten) charakterisiert sind. Ein Viertel der Unternehmen geben an, dass sie keine festen Tourenmuster haben bzw. die Touren sehr unterschiedlich sind. Weitere 20% haben Touren mit kurzen Wegen und kurzen Halten (siehe Abbildung 18).

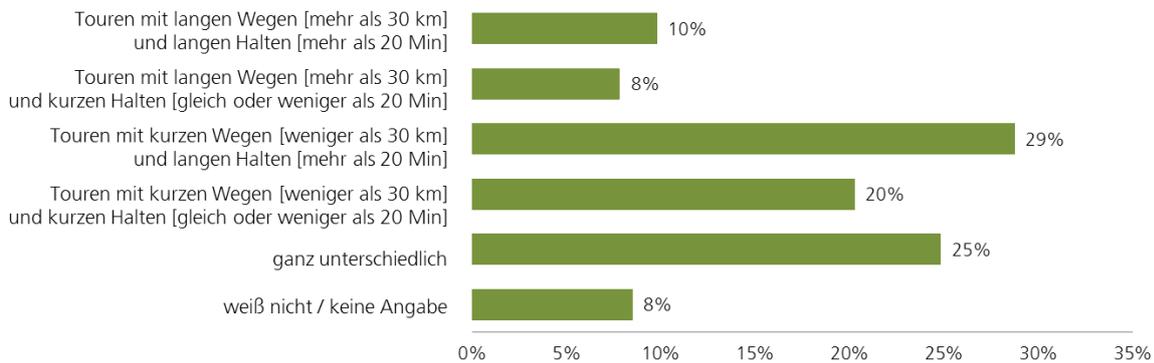


Abbildung 18: Tourenmuster

Die Fahrten mit den Elektroautos werden hauptsächlich innerhalb Berlins durchgeführt. Das Einsatzgebiet der meisten Elektrofahrzeuge ist den Angaben der Teilnehmer zufolge relativ groß (siehe Abbildung 19). 26% der Fahrzeuge decken ein Einsatzgebiet von bis zu 25 km Umkreis vom Betriebsgelände ab, 28% werden in einem Umkreis von 50 km vom Betriebsgelände eingesetzt, 27% im Umkreis von 100 km und bei weiteren 18% liegen die Ziele weitere als 100 km vom Betriebsgelände entfernt.

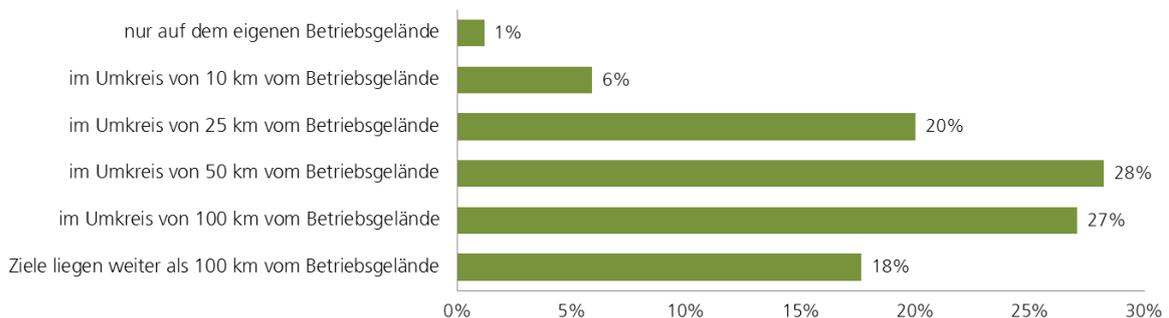


Abbildung 19: Einsatzgebiet der gewerblichen Elektrofahrzeuge

Einsatzzwecke

Die geleasten Fahrzeuge werden größtenteils für reine Kundenfahrten bzw. für Fahrten zur Erbringung beruflicher Dienstleistungen und den Weg zur Arbeit genutzt. Das ist nicht überraschend, da die meisten am Projekt teilnehmenden Unternehmen in dem Dienstleistungsbereich tätig sind und viele der gewerblich zugelassenen Fahrzeuge in der Flotte auch für private Fahrten genutzt werden (s. Berichtsteil „Definition der Zielgruppe“). Im Gegensatz dazu spielt das Holen, Bringen und Transportieren von Gütern oder Befördern von Personen eine geringe Rolle bei den Einsatzzwecken der Elektrofahrzeuge (siehe Abbildung 20).

Eine weitere Analyse des Bedarfs in den teilnehmenden Unternehmen zeigt, dass die Nachfrage nach mindestens vier bis fünf Sitzplätzen bei den gewerblichen Nutzern im Projekt bei 63% liegt, mindestens zwei Sitzplätze werden von 29% der Nutzer erwartet. Mindestens einer oder drei Sitzplätze sind mit jeweils 4% weniger gefragt. Die Zuladungsmöglichkeit des Elektrofahrzeugs soll im Mittel eine Höhe von ca. 280 Kilogramm betragen. Ungefähr ein Fünftel benötigt 500 Kilogramm oder mehr für den geplanten Einsatzzweck.

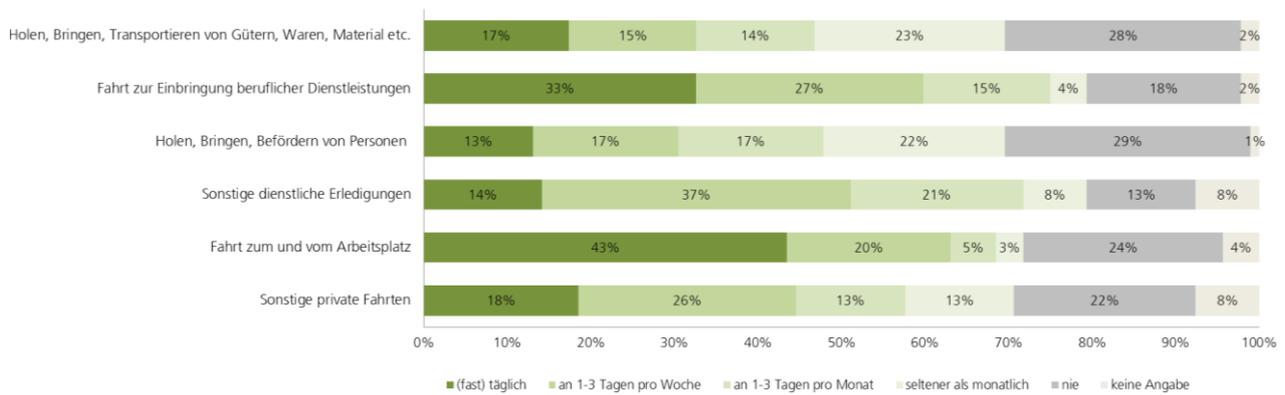


Abbildung 20: Wegezwecke der gewerblichen Nutzer

Eine höhere Anzahl der Nutzer kann Implikationen auf den Einsatzmanagementaufwand haben, daher wurde dieser Aspekt zusätzlich untersucht. Mehr als die Hälfte der Fahrzeuge werden von einer Person (31%) oder von 2 Personen (33%) genutzt, weitere 32% von 3 bis 10 Personen und nur wenige (3%) stehen für mehr als 10 Personen zur Verfügung. Am häufigsten wird ein Fahrzeug entweder einem oder mehreren einzelnen Mitarbeiter zugeordnet (41%) oder als Poolfahrzeug im Unternehmen eingesetzt (39%). Nur einzelne Unternehmen haben ein Fahrzeug einzelnen Abteilungen oder Teams zugeordnet (8%) und zwei Unternehmen bieten die Fahrzeuge als Mietwagen an.

Änderung des Fahrverhaltens und Aspekte der Fahrtenplanung

Etwa 73% der Nutzer berichten, dass sich ihr Fahrverhalten durch die Nutzung des Elektrofahrzeugs verändert hat, was sie auch vor dem Einsatz der Fahrzeuge erwartet haben. Nach den ersten gesammelten Erfahrungen mit dem Elektrofahrzeug haben die Teilnehmer angegeben², dass sie unter anderem energiesparender (30%), vorausschauender (28%) und entspannter (23%) als zuvor fahren. In geringerem Maß hatte der Umstieg auf ein Elektrofahrzeug zu einem langsameren (8%), vorsichtigeren (6%) oder schnellerem/ sportlicherem (4%) Fahrstil geführt. Im Rahmen der Fokusgruppendifkussionen haben die Teilnehmer von einer Veränderung des Fahrverhaltens berichtet.

„Mein ganzes Verhalten hat sich vollkommen verändert“

„Ich fühle mich entschleunigt, relaxter.“

Sie fahren nun „entschleunigt“, entspannter und gingen bewusster mit Ressourcen um. Die Veränderungen wurden durch die Teilnehmer als positiv bewertet.

Weitere Veränderungen im gewohnten Einsatz der Fahrzeuge stehen im Zusammenhang mit der Planung der Touren. Den Angaben der Nutzer nach müssen dabei aufgrund der begrenzten elektrischen Reichweite und den langen Ladezeiten verschiedene Aspekte berücksichtigt werden. Besonders wichtig bei der Planung sind dabei die Reichweite zu Beginn der Fahrt sowie Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur am Zielort und/oder entlang der Route (siehe Abbildung 21). Eine geringere Rolle spielen dabei den Angaben der Teilnehmer zufolge die Streckenlänge, das Verkehrsaufkommen, sowie die Streckentopographie. Zusätzlich genannt wird die Rolle der Außentemperatur sowie Schnelllademöglichkeiten³ entlang der Route. Der Vergleich der Erwartungen und den Angaben der Nutzer nach einem Jahr Nutzungszeit zeigen annähernd gleiche Ergebnisse. Daher wird an dieser Stelle darauf nicht eingegangen.

² Mehrfachnennungen waren möglich.

³ Für Tesla-Fahrer vor allem die Verfügbarkeit von Tesla Supercharger

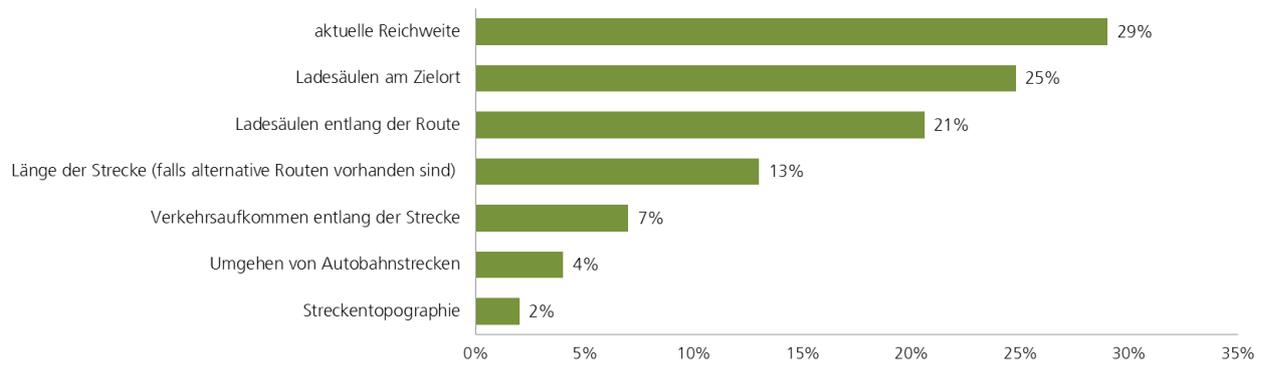


Abbildung 21: Wichtige Aspekte bei der Planung der Touren

Einschränkungen bei der Nutzung

Bei der Online-Befragung sowie im Rahmen der Fokusgruppendifkussionen wurden Einschränkungen und Verbesserungswünsche, die im Zusammenhang mit der direkten Nutzung der Elektrofahrzeuge stehen, adressiert. Die am häufigsten genannten Gründe sind in Abbildung 22 nach Häufigkeit der Nennungen geordnet dargestellt.

Dabei sollte die Dichte der Ladeinfrastruktur sowie die elektrische Reichweite der Fahrzeuge erhöht werden. Obwohl die Reichweite der Elektrofahrzeuge für den Alltagsbedarf ausreichend ist, ist diese bei den rein batteriebetriebenen Fahrzeugen immer noch für manche längere Fahrten unzureichend. Die noch lückenhafte Infrastruktur bedarf bei längeren, vor allem Fahrten in bzw. durch ländliche Gebiete, Planung und vorrausschauendes Fahren. Die Fahrzeit verlängert sich darüber hinaus durch die häufigeren Ladestopps. Eine weitere Problematik ist die bei kalter Witterung zusätzlich eingeschränkte Reichweite. REEV Nutzer haben es als Ansporn gesehen, auch im Winter möglichst rein elektrisch zu fahren: *„ich friere dann auch gerne mal im Winter um Reichweite zu bekommen. (...) Ich möchte nicht umschalten und ich tanke dann auch lieber mal zwischen bevor der [Verbrennungs-]Motor läuft“*. Da die Reichweite der geleasteten Fahrzeuge in den meisten Fällen auf die individuellen Fahrprofile der Teilnehmer abgestimmt ist, gab es in den Fokusgruppendifkussionen keinen Nutzer, der von der Reichweite des genutzten Fahrzeugs enttäuscht war. Auch Sicht der Nutzer sind Elektrofahrzeuge gerade für den Einsatz in der Stadt prädestiniert.

„Man muss planen, man muss überlegen, aber es funktioniert.“

Wünschenswert seien darüber hinaus auch geeignetere Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb, so postuliert z.B. ein Teilnehmer, dass viele Flottenbetreiber auf die angekündigte nächste Generation von E-Nutzfahrzeugen warten, da aktuell das Angebot in diesem Segment nicht ausreichend sei. Dieser Aspekt spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Umfrage wider, bei welcher der Transport von Gütern überwiegend als untergeordneter Zweck des Fahrzeuges angegeben wurde (s. Berichtsteil „Einsatzzwecke“).

„Alle, die ihre Flotten momentan elektrifizieren warten auf diese „Lastenesel“, da es sie nicht gibt und das ist das Hauptproblem.“



Reichweite für manche Fahrten unzureichend



Am Ziel oder auf dem Weg dahin besteht keine Lademöglichkeit



Laden dauert zu lange um unterwegs zu laden



Bei kalter Witterung – Reichweite zusätzlich eingeschränkt



Für Transport von (schweren) Gütern nicht geeignet

Abbildung 22: Überblick der am häufigsten genannten Einschränkungen bei der Nutzung der Elektrofahrzeuge

Negativ aufgefallen sind den gewerblichen Teilnehmern der Fokusgruppendifkussionen darüber hinaus Schwierigkeiten bei Unfällen und Reparaturen. Die Mitarbeiter in den Werkstätten seien meist wenig oder gar nicht geschult und kompetente Ansprechpartner schwierig zu finden. Da Teile der Elektronik, oft z.B. in Stoßstangen und Kotflügeln verbaut und damit anfällig für Unfallschäden sind, ist teilweise mit hohen Kosten und längeren Reparaturzeiten zu rechnen. Dafür wurden dem Fahrzeug weniger Wartungs- und Verschleißkosten zugerechnet, als einem konventionellen Fahrzeug.

Insgesamt berichten die Teilnehmer, dass der Einsatz von Elektrofahrzeugen im gewerblichen Alltagsbetrieb heute möglich ist. Zusätzlicher Aufwand bei der Touren und Ladeplanung muss in Kauf genommen werden. In einigen Unternehmen werden Lösungen für ein intelligentes Flottenmanagement erprobt, die den Einsatz erleichtern sollen, z.B. durch automatische Abfrage der Verfügbarkeit und des Ladezustands eines Fahrzeugs, sowie die Möglichkeit digital ein Fahrzeug nach Bedarf zu reservieren, die Touren zu planen und intern auf einer digitalen Plattform abzustimmen.

Nutzung unterstützender IKT Dienste

Unterstützende IKT-Dienste im Bereich der Elektromobilität können den Einsatz von Elektrofahrzeugen erleichtern. Daher wurde den Bedarf in diesem Bereich im Rahmen der Online-Befragung sowie im Rahmen der Fokusgruppendifkussionen adressiert. IKT Dienste, wie mobile Applikationen der Hersteller für das Fahrzeug, werden vor allem für das Voreinstellen der Innentemperatur des Fahrzeugs, für die Abfrage des Ladezustand und für das Auffinden von öffentlichen Lademöglichkeiten genutzt (siehe Abbildung 23). Gewünscht werden von einem Drittel der Befragten die Funktionen zur Reservierung von öffentlichen Ladepunkten. Das Abrufen von Tipps zu Effizienzsteigerung mittels spezieller IKT-Dienste wird kaum genutzt (15%) und es besteht den Angaben nach kein Bedarf in diesem Bereich. Zusätzlich wünschen die Teilnehmer Dienste, die sie bei der Routenplanung unter Berücksichtigung von Ladestationen entlang der Route unterstützen oder solche, die eine Steuerung der Ladevorgänge ermöglichen.

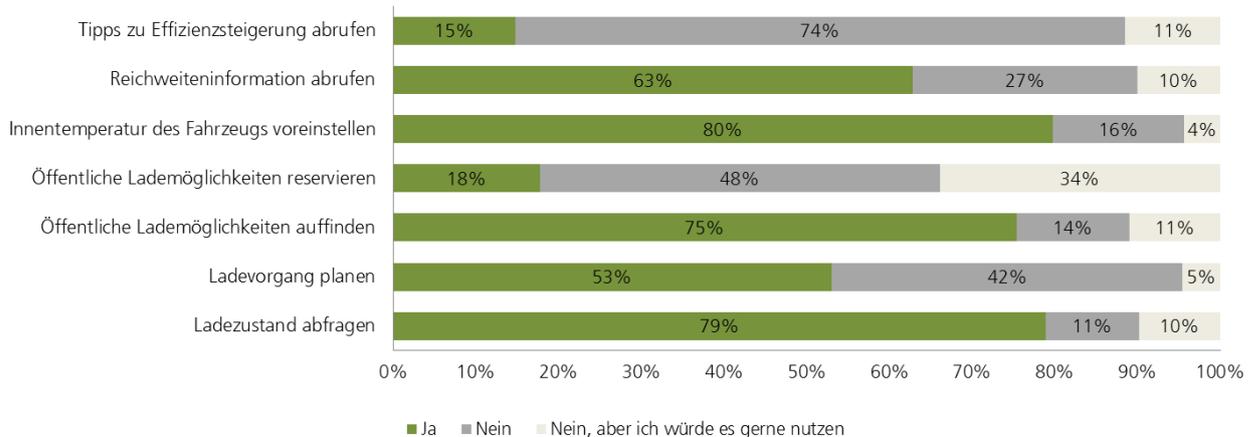


Abbildung 23: Nutzung unterstützender IKT Dienste

Neben dem Einsatz von IKT-Diensten zur Erleichterung der Nutzung des Elektrofahrzeugs, besteht in diesem Bereich ein weiteres hohes Potenzial in Unternehmen mit größeren Elektrofahrzeugflotten, diese intelligent zu managen. Einzelne IKT-Lösungen sind bei Unternehmen, entweder bereits im Einsatz oder werden im Rahmen von Machbarkeitsstudien getestet und weiterentwickelt. Die IKT-Lösungen dienen dabei primär der Optimierung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen bzw. dem gesamten Flotten- und Energiemanagement. Ein weiterer Einsatzbereich von IKT-Diensten ist die Unterstützung einer geteilten Nutzung gewerblicher Fahrzeuge (Gewerbliches Car-Sharing). Konzepte dazu werden vor allem im Hinblick auf eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge durch die Erhöhung der Fahrzeugauslastung diskutiert.

Zusammenfassung

- Die durchschnittliche Fahrleistung sowie verschiedene Charakteristiken der Tourenmuster wie Anzahl Fahrten, Fahrtenlänge und –dauer der im Projekt eingesetzten Elektrofahrzeuge unterscheiden sich kaum von denen konventioneller Pkw. Des Weiteren werden Elektrofahrzeuge mit einem Range Extender in der alltäglichen Nutzung ähnlich wie rein batteriebetriebene Elektrofahrzeuge eingesetzt.
- Die Nutzung der Elektrofahrzeuge geht mit einer gewissen Umstellung des gewohnten Fahrverhalten und der Planung der Touren mit dem Fahrzeug einher. Die Teilnehmer berichten, dass sie entspannter, vorausschauender und energiebewusster fahren.
- Einschränkungen bei der Nutzung sind den Angaben der Teilnehmer nach die für manche Fahrten eine unzureichende Reichweite, die bei kalter Witterung zusätzlich eingeschränkt ist sowie ein größerer Planungsaufwand unter Berücksichtigung von Lademöglichkeiten entlang der Route. Die Nutzer betonen allerdings, dass mit guter Planung die Nutzung der Elektrofahrzeuge problemlos ist.

2.5. Fahrzeugnutzung: Laden und Energiebedarf

Ladeverhalten

Das Ladeverhalten der gewerblichen Nutzer im Projekt charakterisiert sich durch relativ kurze Zwischenladungen, die in den meisten Fällen auf dem Betriebsgelände stattfinden (siehe „Ladestandorte und Ladeinfrastruktur“). Insgesamt werden die Elektrofahrzeuge häufig (als notwendig) nachgeladen. Dafür sprechen ein hoher State of Charge zu Beginn eines Ladevorgangs, die relativ wenig gefahrenen Kilometer

zwischen zwei Ladevorgängen, sowie eine relativ hohe Anzahl Ladevorgänge je Fahrtag. Dabei gibt es hinsichtlich des Ladeverhaltens wenige Unterschiede zwischen rein batteriebetriebenen Fahrzeugen und den Elektrofahrzeugen mit einem Range Extender (siehe Tabelle 2). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass das Ladeverhalten der Elektrofahrzeuge mehr durch die individuellen Tourenmuster als durch den Antrieb bestimmt wird. Die durchschnittliche Dauer der Ladevorgänge beträgt 1 Stunde und 50 Minuten. Geladen wird meistens bei einem relativ hohen State of Charge von durchschnittlich 59% der Batteriekapazität zum Beginn des Ladevorgangs. Zwischen zwei Ladevorgängen werden im Durchschnitt 51 Kilometer zurückgelegt.

Tabelle 2: Zentrale Kennziffer der Ladevorgänge nach Antriebsart

| | BEV | REEV | GESAMT |
|---|--|---|---|
| | Mittelwert unteres Quantil Median oberes Quantil* | | |
| Dauer je Ladevorgang* (bei tatsächlichem Stromfluss) [hh:mm] | 1:58 00:53 1:34 2:35 | 1:59 00:39 1:17 2:11 | 1:50 00:43 1:24 2:23 |
| State of Charge (SOC) bei Ladebeginn [%] | 58 40 63 79 | 61 46 67 84 | 59 44 66 82 |
| State of Charge bei Ladeende [%] | 92 95 100 100 | 91 90 100 100 | 92 91 100 100 |
| Ladehub [%] | 35 16 28 46 | 31 12 23 39 | 32 13 25 42 |
| Zurückgelegte Entfernung zwischen Ladevorgängen [km] | 53 23 46 78 | 49 20 41 65 | 51 21 43 69 |
| Anzahl Ladevorgänge je Fahrtag [n] | 0,92 | 0,87 | 0,89 |
| * Schnellladevorgänge wurden an dieser Stelle nicht berücksichtigt | | | |

Ladegelegenheiten

Zwischen dem erwarteten und dem tatsächlichen Ladeverhalten der Nutzer gibt es gewisse Unterschiede. Während vor der Erstinutzung geplant wird, dass das Fahrzeug direkt nach jeder Nutzung oder immer wenn eine Lademöglichkeit besteht geladen wird, geht diese Tendenz in den Angaben der Nutzer nach ca. einem Jahr Nutzungszeit zurück. Zum dritten Befragungszeitpunkt geben die Teilnehmer häufiger an, dass sie das Fahrzeug erst bei einem niedrigen Akkustand laden. Die Ergebnisse weisen auf Vorbehalte und Reichweitenangst der Teilnehmer hin, die sich mit den Erfahrungen im Umgang mit dem Fahrzeug entspannen. Nur rund 7% der gewerblichen Nutzer geben an, dass sie auch „zu sonstigen Gelegenheiten“ laden, wie z.B. während Terminen in der Stadt wenn eine Lademöglichkeiten vor Ort besteht.

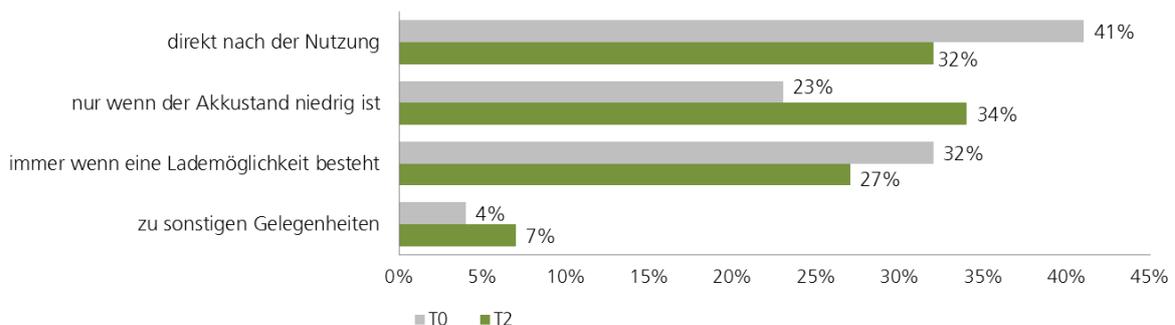


Abbildung 24: Zu welchen Gelegenheiten wird geladen, Mehrfachnennungen möglich

Ladezeiten (Tagesgang)

Die Zeitpunkte, zu denen die Ladevorgänge gewerblicher und privater Nutzer beginnen sind in Abbildung 25 dargestellt. Private Nutzer starten den Ladevorgang meistens am Nachmittag (zwischen 15 und 18 Uhr) oder abends (ab 18 Uhr). Die gewerblichen Nutzer zeigen ein ähnliches Ladeverhaltensmuster mit Ausnahme von einem relativ hohen Anteil an Ladevorgängen (23%), die morgens bzw. vormittags (zwischen 7 und 12 Uhr) stattfinden. Es wird vermutet, dass es sich hier um Nutzer handelt, welche am Arbeitsplatz laden können und das Fahrzeug für Ihre täglichen Pendelwege nutzen können.

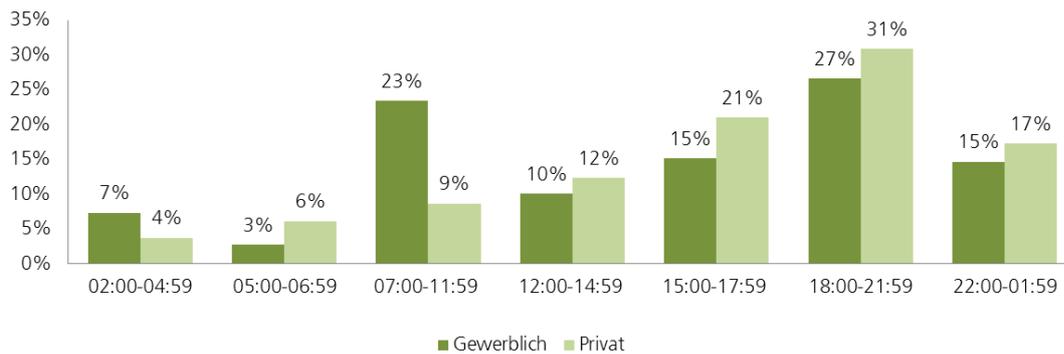


Abbildung 25: Ladezeitpunkte der gewerblichen und privaten Nutzer, Mehrfachnennungen möglich

Im nächsten Schritt der Analyse wurden anhand einer Clusteranalyse die Fahrzeuge nach typischen Lademustern gruppiert. Methodisch wurde dabei folgendermaßen vorgegangen: es wurden Ladeganglinien für jedes der Elektrofahrzeuge erstellt, die zunächst die Summe der geladenen Energie in stündiger Auflösung darstellen. Danach wurde der relative Anteil an geladener Energiemenge pro Stunde berechnet, um eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Fahrzeugen zu ermöglichen. Im letzten Schritt wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, bei der die jeweiligen relativen Anteile an geladener Energiemenge je Fahrzeug als Basis für die Clusterbildung genutzt wurden.

Es wurden insgesamt sechs unterschiedliche Cluster identifiziert, die die typischen Lademuster in der Stichprobe repräsentieren (siehe Abbildung 26). Drei der Cluster (Cluster 2, 3 und 6) repräsentieren Fahrzeuge mit typischen Lademustern, bei denen die meisten Ladevorgänge tagsüber stattfinden. Solche Lademuster weisen insgesamt 36% der untersuchten Fahrzeuge auf (Cluster 1 = 13%, Cluster 2 = 10%, Cluster 6 = 13%). Zu diesen Clustern gehören in fast allen Fällen Fahrzeuge, die rein gewerblich eingesetzt werden und am häufigsten auf dem Betriebsgelände geladen werden. Die Ladevorgänge sind dabei meistens kurze Nachladungen zwischen den Fahrten. Fahrzeuge, die meistens am Morgen geladen werden sind durch die Cluster 1 (16% der Fahrzeuge) und 5 (25% der Fahrzeuge) repräsentiert. Weitere 21% der Elektrofahrzeuge werden am späten Nachmittag bzw. am Abend geladen (Cluster 4). Zu diesen drei Cluster (1,5 und 4) gehören neben rein gewerblich eingesetzten Fahrzeugen auch solche, die darüber hinaus privat genutzt werden.

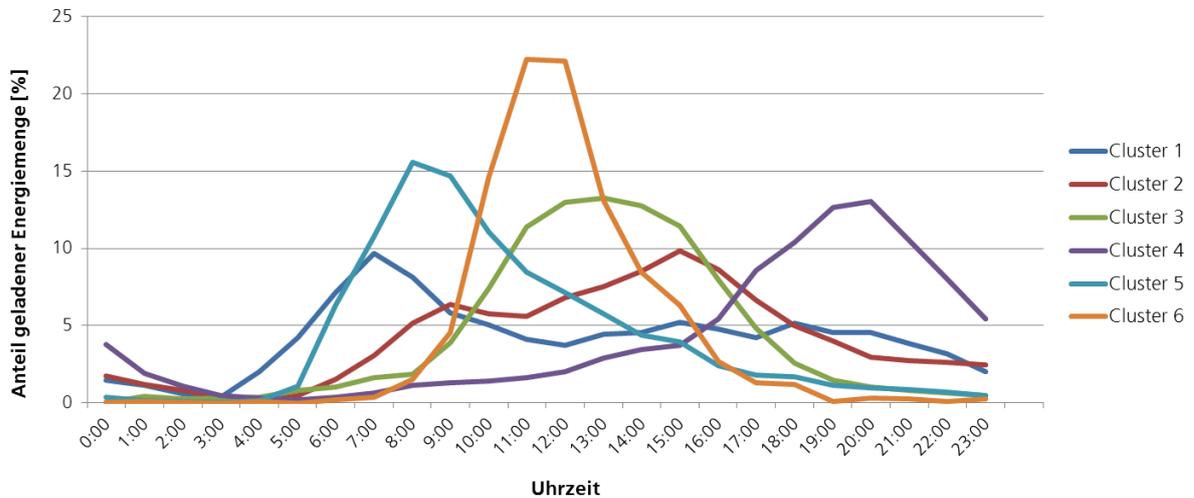


Abbildung 26: Tagesgang des Energieflusses aufgrund laufender Ladevorgänge dargestellt nach typischen Lademustern

In einem weiteren Analyseschritt wurde der Zusammenhang zwischen den identifizierten Lademustern und den indirekten Emissionen der Fahrzeuge untersucht. Die Ergebnisse der Analysen werden im Berichtsteil „Umweltauswirkungen“ dargestellt und diskutiert.

Ladestandorte und Ladeinfrastruktur

Wie auf Abbildung 27 zu erkennen laden mit 42% der Großteil der Nutzer die Elektrofahrzeuge auf dem eigenen Betriebsgelände. Der öffentliche Straßenraum, das eigene Privatgrundstück und Schnellademöglichkeiten z.B. an Tankstellen werden sekundär genutzt. Das Laden auf einem fremden Betriebs- und Privatgelände und beim Kunden spielen eine untergeordnete Rolle. Zusätzlich werden von den Tesla Fahrern die Tesla Super Chrager-Ladestationen als häufig genutzter Ladeort genannt. Diese stehen für die Tesla-Fahrzeugbesitzer kostenlos zur Verfügung und sind für einzelne Teilnehmer eine der primären Energiequellen für das Laden der E-Fahrzeuge.

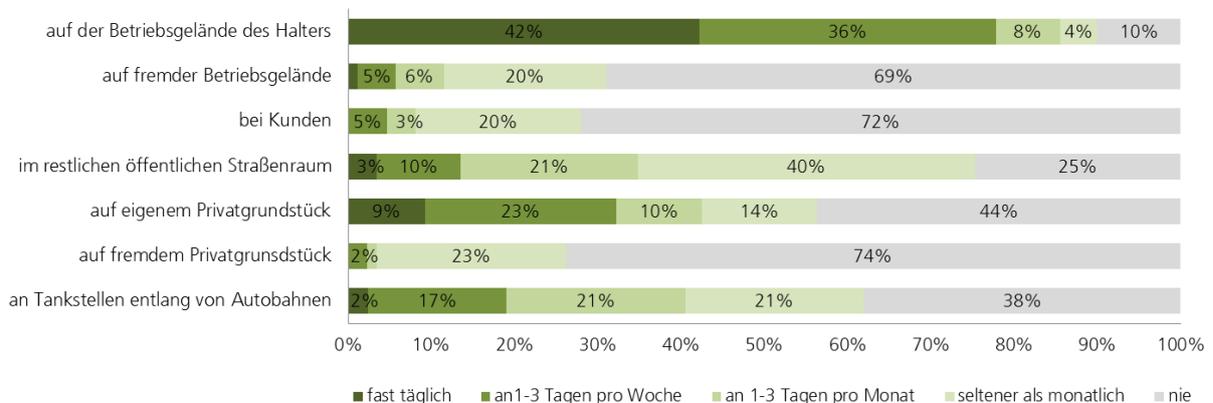


Abbildung 27: Nutzungshäufigkeit unterschiedlicher Ladestandorte, Mehrfachnennungen möglich

Die meisten Teilnehmer (59%) verbinden das Laden der Elektrofahrzeuge mit der Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen zum Teil sogar aus eigenen Anlagen, z.B. Photovoltaikanlagen. Der restliche Teil der Nutzer (33%) lädt das Elektrofahrzeug mit dem billigsten Tarif. 8% der Nutzer haben keine Angaben zum genutzten Stromtarif gemacht.

29% der gewerblichen Nutzer geben in der Befragung an, dass sie eine Photovoltaikanlage besitzen der innerhalb des nächsten Jahres eine installieren lassen werden (7%). Die Mehrheit davon (76%) nutzen den durch die Anlage gewonnenen Strom zum Aufladen des Elektrofahrzeugs. Weitere 10% würden sie zwar dafür nutzen, können allerdings den Strom den eigenen Angaben nach nicht selbst verbrauchen. Die Potenziale zur Nutzung einer Photovoltaikanlage zur Ladung von Elektrofahrzeugen wird im Konferenzbeitrag von Dittus, Kugler und Kolarova (2017) näher betrachtet und daher an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt (s. Berichtsteil „Verwertung, Zukunftsaussichten und weiterer Forschungsbedarf“).

Verbesserungspotenziale

In Bezug auf Verbesserungspotenziale hinsichtlich der Ladeinfrastruktur äußern die Teilnehmer, dass sie bei einer entsprechenden Verfügbarkeit im (halb-) öffentlichen Straßenraum häufiger laden würden. Einzelne Teilnehmer nennen zusätzlich Einkaufszentren sowie Flughäfen und Bahnhöfe als Wunschladeorte.

Im Raum Berlin bewerten die Teilnehmer die Ausstattung und die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur als entsprechend gut für den aktuellen Bedarf. Als Hemmnisse zur Nutzung der Infrastruktur werden allerdings fehlende Karten, Navigationshilfen, einheitliche Abrechnungssysteme und Besetzung der Ladeparkplätze durch konventionelle Fahrzeuge genannt. Gewünscht werden auch mehr Schnelllademöglichkeiten im öffentlichen Raum.

Im ländlichen Raum Brandenburgs ist die Ladeinfrastruktur aus Sicht der Nutzer noch mangelhaft. Hier wird zum Zeitpunkt des Projekts die Infrastruktur hauptsächlich durch private Akteure ohne zentrale Steuerung und Subventionierung aufgebaut. Gewünscht wird Unterstützung durch die Gemeinden, ein bedarfsgerechter Ausbau und eine Zentralisierung der Steuerung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur durch das Land. Im privaten Bereich berichten Teilnehmer über organisatorische Schwierigkeiten bei der Installation von Ladeinfrastruktur in Wohnhäuser, insbesondere wenn sie nicht die Besitzer der Wohnung sind.

Schnellladen

Bei der Frage nach der subjektiven Einschätzung der Wichtigkeit von Schnelllademöglichkeiten⁴ bewertet die Mehrheit der Studienteilnehmer diese als eher wichtig bis (sehr) wichtig (siehe Abbildung 28). Zum zweiten Zeitpunkt der Befragung (nach ca. einem Jahr Nutzungszeit) ist diese Tendenz angestiegen⁵. Im Gegensatz dazu sprechen die Analysen des Ladeverhaltens (s. Berichtsteil „Ladeverhalten“) dafür, dass die Elektrofahrzeuge in den meisten Fällen relativ wenig Kilometer zwischen zwei Ladevorgängen zurücklegen und somit auch ein konventionelles Laden in der Regel bei den identifizierten Nutzungsmustern ausreichend ist. Die kontroversen Ergebnisse weisen auf eine ergänzende Rolle der Schnellladeinfrastruktur hin.

⁴ Schnellladung: Aufladung der Fahrzeugbatterie von 0% auf 80% innerhalb von 30 Minuten

⁵ In einer anderen am Institut durchgeführten Studie (CCS Berlin, Förderkennzeichen: 16SBB017H) wurde eine entgegengesetzte Tendenz beobachtet, das für die Abhängigkeit der subjektiven Bewertungen von der Stichprobeziehung spricht.

Die privaten Nutzer erachten die Schnellademöglichkeit wichtiger als die gewerblichen Nutzer, was allerdings überraschend erscheint bei der Tatsache, dass die meisten von ihnen ein PHEV⁶ nutzen. Auch geben einzelne private PHEV-Nutzer an, dass sie über keine Lademöglichkeit zu Hause verfügen.

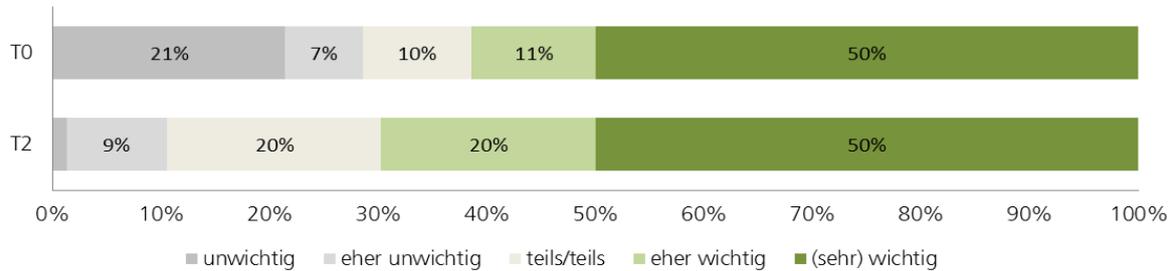


Abbildung 28: Subjektiv eingeschätzte Wichtigkeit der Möglichkeit einer Schnellladung der Batterie

Energieverbrauch

Die Berechnung des Energiebedarfs der Elektrofahrzeuge unter Alltagsbedingungen erfolgte anhand der aufgezeichneten Fahrzeugnutzungsdaten. Durch den Aufzeichnungszeitraum von mindestens einem Jahr konnten die Einflussfaktoren auf den Energiebedarf, insbesondere die Temperaturabhängigkeit, analysiert werden. Die Ergebnisse der Analysen der Abhängigkeit des Energieverbrauchs unterschiedlicher Elektrofahrzeugarten von der Außentemperatur sind auf Abbildung 29 dargestellt. Extrem hohe und extrem niedrige Temperaturen beeinflussen den Energieverbrauch der Elektrofahrzeuge stark und somit deren Reichweite. Dies geht auf die notwendige Energie zur Kühlung bzw. Aufheizung des Fahrzeugs zurück. Insgesamt ist der durchschnittliche Energiebedarf der Elektrofahrzeuge höher als in den Herstellerangaben. Allerdings fällt die Differenz nicht sehr hoch aus, was vor allem auf den primär städtischen Einsatz der Elektrofahrzeuge zurückzuführen ist.

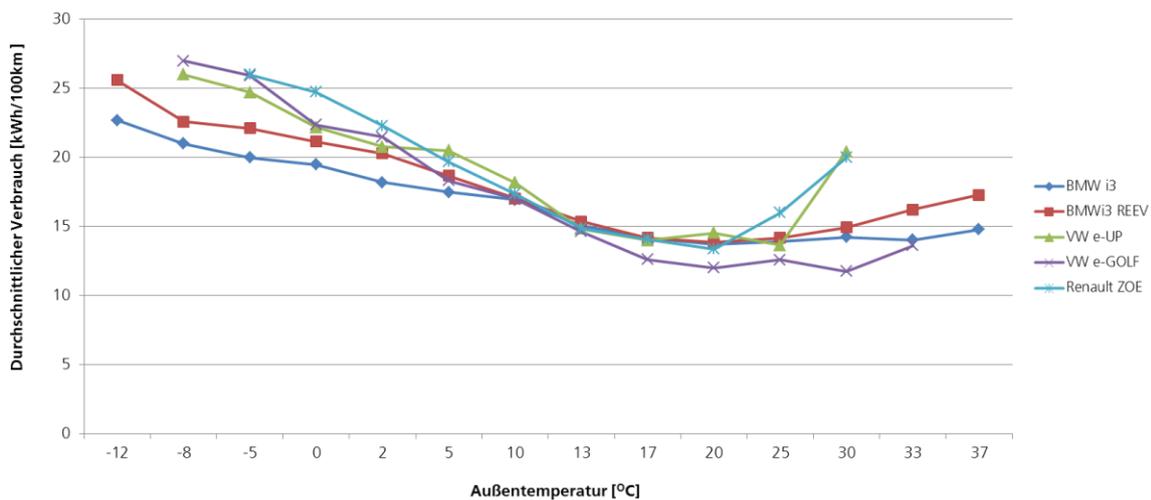


Abbildung 29: Abhängigkeit des Energieverbrauchs von der Außentemperatur

⁶ Viele der privaten Nutzer (59%) haben im Rahmen des Projekts ein Mitsubishi Outlander PHEV geleast

Weitere Analysen hinsichtlich des Einflusses der durchschnittlichen Geschwindigkeit auf den Energieverbrauch zeigen, dass der Energieverbrauch bei 30 bis 65 km/h Gesamtfahrtgeschwindigkeit optimal ist. Das liegt vor allem daran, dass das Fahrzeug bei Fahrten in einem städtischen (meist „Stop and Go“) Verkehr häufig rekuperiert. Weiterführende Analysen hinsichtlich dieses Aspekts wurden im Rahmen einer Abschlussarbeit im Projekt durchgeführt (s. Berichtsteil „Verwertung, Zukunftsaussichten und weiterer Forschungsbedarf“).

Zusammenfassung

- Das Ladeverhalten der Teilnehmer charakterisiert sich durch relativ kurze und häufige Ladevorgänge. Dafür sprechen ein hohes State of Charge zu Beginn eines Ladevorgangs, die relativ wenig gefahrenen Kilometer zwischen zwei Ladevorgängen sowie eine relativ hohe Anzahl Ladevorgänge je Fahrtag. Es lassen sich insgesamt sechs unterschiedliche Lademuster in der Stichprobe identifizieren.
- Geladen wird am häufigsten auf dem Betriebsgelände, auf dem privaten Grundstück oder entlang der Route. Gewünscht ist einen weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur im (halb-) öffentlichen Raum, insbesondere in ländlichen Gebieten.
- Die meisten Teilnehmer verbinden die Nutzung eines Elektrofahrzeugs konsequent mit Nutzung vom Strom aus erneuerbaren Energiequellen beim Laden der Fahrzeuge.
- Der Energiebedarf der Fahrzeuge variiert stark in Abhängigkeit der Außentemperatur sowie der gefahrenen durchschnittlichen Geschwindigkeit.

2.6. Modellierung der Fahrzeugflotte

Auf Basis der im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse, sowie weiterer Annahmen wurde die mögliche Diffusion der deutschen Fahrzeugflotte mit Elektrofahrzeugen modelliert mit dem Ziel nachgeordnet gefahrene elektrische Kilometer und entsprechende positive Effekte für die Umwelt zu quantifizieren. Hierzu wurde ein am DLR entwickeltes Modell verwendet und um ein im Rahmen des Projekts entwickeltes Emissionsmodul ergänzt. Ziel dabei war es potenzielle Entwicklungspfade der Elektromobilität aufzuzeigen und die daraus resultierenden verkehrlichen- und Umweltauswirkungen abzuschätzen. Im Folgenden wird der verwendete Modellansatz kurz beschrieben und die Ergebnisse der berechneten Szenarien dargestellt.

Modellierungsansatz

Für die Modellierung der Fahrzeugflotte wurde das am Institut entwickelten Modell ECCO („Electric Car Cost of Ownership“) verwendet. Die Berechnungen im Rahmen des Modells stützen sich auf die Datensätze der für Deutschland repräsentativen Verkehrserhebungen MiD 2008 (Infas/DLR, 2010) und KiD 2002 (IVS et.al, 2003). Der Datensatz der Erhebung MiD fokussiert auf das Mobilitätsverhalten von privaten Nutzern und wird auf Haushaltsebene erhoben. Der Datensatz der Erhebung KiD besteht aus Mobilitätsdaten gewerblich zugelassener und genutzter Fahrzeuge. Neben der in den Datensätzen dokumentierten Fahrzeugnutzung berücksichtigt das Modell ECCO verfügbare Daten und Annahmen zum Fahrzeuganschaffungsverhalten von privaten Haushalten und Unternehmen, verfügbare Produktionskapazitäten, regionale Fahrzeugmärkte sowie mögliche Technologiepfade und ist in der Lage Maßnahmen des Ladeinfrastrukturausbaus sowie politische Maßnahmen abzubilden. Die wesentlichen

Ergebnisse des Modells sind (regionale) Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen sowie aus der Analyse der Fahrzeugnutzungsmuster resultierenden gefahrenen Gesamtkilometer der Flotte (siehe Abbildung 30).

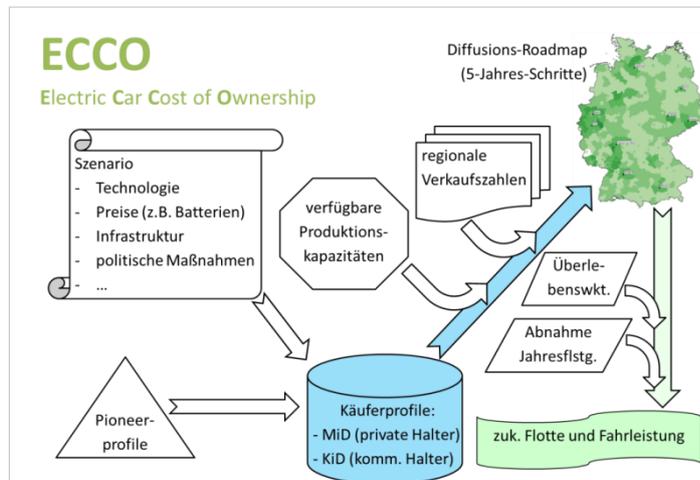


Abbildung 30: Ansatz des Fahrzeugnachfragemodells ECCO

Der dem Modell ECCO zugrundeliegende Ansatz ist in der folgenden Veröffentlichung detailliert beschrieben:

Kihm, Alexander und Trommer, Stefan (2014). The new car market for electric vehicles and the potential for fuel substitution. In: Energy Policy (73), S. 147-157. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.05.021. ISSN 0301-4215.

Im Rahmen des Projekts wurden zwei Szenarien und deren aggregierte Umweltauswirkungen betrachtet. Die Szenarien stellen langsame bis moderate Entwicklungen des Elektrofahrzeugmarkts dar und zeigen die potenziellen Umweltauswirkungen bei unterschiedlich steigenden Elektrofahrzeugzahlen im Bestand auf. Die Entwicklung der elektrischen Fahrzeugflotte wird dabei einschließlich bis zum Jahr 2025 modelliert. Dabei wird zwischen den folgenden vier Fahrzeugsegmenten unterschieden: private Pkws (PV), gewerbliche Pkws (WV), Dienstwagen (DW) und leichte Nutzfahrzeuge (LNfz).

Die dargestellten Ergebnisse basieren auf einem TCO-Modell und werden daher stark von den zugrundeliegenden Annahmen bezüglich Batteriekosten, Verbräuchen, Kraftstoffpreisen etc. beeinflusst. Um weitere nicht TCO-getriebene Anschaffungsmotive bestimmter Nutzergruppen (z.B. die „Early Adopters“) zu berücksichtigen, wurde eine Relaxierung des Modells für die entsprechenden Gruppen vorgenommen.

Ergebnisse der Szenario-Rechnungen

In dem Szenario „Nische“ wird eine langsame Durchdringung dargestellt, bei der die Elektromobilität nicht über einen Nischenmarkt hinauskommt. Das ist im Szenario vor allem auf die angenommene langsame Technologieentwicklung, fehlender expliziter Förderung durch die Politik und eingeschränkter Verfügbarkeit (halb-) öffentlicher Ladeinfrastruktur zurückzuführen. In dem Szenario „Trend“ wird unter anderem durch die Annahme eines schnelleren technologischen Fortschritts, verfügbarer Ladeinfrastruktur im (halb-) öffentlichen Raum und eines mit konventionellen Fahrzeugen vergleichbaren Wiederverkaufswerts eine schnellere Marktdurchdringung ermöglicht.

In dem Szenario „Nische“ sind bis zum Jahr 2020 knapp 120.000 Elektrofahrzeuge im Bestand und es bildet sich mit einer Neuzulassungsrate von ca. 15.000 Elektrofahrzeugen im Jahr ein stabiler Nischenmarkt. Bis zum Jahr 2025 steigt die Zahl auf 170.000 Fahrzeuge. Im Szenario „Trend“ erreicht die Anzahl der

Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand bis zum Jahr 2020 460.000, was einem Anteil von ca. 1% am Gesamtfahrzeugbestand entspricht. Unter den postulierten Annahmen steigen ab dem Jahr 2020 die Verkaufsanteile, was zu rund 3,7 Millionen Elektrofahrzeugen im Jahr 2025 im Fahrzeugbestand führt (siehe Abbildung 31).

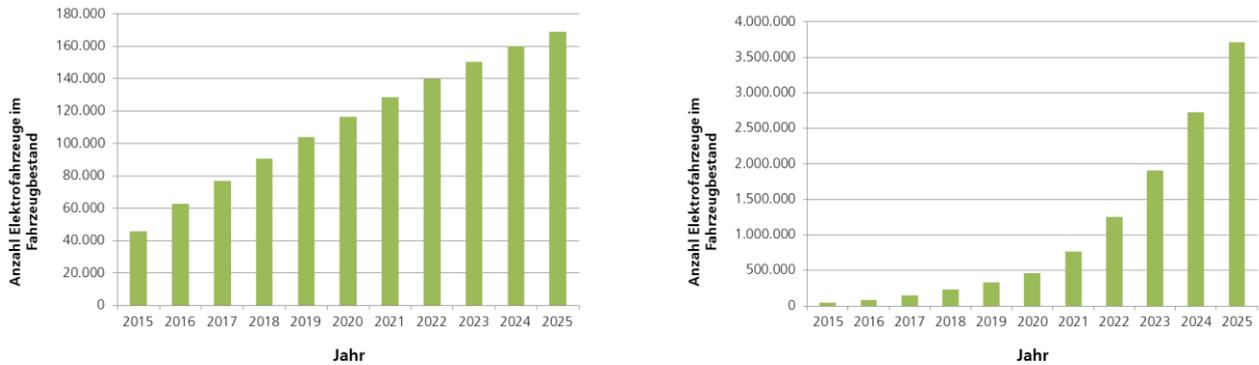


Abbildung 31: Anzahl Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand in dem Szenario „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts)

Die Gründe für den stärkeren Anstieg der Verkaufsanteile ab dem Jahr 2020 sind unter anderem die angenommene Reduzierung der Batteriekosten und somit eine Verbesserung der Gesamtwirtschaftlichkeit der Fahrzeuge. Dementsprechend steigt in diesem Szenario die Anzahl der als Dienstwagen zugelassenen Elektrofahrzeuge sowie durch die „Early Adopters“ erworbenen privaten Fahrzeuge (siehe Abbildung 32).

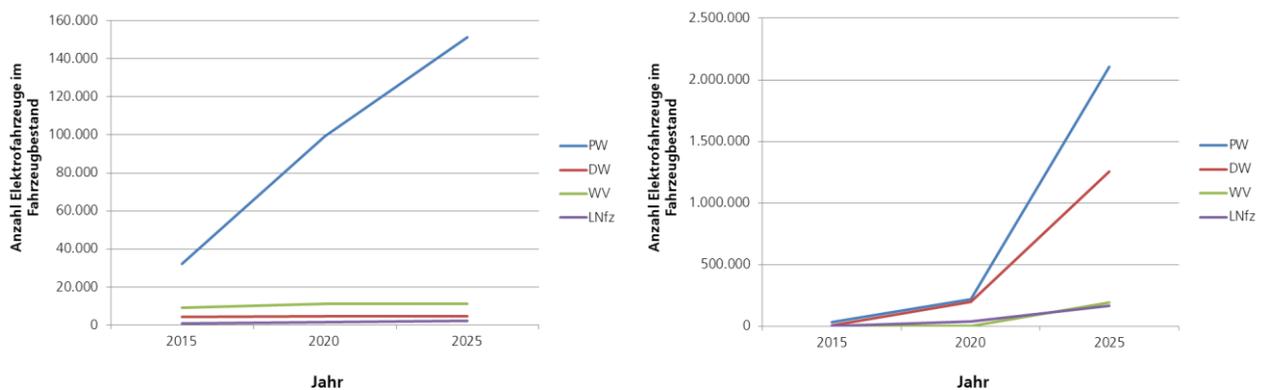


Abbildung 32: Anzahl Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand je Haltergruppe in dem Szenario „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts)

In jedem Szenario wurde zusätzlich zwischen rein batteriebetriebenen Fahrzeugen (BEV) und Plug-In Hybrid Fahrzeugen (PHEV) sowie zwischen verschiedenen Fahrzeuggrößenklassen unterschieden. Auf Abbildung 33 ist die Zusammensetzung der Elektrofahrzeugflotte je Szenario und betrachtetem Jahr dargestellt. Ein wesentliches Ergebnis der Szenario-Rechnungen unter Berücksichtigung der Antriebsart und der Fahrzeuggrößenklasse ist die Berechnung der gefahrenen Gesamtkilometer der elektrischen Fahrzeugflotte und die daraus resultierenden Emissionsreduktionspotenziale.



Abbildung 33: Anteil der Antriebsarten (BEV und PHEV) in der Elektrofahrzeugflotte in den Szenarien „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts)

In Abbildung 33 sind die berechneten jährlich zurückgelegten elektrischen Fahrzeugkilometer nach unterschiedlichen Zulassungsarten dargestellt. Im Szenario „Nische“ liegt die elektrische Fahrleistung im Jahr 2020 bei 1,43 Mrd. Fahrzeugkilometer und steigt bis zum Jahr 2025 auf 1,96 Mrd. Kilometer an. Im Szenario „Trend“ werden bereits im Jahr 2020 9,99 Mrd. Kilometer im Jahr elektrisch zurückgelegt. Im Jahr 2025 liegt die Fahrleistung bei 72,93 Mrd. elektrischen Fahrzeugkilometern. Während die Fahrzeuge im Szenario „Nische“ hauptsächlich privat eingesetzt werden ist der Anteil gewerblicher Fahrzeuge im Szenario „Trend“ deutlich höher. Hier stellt der gewerbliche Markt eine Art Initialmarkt dar. Demzufolge werden hier die meisten elektrischen Kilometer von gewerblichen Fahrzeugen realisiert. Dies ist auch auf eine im Durchschnitt höhere Jahresfahrleistung gewerblich zugelassener Fahrzeuge im Vergleich zu privaten Fahrzeugen zurückzuführen.

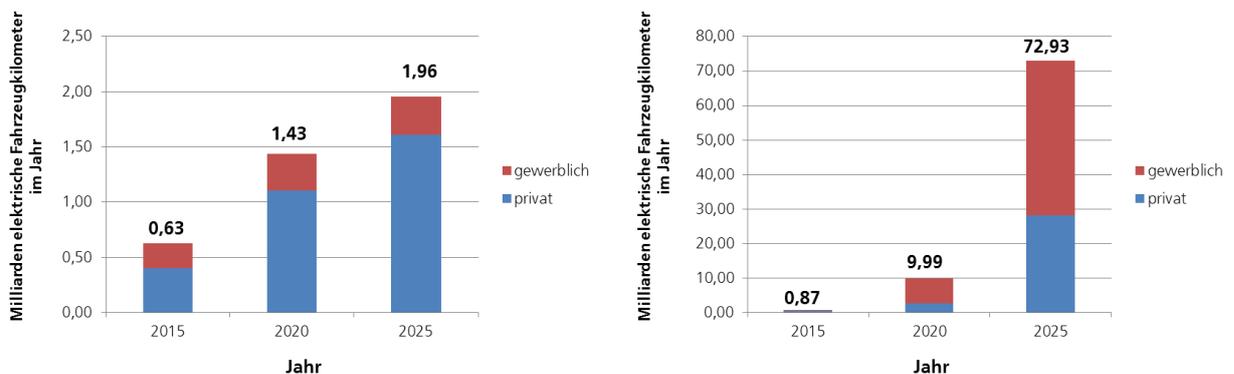


Abbildung 34: Anzahl elektrisch gefahrener Kilometer im Jahr im Szenario „Nische“ (Links) und „Trend“ (Rechts)

Die Nutzungsmuster der Fahrzeuge stellen die Basis für die im nächsten Schritt der Analyse berechneten Emissionsreduktionspotenziale dar.

Zusammenfassung

- Im Rahmen des Projekts wurde ein am DLR entwickeltes Modell verwendet und durch die Integration eines Emissionsmodells weiterentwickelt. Ziel dabei war es verkehrliche- und Umweltauswirkungen bei unterschiedlichen Diffusionsraten von Elektrofahrzeugen abzuschätzen. Zwei Szenarien wurden berechnet.
- Im Szenario „Nische“ kommt die Elektromobilität nicht über einen Nischenmarkt hinaus. Erreicht werden im Jahr 2025 rund 170.000 Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand, die im selben Jahr zu 1,96 Milliarden elektrisch gefahrenen Kilometern führen. Im Szenario „Trend“ liegt die Zahl der Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand im Jahr 2025 bei 3,7 Millionen mit daraus resultierenden 72,93 Milliarden elektrisch gefahrenen Kilometern.

2.7. Umweltauswirkungen

Der Verkehr verursachte 2014 ca. 18% der deutschen Treibhausgas-Emissionen. 95 % davon wurden durch den Straßenverkehr und die damit verbundene Verbrennung von Mineralölprodukten verursacht (Umweltbundesamt, 2015). Pkw verursachen dabei im Personenverkehr besonders viele Emissionen pro Personenkilometer auf Grund des geringen Besetzungsgrades: Verglichen mit Reise- und Linienbussen, Eisenbahn (Fern- und Nahverkehr) und Straßen, Stadt- und U-Bahnen verbraucht der Pkw deutlich mehr Treibhausgase (CO₂-Äquivalente)⁷, Kohlenmonoxid und flüchtige Kohlenwasserstoffe. Auch bei Feinstaubwerten⁸ und Stickoxiden⁹ erzielen Pkws höhere Werte als ein Großteil der genannten Transportmittel pro Personenkilometer (Umweltbundesamt, 2016). In Berlin und vielen anderen deutschen Großstädten überschreitet der Wert der Schadstoffkomponente Stickstoffdioxid in Straßennähe bei den jährlichen Messungen regelmäßig die Grenzwerte des 39. BImSchV. Eine Möglichkeit den Emissionen im Verkehr entgegenzuwirken wäre eine konsequente Förderung der Elektromobilität (Senatsverwaltung, 2015).

Elektrofahrzeuge verursachen im Betrieb lokal keine direkten Emissionen. Allerdings entstehen bei der Strombereitstellung Emissionen, die je nach Energieträger unterschiedlich hoch sind (siehe Abbildung 35). Folglich kann das volle Potenzial zur Emissionsreduktion durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen nur dann entfaltet werden, wenn die Ladung der Fahrzeuge konsequent mit erneuerbaren Energiequellen gekoppelt wird. Ein durch den zunehmenden Anteil an Elektrofahrzeugen steigender Energiebedarf wird daher nur dann zu einer erheblichen Reduktion der CO₂-Emissionen führen, wenn unterstützende Maßnahmen zur Energiewende konsequent umgesetzt werden.

⁷ Treibhausgasemissionen in g/Pkm: Pkw = 142 (zugrunde gelegte Auslastung: 1,5 Personen/Pkw), Reisebus = 32 (Auslastung: 60%), Linienbus = 76 (Auslastung: 21%), Eisenbahn, Fernverkehr = 21 (Auslastung: 50%), Straßen-, Stadt- und U-Bahn = 71 (Auslastung: 19%). Quelle: Umweltbundesamt, 2016

⁸ Feinstaub in g/Pkm: Pkw = 0,005, Reisebus = 0,004, Linienbus = 0,003. Quelle: Umweltbundesamt, 2016

⁹ Stickoxide in g/Pkm: Pkw = 0,31, Reisebus = 0,21, Eisenbahn, Fernverkehr = 0,06, Straßen-, Stadt- und U-Bahn = 0,07. Quelle: Umweltbundesamt, 2016

CO₂-Emissionen

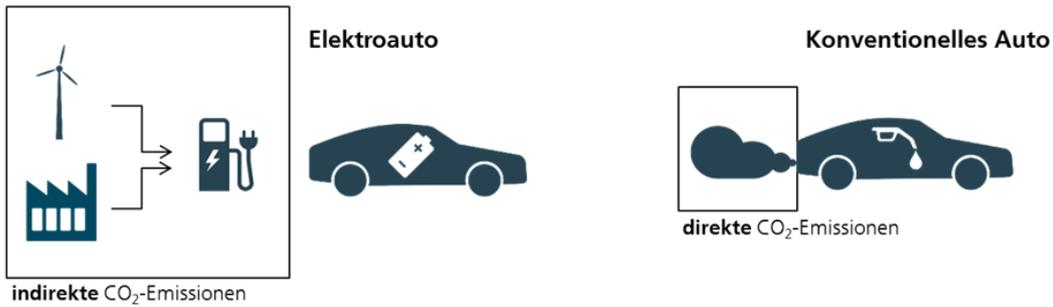


Abbildung 35: Ansatz zum Vergleich der CO₂ Emissionen von Elektrofahrzeuge mit konventionellen Fahrzeugen

Methodik zur Berechnung der Umweltauswirkungen

Zur Berechnung der Umweltauswirkungen der im Rahmen des Projekts eingesetzten Flotte sowie zur Abschätzung des Potenzials zur Emissionsreduktion durch den massenhaften Einsatz von Elektrofahrzeugen, wurde im Rahmen des Projekts ein Modell zur Emissionsberechnung der Elektrofahrzeuge verwendet. Abbildung 36 fasst den Modellalgorithmus zusammen. Basis für die Berechnungen stellte eine Fusion der im Rahmen des Projekts aufgezeichneten Fahrzeugnutzungsdaten, der Daten zum Strommix in Deutschland für die betrachteten Jahre (Agora Energiewende, 2017) sowie Daten zu den Emissionsfaktoren bei der Strombereitstellung pro Stromquelle dar (IINAS & Öko-Institut, 2016).

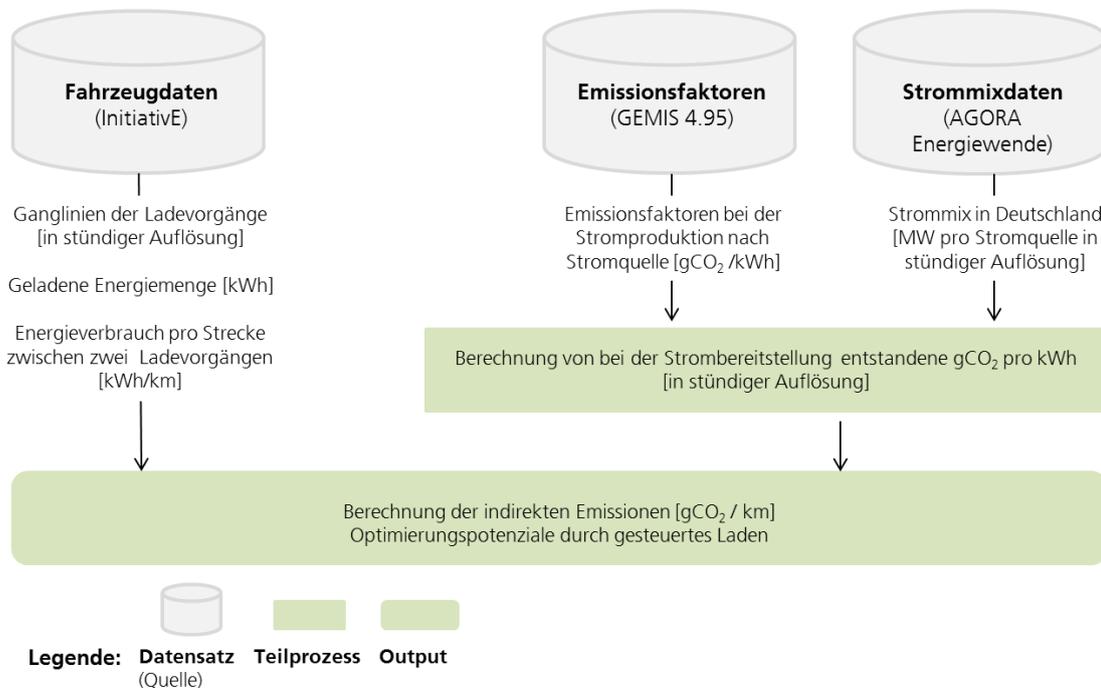


Abbildung 36: Modellalgorithmus zu Berechnung der indirekten CO₂-Emissionen von Elektrofahrzeugen

Auf Basis der erfassten Fahrzeugnutzungsdaten wurden Tagesganglinien der Ladevorgänge in stündiger Auflösung erstellt. Dabei wurde die geladene Energiemenge pro Stunde unter Berücksichtigung der Ladeleistung des jeweiligen Ladevorgangs berechnet. Zusätzlich wurde auf Basis der Analyse der Fahrtprofile der Fahrzeuge der Energieverbrauch pro Kilometer je Fahrt ermittelt. Mithilfe der zusätzlichen Daten zu gCO₂ bei der Strombereitstellung je kWh für die jeweilige Stunde eines Ladevorgangs konnten nun die indirekten Emissionen äußerst genau ermittelt werden. Die Emissionsfaktoren, die bei zur Berechnung der Emissionen pro Energieträger genutzt wurden, sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Emissionsfaktoren pro Stromquelle in gCO₂/kWh (GEMIS 4.95, IINAS, Öko-Institut e.V., 2016)

| Stromquelle | CO₂-Äquivalente [g/kWh] |
|----------------------------------|---|
| Steinkohle-Kraftwerk | 894 |
| Braunkohle-Kraftwerk | 1008 |
| Erdgas | 410 |
| Kernenergie/Atomkraftwerk | 55 |
| Wasserkraftwerk | 3 |
| Wind | 9 |
| PV | 109 |
| Biomasse - Mais | 194 |
| Sonstige Brennstoffe | 587 |

An dieser Stelle sollte betont werden, dass im Rahmen der Analysen ausschließlich die im Zusammenhang mit dem Betrieb der Fahrzeuge stehenden Emissionen betrachtet wurden bzw. eine Well-2-Wheel Analyse durchgeführt wurde. Die Emissionen, die durch die Fahrzeugherstellung und/oder die Batterieherstellung und -entsorgung entstehen, wurden im Rahmen des Projekts nicht betrachtet. Bei weiteren Analysen mit Schwerpunkt auf der Gesamtumweltbilanz von Elektrofahrzeugen sollten diese in die Kalkulation einbezogen werden.

Einflussfaktoren auf die indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge

Der durchschnittliche Anteil des aus erneuerbaren Energien bereitgestellten Stroms im Stromnetz in Deutschland betrug im Jahr 2016 31,7% und ein Jahr zuvor 31,5% (AGEE-Stat)¹⁰. Insgesamt ist eine Steigerung um etwa 8,2% gegenüber 2012 zu verzeichnen. Dabei variiert der Anteil im Energienetz im Tages- und Jahresverlauf stark je nach Tageszeit und Wetterbedingungen. Auf den Abbildungen 37 und 38 sind zwei per Zufall ausgewählte Tage im Jahr 2015 dargestellt. Aus dem Vergleich wird deutlich, dass an einigen Sommertagen, wie auf der Grafik rechts dargestellt, einen relativ hoher Anteil an durch Solarenergie bereitgestelltem Strom verfügbar ist. Im Winter dagegen ist der Anteil an Solarenergie sehr niedrig, wird in diesem Fall allerdings durch Windenergie kompensiert. Betrachtet man zusätzlich die Stromnachfrage im Tagesverlauf, fallen besonders auf der Grafik rechts die Stunden zwischen 12 und 15 Uhr auf, in denen zwar ein hoher Anteil erneuerbarer Energie im Netz vorhanden ist, dafür aber eine relativ niedrige Nachfrage. Eine optimierte Nutzung dieser Stunden kann durch ein gesteuertes Energienachfragemanagement, z.B. bei der

¹⁰ AAEG-Stat: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik des Umweltbundesamtes

Ladung der Elektrofahrzeuge, erreicht werden. Die Ergebnisse der Analysen des Zusammenhangs zwischen Ladeverhalten der Elektrofahrzeugnutzer im Projekt und den indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge werden im Folgenden zusammengefasst.

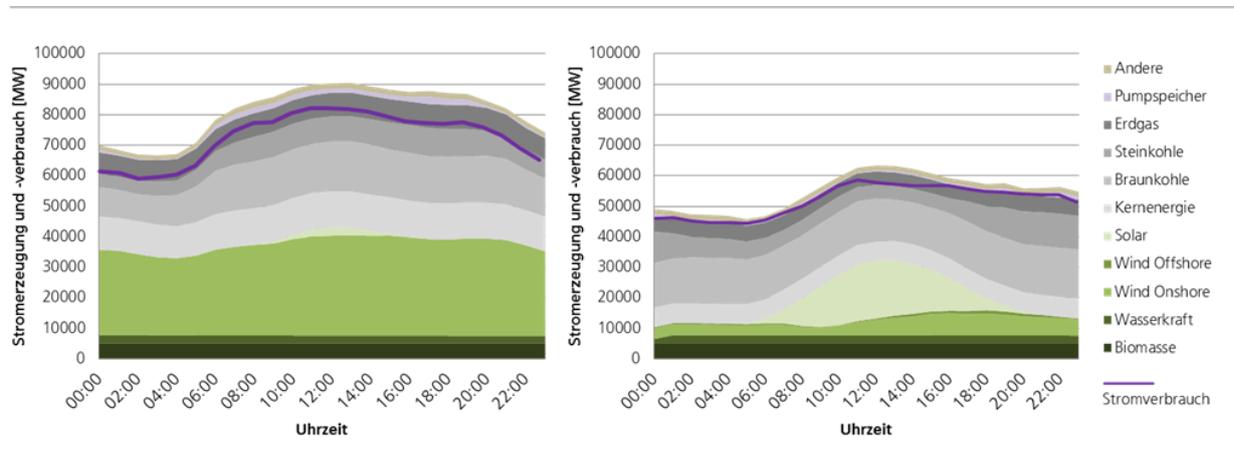


Abbildung 37: Stomerzeugung und Stromverbrauch in Deutschland am 12. Januar 2015 (Links) und am 12. Juli 2015 (Rechts), Quelle: Agora Energiewende, 2017

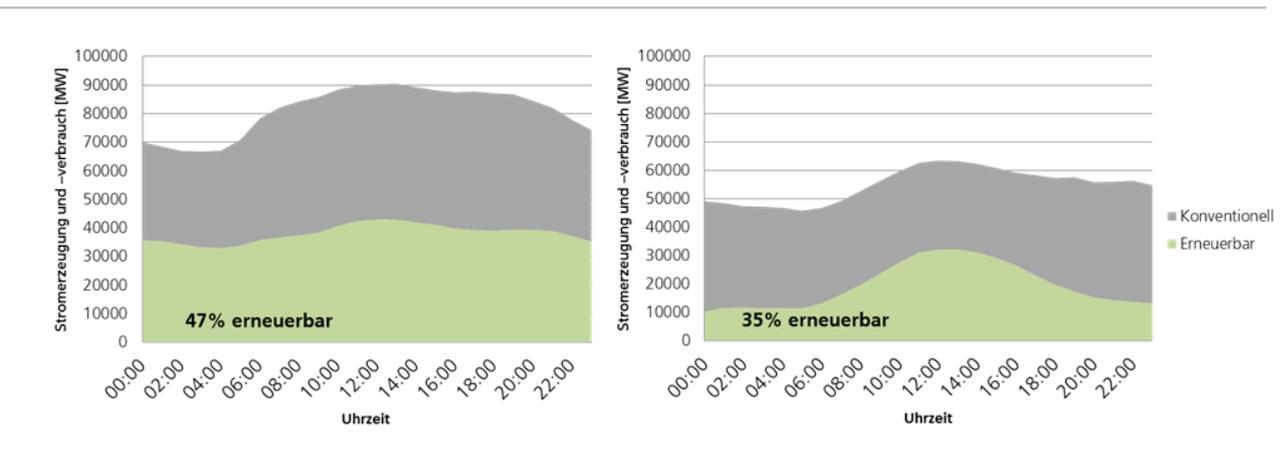


Abbildung 38: Stomerzeugung und Stromverbrauch in Deutschland am 12. Januar 2015 (Links) und am 12. Juli 2015 (Rechts), Quelle: Agora Energiewende, 2017

Die indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge im Jahresverlauf fallen unterschiedlich aus je nach Lademuster, Energieverbrauch und Anteil aus erneuerbaren Energiequellen produziertem Strom beim jeweiligen Ladevorgang.

Auf Abbildung 39 sind die Ergebnisse der analysierten indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge dargestellt. Dabei wurde ausschließlich ein Fahrzeugmodell betrachtet, um den Effekt unterschiedlicher Verbräuche zu isolieren. In den Analysen wurden die BMW i3-Fahrzeuge aus der Projektflotte betrachtet, die im Durchschnitt einen Realverbrauch von 0,16 kWh/km aufweisen (s. Berichtsteil „Energieverbrauch“). Die Berechnungen zeigen, dass die Werte der indirekten Emissionen der betrachteten Elektrofahrzeuge eine Bandbreite von 20 bis 167 gCO₂/km abdecken. Dabei liegen 75% der Werte unter 98 gCO₂/km und der Mittelwert liegt bei 79,9 gCO₂/km. Je geladener kWh betragen die durchschnittlichen CO₂ Emissionen rund 490 pro geladene kWh basierend auf dem deutschen Strommix.

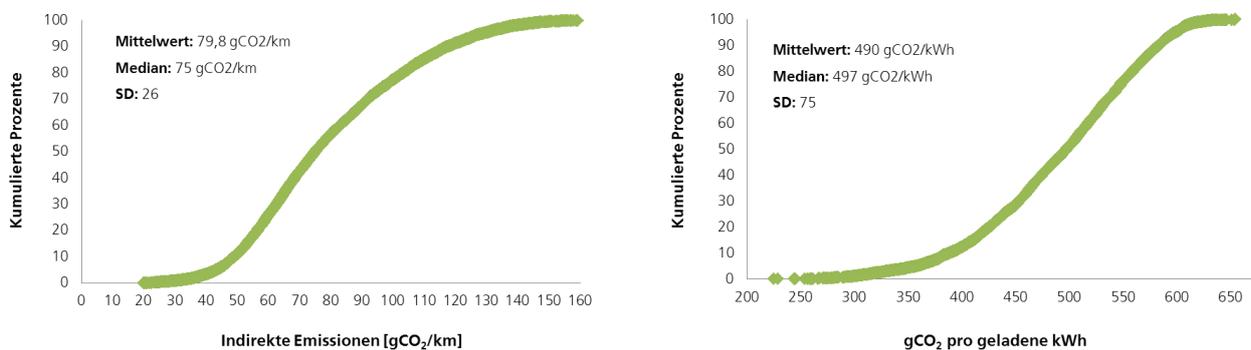


Abbildung 39: Kumulierte Prozente der indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge (Links) und der gCO₂ pro geladene kWh (Rechts)

Die Verordnung(EG) Nr. 443/2009 sieht eine Verringerung der direkten Emissionen konventioneller Fahrzeuge der Neuwagenflotte auf 130 gCO₂/km vor. Verglichen damit liegt der Wert der indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge in den meisten Fällen deutlich niedriger. Allerdings handelt es sich bei den betrachteten Fahrzeugen zumeist um Kleinwagen bzw. Wagen der Kompaktklasse mit einem relativ niedrigen Energieverbrauch. Die Betrachtung von Elektrofahrzeugen größerer Klassen mit einem entsprechend höheren Verbrauch könnte dabei negativer ausfallen. Insgesamt wirkt sich ein weiter steigender Anteil erneuerbarer Energiequellen bei der Strombereitstellung positiv auf die Umweltbilanz der Elektrofahrzeuge aus. Unterstützend wirken Initiativen wie beispielsweise von vielen Versuchsteilnehmern berichtet, dass die Fahrzeuge konsequent mit Strom aus Öko-Stromtarifen geladen werden oder Energie aus eigenen Anlagen genutzt (s. Berichtsteil „Ladestandorte und Ladeinfrastruktur“).

Um den Zusammenhang zwischen Ladeverhalten und den indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge zu betrachten, wurden die typischen Lademuster in der Flotte mit dem entsprechenden Energiemix bei den Ladevorgängen analysiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 40 dargestellt. Dargestellt werden neben den durchschnittlichen gCO₂ pro geladener kWh pro Cluster auch der Median der Werte. Insgesamt deuten die Ergebnisse auf Unterschiede zwischen verschiedenen typischen Lademustern hin. Fahrzeuge, die zu dem Cluster 2, 4 oder 6 gehören, haben im Durchschnitt bei einem Energiemix geladen, dessen Bereitstellung mit niedrigeren gCO₂ je kWh im Vergleich zu den anderen Clustern charakterisiert ist. Fahrzeuge mit einem Ladestart am späten Nachmittag oder am Abend (Cluster 4) laden den Analysen nach zu relativ ungünstigen Zeiten hinsichtlich des Anteils Strom aus erneuerbaren Energiequellen.

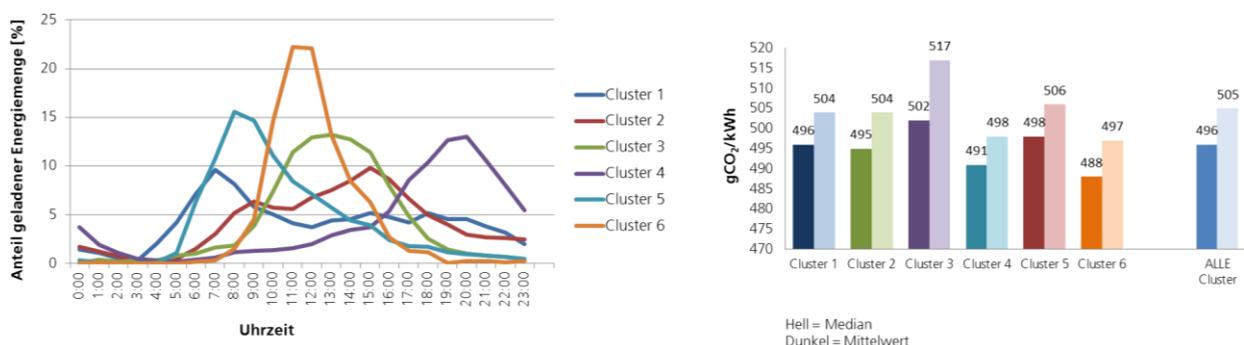


Abbildung 40: Unterschiede in dem Emissionsgehalt nach Cluster

Weiterführende Analysen des Zusammenhangs zwischen dem Ladeverhalten und den indirekten Emissionen von Elektrofahrzeugen auf Basis der im Projekt erhobenen Daten werden in dem Konferenzbeitrag von Kolarova, V. & Anderson, John E. (2018) dargestellt (s. Berichtsteil „Verwertung, Zukunftsaussichten und weiterer Forschungsbedarf“) und werden daher in dem vorliegenden Bericht nicht weiter ausgeführt.

Optimierungspotenziale

Ein gesteuerter Ladevorgang kann insbesondere in Zeiten, in denen der Anteil erneuerbarer Energie höher ist und/oder in Zeiten mit einer geringeren Stromnachfrage die optimale Nutzung erneuerbarer Energien und damit eine Reduktion der indirekten Emissionen der Elektrofahrzeuge ermöglichen. Zum anderen können Elektrofahrzeuge zur Stabilisierung des Netzes oder zur Überlastungsvermeidung beitragen.

Im Rahmen des Projekts wurden nun diese Lastverschiebungen auf Basis der vorhandenen Daten modelunterstützt simuliert. Auf Basis der Synthese der Fahrzeugnutzungsdaten sowie die Daten zum Energiemix in Deutschland wurden Potenziale für Emissionsreduktionen durch die optimale Nutzung erneuerbarer Energiequellen ermittelt. Hierfür wurde anhand einer zusätzlichen Analyse der Daten untersucht, inwieweit ein intelligentes Energiemanagement bzw. ein gesteuertes Laden der Fahrzeuge eine optimierte Nutzung erneuerbarer Energiequellen unterstützen kann.

Bei einer ersten Berechnung wurden Ladevorgänge innerhalb der Plug-In Zeit der Fahrzeuge bzw. die Zeit, in der die Fahrzeuge an einem Ladepunkt angeschlossen sind, verschoben. Bei einer zweiten Berechnung wurde zusätzlich die Standzeit nach einem Ladevorgang berücksichtigt. Es wurde ein Algorithmus angewendet, der innerhalb der potenziellen Ladezeit die optimalen Ladezeitpunkte bzw. die Ladezeit mit dem höchsten Anteil an Strom aus regenerativen Energiequellen identifiziert und den Ladevorgang entsprechend zu diesen Zeiten durchführt. Die technische Machbarkeit bzw. technische Lösungen für ein gesteuertes Laden wurden dabei nicht untersucht. Des Weiteren wurde im Rahmen der Analysen ausschließlich das tatsächliche Verhalten der Nutzer betrachtet. Mögliche Änderungen des Lade- und Fahrverhaltens wurden nicht untersucht. Eine gezielte Änderung des Fahrzeugnutzungsverhaltens sowie geeignete Anreize dafür können im Rahmen weiterer Forschungsprojekte unter Alltagsbedingungen getestet werden, da hier weitere Emissionsreduktionspotenziale vermutet werden.

Abbildung 41 zeigt die Tagesganglinien der tatsächlichen Ladevorgänge sowie der Ladevorgänge inklusive Plug-In Zeit und Standzeit nach dem Vorgang.

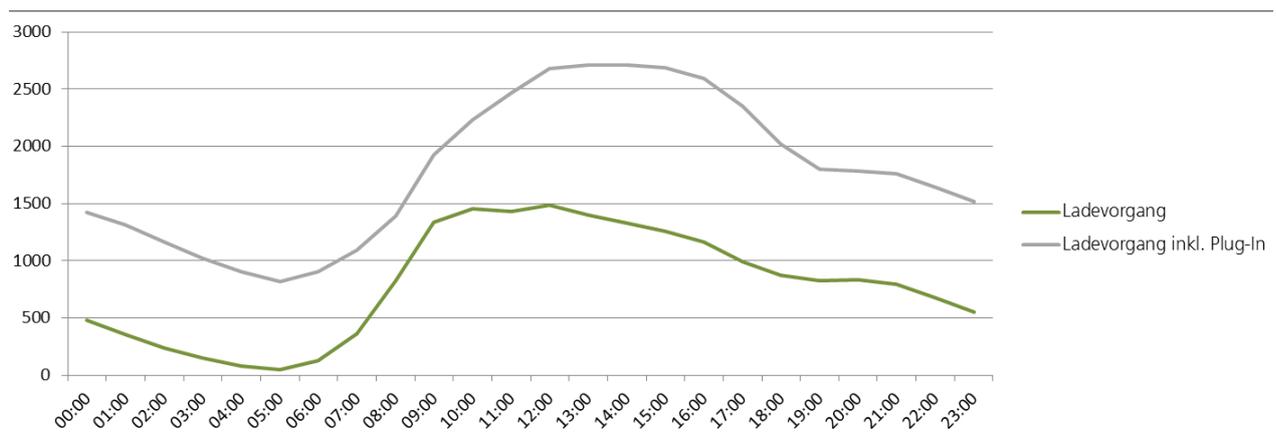


Abbildung 41: Ganglinien der Ladevorgänge im Vergleich zu Ladevorgängen inkl. Plug-In Zeit

Die Analysen zeigen, dass bei 25% der Ladevorgänge die Plug-In Zeit der tatsächlichen Ladezeit entspricht. In den anderen 75% der Fälle steht das Fahrzeug länger angeschlossen als notwendig. Wenn ein Fahrzeug

länger angeschlossen steht als der tatsächliche Ladevorgang dauert, dann beträgt die Plug-In Zeit ohne Energiefluss im Durchschnitt 1 Stunde und 43 Minuten (Median=1:03, SD=2:00). Im Durchschnitt dauert ein Ladevorgang 1 Stunde und 50 Minuten. Diese Werte zeigen, dass das Potenzial für eine Ladezeitverschiebung innerhalb der bisherigen Plug-In-Zeit durch gesteuertes Laden begrenzt ist. Eine Ausnahme bilden Ladevorgänge, bei denen ein relativ geringer Energiebedarf besteht und das Fahrzeug länger nach dem Ladevorgang vor Ort steht. Besonders deutlich wird der Unterschied bei einer Betrachtung der Ladevorgänge, die am späten Nachmittag bzw. am Abend starten. Dabei bleiben die Fahrzeuge in der Regel über die Nacht angeschlossen, obwohl der Ladevorgang nach wenigen Stunden abgeschlossen ist. Durch ein gesteuertes Laden könnten dabei die hohen Lastenspitzen am Abend vermieden werden, indem der Ladevorgang in die nächtlichen Stunden verschoben wird. Im Rahmen der Befragung wurde der Wunsch nach einer Möglichkeit das Elektrofahrzeug nachts zu laden, von mindestens 5 der Teilnehmer geäußert.

Im Folgenden werden ausschließlich die Ladevorgänge betrachtet, bei denen ein gesteuertes Laden aufgrund einer längeren Plug-In- oder Standzeit (von mindestens 1,5 Stunden) theoretisch möglich war. Ziel dabei ist zu analysieren, welche Emissionsreduktionspotenziale sich bei den gesteuerten Ladevorgängen anhand der modellunterstützten Berechnungen ergeben haben. Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine Ladezeitverschiebung innerhalb der Standzeit während oder nach einem Ladevorgang eine Emissionsreduktion von durchschnittlich knapp 5% erzielt werden kann (siehe Abbildung 42). Gemessen wurde der Unterschied in den durchschnittlichen gCO₂ bei der Strombereitstellung pro geladene kWh zwischen einem konventionellen Ladevorgang und einem gesteuerten Ladevorgang. Die relativ niedrige Zahl ist vor allem auf der Tatsache zurückzuführen, dass bei 32% der innerhalb der Standzeit verschobenen Ladevorgänge keine Verbesserung gegenüber dem konventionellen Laden erreicht werden konnte. Das liegt daran, dass die betrachteten Ladevorgänge bereits zu Zeiten mit einem hohen Anteil durch erneuerbare Quellen produzierter Energie stattfanden. In 10% der Fälle konnte eine Emissionsreduktion von über 15% und in 2% der Fälle von über 30% erreicht werden.

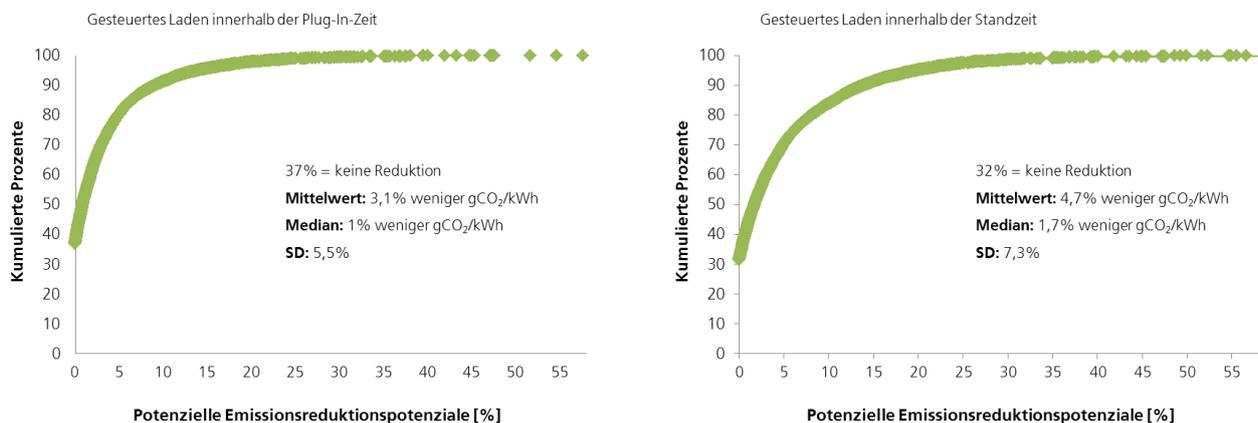


Abbildung 42: Emissionsreduktionspotenziale

Wie auf der folgenden Grafik dargestellt, wurden beim simulierten gesteuerten Laden die Zeiten für den Ladevorgang genutzt, die sich durch einen hohen Anteil von Strom aus erneuerbaren Energien charakterisiert (siehe Abbildung 43). Dabei fangen die meisten gesteuerte Ladevorgänge um die Mittagszeit (zwischen 11 und 14 Uhr) an. Einige später startende Ladevorgänge konnten nachts durchgeführt werden. Die Initialisierung dieser Ladevorgänge findet zwischen 23 und 4 Uhr statt.

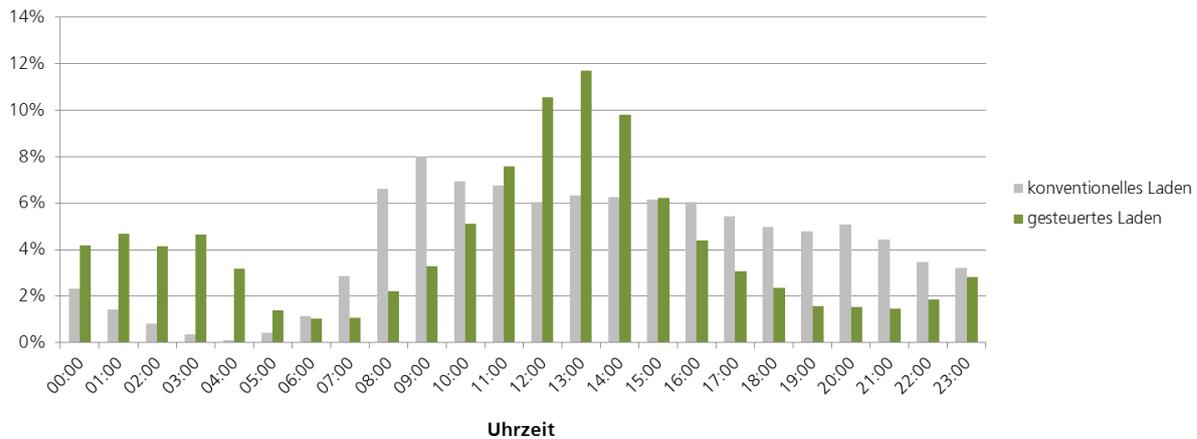


Abbildung 43: Tagesgang der Ladevorgänge beim konventionellen Laden und beim gesteuerten Laden nach Zeitpunkt des Ladestarts

In Flotten mit mehr als zwei Elektrofahrzeugen kann das gesteuerte Laden außer zur Optimierung einzelner Ladevorgänge auch der Optimierung des gesamten Energiemanagements dienen. Bei einem Einstellen der Abfahrzeiten der einzelnen Elektrofahrzeuge und unter Berücksichtigung des individuellen Energiebedarfs der Fahrzeuge können Ladevorgänge dem Bedarf entsprechend optimiert werden. Die Umsetzbarkeit hängt u.a. von der technischen Ausstattung der Fahrzeuge und der Ladeinfrastruktur ab. Experten erwarten, dass die nächste Generation intelligenter Ladeinfrastruktur in der Lage sein wird, Informationen von einem ladenden Elektrofahrzeug zu erhalten und zu interpretieren. Voraussetzung dabei ist eine enge Kooperation zwischen dem Ladeinfrastrukturanbieter und den Fahrzeugherstellern.

Aggregierte Umweltauswirkungen

In dem letzten Schritt der Analysen wurden die potenziellen aggregierten Umweltauswirkungen, die durch eine potenziell steigende Anzahl an Elektrofahrzeugen in der deutschen Fahrzeugflotte entsteht, berechnet. Basis für die Berechnungen stellen Daten zu fahrzeugspezifischen Energie- und Kraftstoffbedarf unterschiedlicher Fahrzeuggrößenklassen sowie der Analyse typischer Nutzungsmuster unterschiedlicher Nutzersegmente dar. Die berechneten Szenarien berücksichtigen die im Rahmen der Flottenmodellierung prognostizierte Zusammensetzung der Fahrzeugflotte. Zusätzlich wird in den Berechnungen zwischen direkten und indirekten CO₂-Emissionen, die ausschließlich bei dem Betrieb der Fahrzeuge entstehen, unterschieden. So kann beispielsweise das CO₂-Ersparnispotenzial der direkten Emissionen den Zuwachs in den indirekten Emissionen gegenübergestellt werden. Die dargestellten Emissionsreduktionspotenziale werden hauptsächlich durch die wachsende Diffusionsrate der Elektrofahrzeuge in den Szenarien bedingt. Zusätzlich werden diese allerdings auch durch eine Optimierung des Energieverbrauchs in neueren Fahrzeuggenerationen und eine zunehmende Nutzung erneuerbarer Energiequellen bei der Strombereitstellung beeinflusst.

In dem Szenario „Nische“ fällt das CO₂-Emissionsreduktionspotenzial mit einer relativ langsam zunehmenden Anzahl an Elektrofahrzeugen im Bestand moderat aus (siehe Abbildung 44). Im Jahr 2020 wird durch die Flotte von ca. 120.000 Elektrofahrzeugen eine Reduktion von rund 109.007 tCO₂ erreicht. Im Jahr 2025 werden die CO₂-Emissionen im dargestellten Szenario um weitere 33% im Vergleich zu 2020 reduziert. Die direkten bzw. die lokalen CO₂-Emissionen gehen dabei deutlich zurück. Dieser Effekt wird allerdings durch die indirekt entstandenen Emissionen bei der Bereitstellung des Stroms zur Ladung der

Elektrofahrzeuge gemindert.

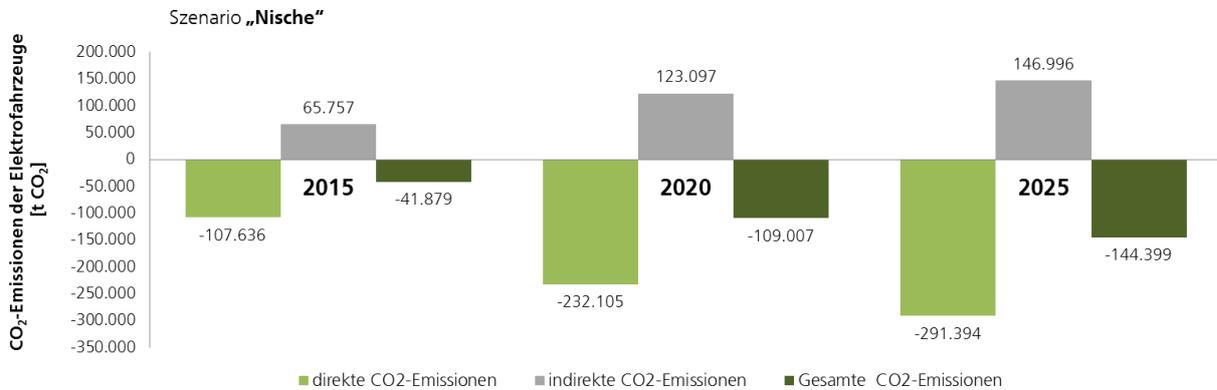


Abbildung 44: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Nische“

Im Szenario „Trend“ sind bereits 2020 deutliche Emissionsersparnisse aufgrund der stark wachsenden Anzahl von Elektrofahrzeugen in der Flotte zu verzeichnen (siehe Abbildung 45). Im Jahr 2025 werden in diesem Szenario durch den Ersatz konventioneller Fahrzeuge mit Elektrofahrzeugen fünf Mal so viel CO₂-Emissionen gespart als im Jahr 2020.

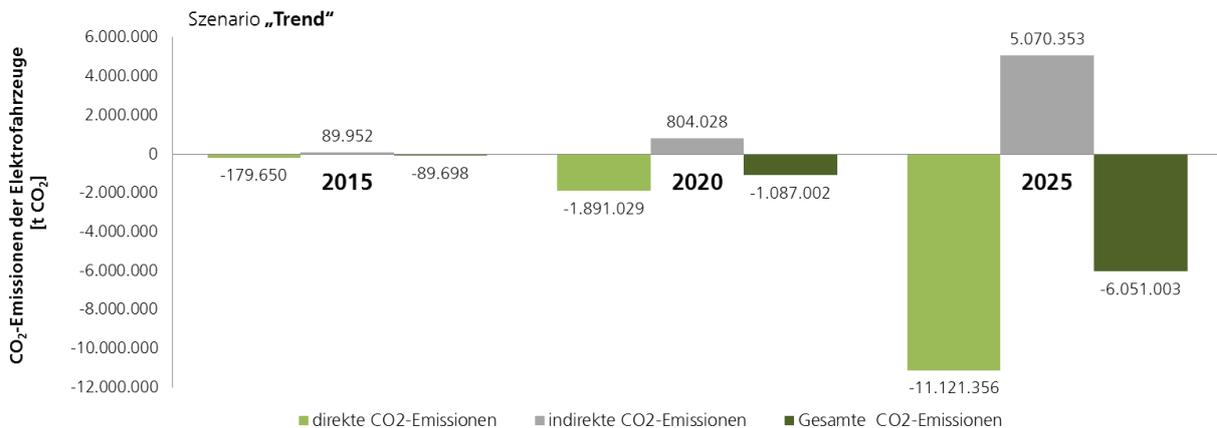


Abbildung 45: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Trend“

Wie bereits zuvor erwähnt unterscheidet sich die Flottenzusammensetzung in den beiden Szenarien deutlich. Dies hat auch Auswirkungen auf die Reduktionspotenziale. In dem Szenario „Nische“ entstehen Emissionsreduktionspotenziale insbesondere durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen im privaten Sektor (siehe Abbildung 46).

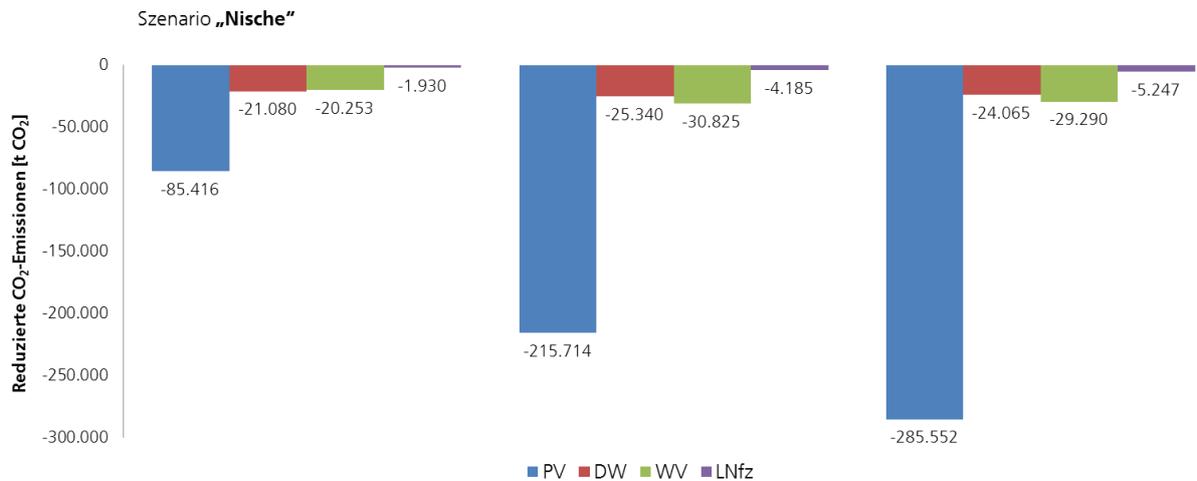


Abbildung 46: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Nische“ nach Segmenten

Im Szenario „Trend“ dagegen entstehen vergleichsweise höhere Potenziale durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen im Wirtschaftsverkehr. Hier sind die Fahrleistungen und damit die Einsparpotenziale höher (siehe Abbildung 47).

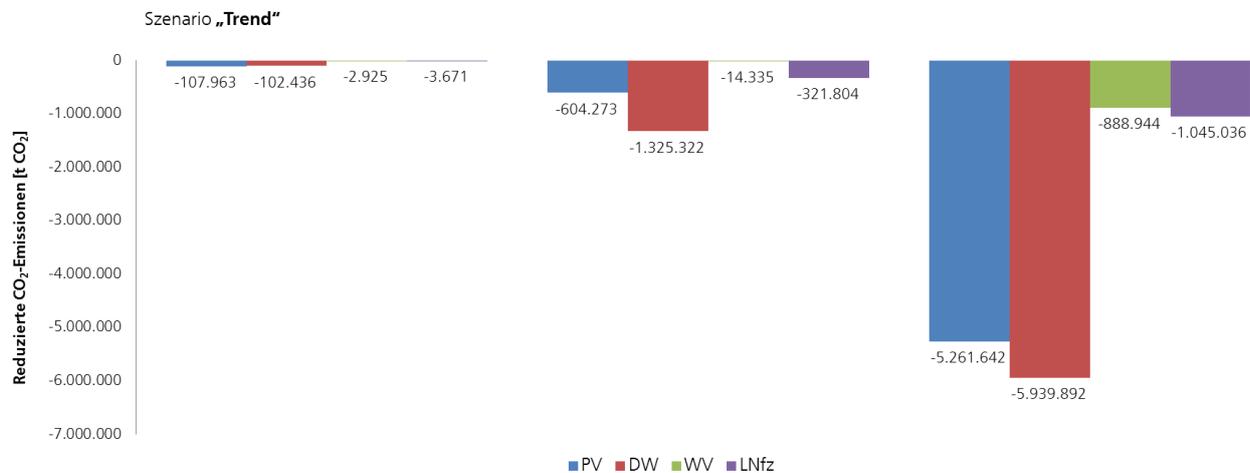


Abbildung 47: Emissionsreduktionspotenziale im Szenario „Trend“ nach Fahrzeugsegmenten

Zusammenfassung

- Bei der Betrachtung der lokalen Einsparung von CO₂- Emissionen durch die eingesetzten Elektrofahrzeuge soll gleichzeitig ein Vergleich mit den durch die Strombereitstellung entstehenden indirekten Emissionen gezogen werden. Dadurch wird deutlich, dass der Einsatz erneuerbarer Energien eine entscheidende Rolle für die Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen spielt.

- Weitere Emissionsreduktionspotenziale ergeben sich bei einer gezielten Steuerung der Ladevorgänge in Zeiten, in denen ein hoher Anteil erneuerbare erzeugter Energie bei gleichzeitig niedriger Stromnachfrage im Netz vorhanden ist.
- In zwei berechneten Szenarien wurden unterschiedlich hohe Emissionsreduktionspotenziale durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen aufgezeigt und diskutiert

2.8. Fazit, Ausblick und Handlungsfelder zur Förderung von Elektromobilität

Im Rahmen des Projekts „InitiativeE Berlin-Brandenburg“ wurde der Einsatz von Elektrofahrzeugen (schwerpunktmäßig) in gewerblichen Flotten gefördert und wissenschaftlich von dem DLR begleitet. Dabei erfolgte die Markteinführung von insgesamt 370 Fahrzeugen in Berlin und Brandenburg, um den Einsatz der Fahrzeuge unter Alltagsbedingungen zu untersuchen.

Zusammenfassend ist zu betonen, dass alle Teilnehmer zufrieden mit der Etablierung von Elektrofahrzeugen in ihrem Fuhrpark sind. Auch anderen Unternehmen wird empfohlen ihre Flotte umzurüsten, wenn die Fahrprofile (v.a. städtisch, Kurzstrecken, Tourenplanbarkeit) sich mit einem Elektroauto realisieren lassen. Die dadurch erreichte Einsparung von CO₂- und Luftschadstoffemissionen ist ein großer Hebel, um die Nachhaltigkeit des Unternehmens auszubauen und nach außen hin zu repräsentieren. Handlungsbedarf besteht neben einer gesellschaftlichen Akzeptanz vor allem in dem Ausbau der Infrastruktur, der Erhöhung der Reichweite, dem Service beim Händler und in Werkstätten sowie der Schaffung von weiteren Anreizen und unterstützenden Reglementierungen seitens der Politik. Hiermit könnte die Grundlage geschaffen werden, Elektroautos für einen breiteren Markt attraktiv zu machen und die vorhandenen Potenziale auszuschöpfen. Es lassen sich unterschiedliche Bereiche im Rahmen des Eco-Systems der Elektromobilität identifizieren, die in der Summe das Vorantreiben des Themas Elektromobilität fördern können (siehe Abbildung 48).

Übersicht der Handlungsfelder im Bereich Elektromobilität

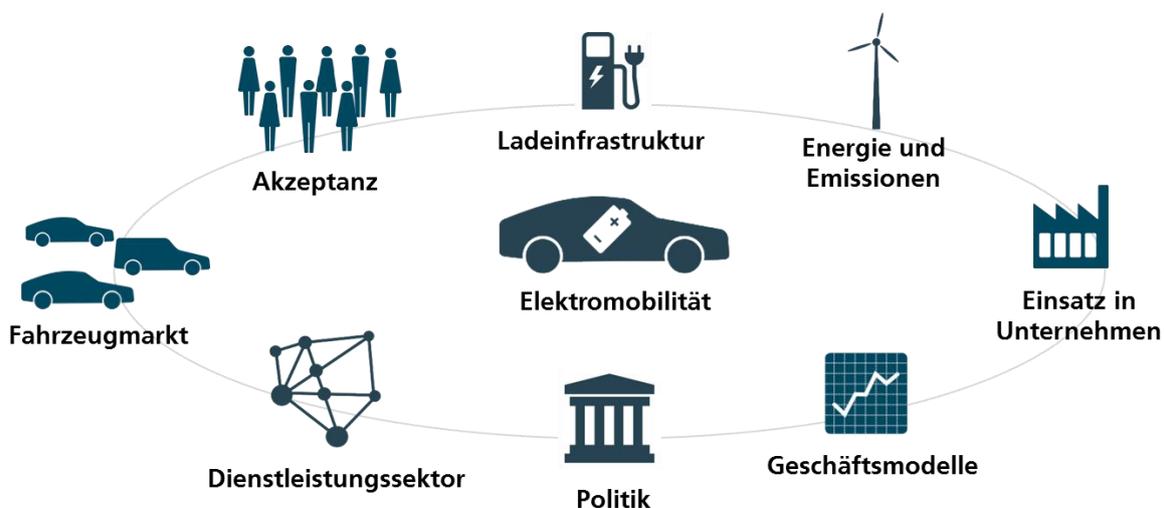


Abbildung 48: Bereiche der Elektromobilität

Einsatz in Unternehmen: Elektrofahrzeuge sind bereits heute alltagstauglich und können konventionelle Fahrzeuge in der Flotte ersetzen oder an vielen Stellen sinnvoll ergänzen. Dabei ist eine Individuelle Analyse der Fahrprofile und des Bedarfs in Unternehmen notwendig, um Einsatzmöglichkeiten zu identifizieren. Elektrofahrzeuge sind heute besonders gut für den Einsatz im städtischen Raum geeignet. Die Gründe liegen in einem relativ begrenzten Einsatzgebiet, entsprechend geringer Tagesfahrleistung, niedrigem Energieverbrauch durch geringe Geschwindigkeiten und eine bereits relativ gut ausgebaute Ladeinfrastruktur. Im ländlichen Raum könnten Hemmnisse des Einsatzes von rein batteriebetriebenen Fahrzeugen die noch mangelhafte (halb-) öffentliche Ladeinfrastruktur und der hohe Energiebedarf durch weitere Touren und höhere Geschwindigkeiten sein. Um auch den Einsatz im ländlichen Raum zu unterstützen sind Fördermaßnahmen auf regionaler Ebene notwendig.

Unternehmen, die sich dazu entscheiden ihren Fuhrpark oder Teile davon zu elektrifizieren wird empfohlen, die Mobilitätsansprüche der Mitarbeiter aufzudecken und den Einsatz von Elektrofahrzeugen darauf hin abzustimmen. Um die Akzeptanz der Fahrzeuge unter den Mitarbeitern zu steigern sind darüber hinaus Probefahrten und ausführliche Einweisungen empfehlenswert. Ob und vor allem ab wann sich die Anschaffung der Autos im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen rechnet, hängt stark von dem individuellen Mobilitätsbedarf bzw. der Fahrprofile der einzelnen Unternehmen ab. Elektromobilität kann an vielen Stellen wenn nicht ersetzendes dann ein ergänzendes Angebot darstellen. Darüber hinaus können Nutzungsmodelle zu geteilter Nutzung von Fahrzeugen (Gewerbliches Carsharing) die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes durch eine Erhöhung der Auslastung der Fahrzeuge verbessert werden (s. auch „Geschäftsmodelle“, S. 57). Eine Voraussetzung dafür ist, dass die Nutzungsanforderungen (z.B. konkrete zeitliche Verfügbarkeit) nicht eingeschränkt wird und die rechtlichen Voraussetzungen erfüllt werden können.

Potenziale für die Unterstützung bzw. eine Optimierung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen in Unternehmensflotten liegen darüber hinaus im Einsatz von IKT-Dienste zum digitalisierten Flotten- und Energiemanagement.

Ladeinfrastruktur: In diesem Bereich ist vor allem ein bedarfsgerechter Ausbau der Ladeinfrastruktur im (halb-) öffentlichen Raum notwendig. Hierfür gib es entsprechende positive Signale seitens der Politik durch aktuelle Förderrichtlinien (s. BMVI „Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland“, 02/2017). Radikale Maßnahmen, die von einigen der Teilnehmer diskutiert wurden, sind z.B. Verpflichtungen bzgl. Ladesäulen für Hotels, Parkgaragen, Freizeiteinrichtungen, Einkaufszentren etc. Der höchste Bedarf an Ladeinfrastruktur besteht den Ergebnissen des Projektes zufolge insbesondere im ländlichen Raum. Die Fahrzeugnutzung im ländlichen Raum ist durch längere Fahrtstrecken und entsprechend höheren Energieverbrauch bzw. einen häufigen Nachladebedarf charakterisiert. Im ländlichen Raum sind Maßnahmen zum Ausbau der Infrastruktur auf Gemeinde- bzw. Kommunenebene sowie zur Zentralisierung des Managements dieser auf regionaler Ebene notwendig, um den Einsatz von Elektrofahrzeugen zu unterstützen. Kommunen und Gemeinden innerhalb einer Regionen können von Kooperationsprojekten profitieren. Dazu gibt es bereits entsprechende Förderprogramme vom Bund (s. BMVI „Förderaufrufs - Förderung von kommunalen Elektromobilitätskonzepte“, 11/2016).

Ein Ansatz zum Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur in Deutschland ist in dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekt „LADEN2020“ dargestellt (Förderkennzeichen: 01MX15001, s. Anderson et.al, 2016).

Weitere Optimierungspotenziale im Bereich der Ladeinfrastruktur bestehen in der Entwicklung einheitlicher Abrechnungssysteme und den Anforderungen der gewerblichen Nutzer angepasster Abrechnungsmodelle. Des Weiteren wird ein Schnellladesystem zukünftig eine wichtige, wenn auch der privaten Ladeinfrastruktur bei Haushalten und Unternehmen nachgeordnete, Rolle spielen. An dieser Stelle gibt es eine Anknüpfung an

den Ergebnisse des Projekts „CCS“ (Förderkennzeichen: 16SBB017H). Diese zeigen ähnlich wie im vorliegenden Projekt, dass eine Schnellladeinfrastruktur einen hohen subjektiven Wert für die Elektrofahrzeugnutzer hat, auch wenn der objektive Bedarf weit niedriger ausfällt. Die Höhe des Bedarfs an Schnellademöglichkeiten hängt dabei stark vom Einsatzbereich bzw. bei privaten Nutzern von den Wegezwecken und Streckenlänge ab.

Grundsätzlich erfüllt allerdings die (halb-) öffentliche Ladeinfrastruktur für die Nutzer lediglich eine komplementäre Rolle. An erster Stelle wird zu Hause bzw. auf dem Betriebsgelände geladen. Eine Ausnahme bilden den Angaben der Nutzer von Tesla Fahrzeugen die Tesla Supercharger. Auch PHEV-Nutzer gaben an öffentliche Ladeinfrastruktur teilweise als primären Ladeort zu nutzen. Es wurden daher von den Nutzern Fördermöglichkeiten für die Anschaffung privater Ladeinfrastruktur sowie Unterstützung bei der Ladekonzepterstellung gewünscht, um die relativ kostenintensive und schwierige Infrastruktureinrichtung zu erleichtern. Des Weiteren berichten private Nutzer von Schwierigkeiten bei den Genehmigungsprozessen zur Installation von Ladeinfrastruktur in Miethäusern. In diesem Bereich sind noch verschiedene gesetzliche Hürden zu überwinden, die den Installationsgenehmigungsprozess erleichtern werden. Nicht zuletzt können für Nutzer privat zugelassener Elektrofahrzeuge oder von elektrisch angetriebenen Dienstwagen Lademöglichkeiten am Arbeitsort sehr attraktiv sein. Hierfür bekommen die Elektrofahrzeugnutzer seit 2016 mit dem „Gesetz zur steuerlichen Förderung von Elektromobilität im Straßenverkehr“ eine entsprechende Unterstützung bei der Umsetzung (s. BGBl.2016 I, Nr. 53, S. 2498).

Geschäftsmodelle: Geschäftsmodelle im Bereich Elektromobilität für gewerbliche Nutzer können zusätzlich die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen unterstützen, z.B. durch eine geteilte Fahrzeugnutzung (Gewerbliches Carsharing). An dieser Stelle werden in diversen (Forschungs-) Projekten technische, organisatorische und/oder gesetzliche oder versicherungstechnische Lösungen erarbeitet und getestet (s. z.B. „Shared e-Fleet“, Förderkennzeichen: 01ME12101A). Einige Unternehmen diskutierten im Rahmen der Fokusgruppendifkussionen ein Konzept zur geteilten Nutzung von konventionellen Fahrzeugen, bei dem die beteiligten Unternehmen ihren eigenen Flotten für die alltägliche Nutzung elektrifizieren bei einer gleichzeitig geteilten Nutzung konventioneller Pkws für längere und eher seltene Fahrten. Somit wird eine Reduktion des Anteils konventioneller Pkws erzielt und gleichzeitig die Durchführbarkeit von längeren Fahrten mittels herkömmlicher Fahrzeuge gesichert. Das Potenzial solcher Nutzungsmodelle ist im Rahmen von Untersuchungen unter Alltagsbedingungen zukünftig zu prüfen.

Energie und Emissionen: Um das volle Potenzial des Einsatzes von Elektrofahrzeugen zur Minderung der Umweltauswirkungen im Verkehrssektor auszuschöpfen ist die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen bei der Ladung der Elektrofahrzeuge notwendig. Weitere Reduktionspotenziale entstehen durch ein gesteuertes Laden, bei dem die Ladevorgänge gezielt in günstige Ladezeiten (hoher Anteil an Strom aus erneuerbaren Energiequellen und gleichzeitig eine niedrige Stromnachfrage) verschoben werden. Dadurch kann der Gesamtbetrieb der Elektrofahrzeuge umweltfreundlicher gestaltet werden. Dies ist notwendig, um den voraussichtlich steigenden Energiebedarf durch eine steigende Anzahl Elektrofahrzeuge im Bestand umweltfreundlich abdecken zu können. Auf lokaler Ebene, insbesondere in städtischen Bereichen, trägt der Einsatz von Elektrofahrzeugen einerseits zur Reduktion von durch den Straßenverkehr verursachten CO₂-Emissionen, auch vor allem aber zur Reduktion von belastenden Luftschadstoff- und Lärmemissionen bei.

Die Gesamtweltbilanz der Elektrofahrzeuge hängt nicht nur von den im Betrieb der Fahrzeuge in Zusammenhang stehenden Emissionen ab, sondern darüber hinaus mit den bei der Herstellung und Entsorgung der Batterien entstehenden Emissionen. In diesem Bereich wird an Lösungen zur Optimierung des Herstellungsprozesses sowie an Konzepten zu einer Zweitverwendung von Batterien intensiv gearbeitet. Sie wurden allerdings im Rahmen des Projekts nicht näher untersucht und werden daher an dieser Stelle

nicht weiter ausgeführt.

Dienstleistungssektor: Mit einem wachsenden Elektrofahrzeugmarkt wächst auch der Bedarf an Fachkräften mit Erfahrung im Umgang mit Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur. Da der Elektrofahrzeugmarkt immer noch einen Nischenmarkt darstellt, gibt es aus Sicht der Nutzer noch mangelnde Expertise z.B. in Werkstätten, Autohäusern, in der Versicherungsbranche oder auch z.B. in Bau- und Architekturunternehmen. Es ist zu erwarten, dass der Dienstleistungssektor zwar mit dem Elektrofahrzeugmarkt mitwachsen wird, in der Anfangsphase wirken sich allerdings Mängel in diesem Bereich negativ auf den Einsatz und der Akzeptanz der Fahrzeuge aus.

Automobilindustrie und Fahrzeugmarkt: Im Pkw-Segment ist das aktuelle Angebot an Elektrofahrzeugmodellen auch aus Sicht der Projektteilnehmer dem Bedarf entsprechend sehr gut. Durch die technischen Weiterentwicklungen von Fahrzeugtechnologien wird das Angebot kontinuierlich verbessert. Auf Seiten der Automobilindustrie müsse den Angaben der Nutzer zufolge weiter an der Batterietechnik gearbeitet werden und eine stärkere Konzentration auf Elektromobilität stattfinden, damit potenzielle Entwicklungen nicht an Deutschland vorbeigehen.

Nachholbedarf wird im Angebot von Fahrzeugen größerer Segmente und insbesondere leichter Nutzfahrzeuge gesehen. In diesem Segment ist aus Sicht der befragten Unternehmen das Angebot insbesondere an Fahrzeugen mit einer höheren Transport- bzw. Nutzlastkapazität noch mangelhaft. Flottenverantwortliche sehen hier bei einem entsprechenden Angebot das Potenzial auch ihre Nutzfahrzeugflotte zu elektrifizieren.

Akzeptanz: Die zunehmende Sichtbarkeit von Elektrofahrzeugen auf den Straßen und die zunehmende Medienpräsenz des Themas Elektromobilität führt zu einem Wandel in der Gesellschaft, der sich durch mehr Offenheit gegenüber dem Thema charakterisiert.

Ein weiterer fördernder Einflussfaktor auf die Akzeptanz von Elektromobilität ist die Möglichkeit erste Erfahrungen mit den Fahrzeugen zu sammeln – direkt oder stellvertretend – um Vorbehalte gegenüber den Fahrzeugen abzubauen und sich von der Alltagstauglichkeit der Fahrzeuge zu überzeugen. Direkt können potenzielle Nutzer im Rahmen von Fahrevents, Testfahrten oder durch Nutzung von Carsharing mit Elektrofahrzeugen erste Erfahrungen sammeln. Stellvertretend wird durch die Erfahrungen von anderen Elektrofahrzeugnutzern die Alltagstauglichkeit der Fahrzeuge unter Beweis gestellt. Dabei können insbesondere durch den Einsatz von ersten Elektrofahrzeugen in Unternehmen Multiplikator-Effekte in der jeweiligen Branche entstehen. Auch Behörden und andere öffentliche Akteure können durch die Elektrifizierung der eigenen Flotte als ein positives Vorbild wahrgenommen werden.

Handlungsfeld Politik

Politische Maßnahmen in den oben aufgeführten Bereichen auf nationaler und auch auf regionaler Ebene können fördernd für den Einsatz von Elektrofahrzeugen sein. Auf nationaler Ebene müssen die Rahmen für die Förderung der Elektromobilität geschaffen werden, z.B. durch entsprechende Gesetzänderungen. Auf regionaler Ebene sind allerdings individuelle Lösungen bzw. Maßnahmen notwendig, die regionspezifische Probleme und Bedürfnisse adressieren. Beispielsweise ist der Ausbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur auf regionaler Ebene mit relevanten Stakeholdern und (potenziellen) Nutzern vor Ort abzustimmen.

Bereits eingeführte oder angekündigte Förderrichtlinien und –programme sind dabei ein wichtiger erster Schritt zur Skalierung der Elektromobilität. In Themenfeldern, in denen noch die nötigen Erfahrungen und Expertise fehlen, können diese durch eine stärkere Vernetzung zwischen Politik und Wirtschaft aufgebaut

werden.

Unterstützend könnte die Politik mit Umweltzonen für Elektrofahrzeuge, den Abbau von rechtlichen Hindernissen (z.B. beim Ausbau einer privaten Ladeinfrastruktur) und einem Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur wirken. Radikalere Maßnahmen könnte z.B. die Verpflichtung für Hotels, Freizeiteinrichtungen und Einkaufszentren sein, Ladesäulen zu errichten. Dies würde den Anbietern parallel zu einem Wettbewerbsvorteil verhelfen. Des Weiteren ist die regenerative Energieerzeugung weiter auszubauen.

3. Verwertung, Zukunftsaussichten und weiterer Forschungsbedarf

Verwertung der Ergebnisse

Die im Rahmen des Projekts erzielten (Teil-) Ergebnisse und gewonnenen Erfahrungen werden vielfältig verwertet. Der Schwerpunkt der gewonnenen Erkenntnisse ist ein wissenschaftlicher Beitrag zur Evaluierung von Potenzialen und Bedarf beim Einsatz von Elektrofahrzeugen, insbesondere im gewerblichen Bereich. Dabei stellen die erhobenen Daten eine wertvolle Grundlage für weiterführende Analysen des Nutzungsverhaltens und der Anforderungen gewerblich eingesetzter einzelner Elektrofahrzeuge sowie gewerblicher Fahrzeugflotten dar.

Im Rahmen des Projekts erzielte (Teil-) Ergebnisse werden vor allem in wissenschaftlichen Beiträgen, wie Konferenzbeiträge und/oder andere wissenschaftlichen Veröffentlichungen, verwertet. Dabei werden verschiedene relevante Schwerpunkte ausgewählt und vertieft. Erste Konferenzbeiträge wurden eingereicht und angenommen. Weitere sind in Planung oder in einer Entwurfsphase. Des Weiteren wurden eine Studienarbeit sowie eine Abschlussarbeit, die auf den im Projekt erhobenen Daten basierte, erfolgreich abgeschlossen.

Die Synthese der Daten stellte darüber hinaus Basis zur Ableitung von Handlungsempfehlungen in verschiedenen Handlungsfeldern zur Förderung der Elektromobilität.

Die gesammelten Erfahrungen mit der Erfassung, Bearbeitung und Analyse von Fahrzeugdaten unterschiedlicher Fahrzeughersteller und -modelle werden in weiteren Forschungsprojekten genutzt. Im Rahmen des Projekts konnten nun bestehende und neue technische Lösungen zu einer automatischen Fahrzeugdatenerfassung angewendet, getestet und weiterentwickelt werden.

Konferenzbeiträge

Kolarova, V., Kuhnimhof, T., Trommer, S. (2017). **Assessment of real-world vehicle data from electric vehicles – potentials and challenges**. 11th International Conference on Transport Survey Methods in the era of big data: facing the challenges. 24.-29. September, 2017.

Dittus, H., Kugler, U., Kolarova, V. (2017). **Economic and Ecological Feasibility of using PV plants as an energy source for battery electric vehicles**. Electric Vehicle Symposium (EVS 30). 9.-11. October, 2017.

Kolarova, V. & Anderson, John E. (2018). **Environmental impact of electric vehicles – insights from vehicle use under real-world conditions**. Transport Research Arena (TRA) 2018. 16.-19. April 2018.

Kolarova, V., Kugler, U., Calliari, D. (2018). **Use of electric vehicles in commercial fleets in Germany – potential and challenges from user perspective**. Transport Research Arena (TRA) 2018. 16.-19. April 2018.

Geplante Veröffentlichungen

Nach Abschluss des Projekts sind weitere Veröffentlichungen u.a. mit den folgenden Schwerpunkten geplant:

- Die Ausarbeitung regionsspezifischer Anforderungen an den gewerblichen Einsatz von Elektrofahrzeugen. Dies kann durch einen Vergleich zwischen den Ergebnissen aus verschiedenen

regionalen Forschungsprojekten zum Einsatz gewerblicher Elektrofahrzeuge erfolgen. Im Rahmen des Projekts „InitiativE Berlin-Brandenburg“ fand an verschiedenen Stellen ein Austausch mit Projektverantwortlichen aus dem Projekt „e-Power Fleet“ (Hamburg) sowie aus dem Schwesterprojekt „InitiativE Baden-Württemberg“ statt. Diese im Rahmen des Projekts entstandene Vernetzung zwischen den verschiedenen regionalen Vorhaben kann als Basis für die geplanten Analysen dienen.

- Es sind weiterführende Analysen des Fahrt- und Ladeverhaltens der im Projekt eingesetzten Elektrofahrzeuge auf Basis der erhobenen Fahrzeugdaten geplant, die den Energiebedarf und die Optimierungspotenziale aufdecken sollten. Hierfür sollen die im Rahmen des Projekts entwickelten Ansätze weiterentwickelt werden
- Nicht zuletzt ist ein Vergleich der im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse zur Fahrzeugnutzung und Mobilitätsbedarf gewerblich eingesetzter Fahrzeuge mit den Ergebnissen der von DLR durchgeführten repräsentativen Erhebung der „Early Adopter“ von Elektromobilität geplant. Im Gegensatz zum Projekt „InitiativE Berlin-Brandenburg“, handelte es sich bei der Erstnutzerbefragung um eine Querschnittsuntersuchung. Daher kann die Analyse der Einstellungs- und Verhaltensänderungen im Zeitverlauf durch die Längsschnittstudie, die im Rahmen des Projekts „InitiativE“ durchgeführt wurde, die Erkenntnisse aus der Erstnutzerstudie ergänzen.

Betreute Studienprojekte und Abschlussarbeiten

Im Rahmen des Projekts wurden eine Seminararbeit sowie eine Masterarbeit in Kooperation mit der Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin (HWR) betreut. Schwerpunkt beider Arbeiten war die Analyse der aufgezeichneten Fahrzeugnutzungsdaten sowie eine maßgebliche Mitarbeit an der Datenfusion von Fahrzeugnutzungsdaten und Energiedaten. Dabei haben sich die Studierenden intensiv mit dem Thema Umweltauswirkungen von Elektrofahrzeugen beschäftigt. Im Vorfeld der Arbeiten wurden datenschutzrelevante Anforderungen an die Kooperation geklärt. Die Studenten haben für ihre Arbeiten ausschließlich mit einem bereinigten und anonymisierten Datensatz gearbeitet.

„Electric vehicles and CO₂-emissions. Data driven evidence on the environmental friendliness of Electric Vehicles: Real-world scenario of EVs in Berlin.“

Autoren: Fadi G. Char, George Kyknas, Guang Jian Lee

Studienarbeit, Seminar: „Text, Web, Social Media Analytics Lab“, Semester: SS 2016,

Masterstudiengang: „Business intelligence and process management“

„Data-driven approach using machine learning techniques to analyse energy consumption & CO₂ emission of corporate electric vehicles for the up-scaling of low carbon mobility Berlin“

Autor: Guang Jian Lee

Abschlussarbeit, Masterstudiengang: „Business intelligence and process management“, eingereicht am: 23.01.2017

Zukunftsaussichten und weiterer Forschungsbedarf

Die Ergebnisse des Projekts sprechen dafür, dass elektrisch angetriebene Pkws bereits heute für den Einsatz in Unternehmen mit unterschiedlichen Bedarfen und Tourenmustern geeignet sind. In vielen der am Projekt teilgenommenen Unternehmen wurden erste Fahrzeuge in Unternehmensflotten eingeführt. Die Potenziale für eine Skalierung der Elektrofahrzeugflotte auf Unternehmensebene kann aufgrund der unternehmensspezifischen Anforderungen in weiteren Einzelprojekten untersucht werden.

Um den Einsatz zu unterstützen ist insbesondere im ländlichen Bereich ein bedarfsgerechter Ausbau der

Ladeinfrastruktur notwendig. Untersuchungen des Bedarfs auf regionaler Ebene können hier wichtige Erkenntnisse über den regionsspezifischen Bedarf und Umsetzungsherausforderungen liefern.

Zukünftig besteht ein großes Potenzial für die Elektrifizierung von Fahrzeugen in größeren Gefäßen, wie z.B. leichten Nutzfahrzeugen. Dabei war das Angebot auf dem Markt im Rahmen der Laufzeit des Projekts noch überschaubar, was sich in geringen Zulassungszahlen niederschlägt. Ein besseres Angebot ist für die kommenden Jahre von verschiedenen Automobilherstellern angekündigt. Die Erkenntnisse aus den im Rahmen des Projekts durchgeführten Fokusgruppendifkussionen mit Flottenverantwortlichen und Experten, sowie den durchgeführten Analysen sprechen dafür, dass die Verbesserung des Angebots zu einer Nachfrage auch in diesem Segment führen würde. Es ist zu erwarten, dass die Einführung der Fahrzeuge in die Flotte mit spezifischen Herausforderungen, wie z.B. einem höheren Energiebedarf, einhergehen wird. Eine Untersuchung der Akzeptanz und die Einsatzmöglichkeiten der Fahrzeuge aus diesem Segment im Realbetrieb kann in einem Nachfolgeprojekt untersucht werden.

Nicht zuletzt entstehen durch Digitalisierungstrends im Bereich Elektromobilität neue Konzepte, die den Einsatz von Elektrofahrzeugen ermöglichen oder erleichtern können. Flottenmanagementkonzepte mit einem Schwerpunkt auf dem Einsatz- und Energiemanagement unter der Anwendung von IKT-Diensten können den Einsatz von Elektrofahrzeugen in größeren Unternehmensflotten unterstützen. Solche Konzepte werden bereits in ersten Forschungsprojekten adressiert (z.B. „E-Mobility Scout“) und können aufbauend auf den Erkenntnissen dieser Projekte weiterentwickelt und unter Alltagsbedingungen getestet werden. Darüber hinaus können Konzepte zur unternehmens- oder abteilungsübergreifenden geteilten Nutzung von Elektrofahrzeugen die Wirtschaftlichkeit der Fahrzeuge verbessern. Die Umsetzbarkeit und die Potenziale solcher Konzepte bzw. die Komplexität bei der Umsetzung im Alltag sollte weiterhin erforscht werden.

4. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Das Projekt hat einen bedeutsamen Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des BMUB zur Förderung von Elektromobilität geleistet, insbesondere durch die Markteinführung einer signifikanten Anzahl von Elektrofahrzeugen. Im Rahmen des Projekts konnten insgesamt 370 Fahrzeuge in Berlin und Brandenburg abgesetzt werden. Die gesamte geförderte Flotte entspricht somit rund 10% des Elektrofahrzeugbestandes in der Region.

Durch eine umfangreiche wissenschaftliche Begleitforschung konnte ein besseres Verständnis für den Einsatz von Elektrofahrzeugen im Alltag und über die damit verbundenen Einschränkungen sowie auch Vorteile gewonnen werden. Die Ergebnisse der Alltagsnutzungsanalysen, die im Rahmen der begleitenden Forschung durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass der Einsatz von Elektrofahrzeugen in gewerblichen Flotten mit einem sehr unterschiedlichen Bedarf und Nutzungsmuster bereits heute möglich ist. Des Weiteren wurden an verschiedenen Stellen Optimierungspotenziale ausgearbeitet und Handlungsempfehlungen für die Politik angeleitet, die auf Praxiserfahrungen und systematische Analysen basieren.

Die Unternehmen, die sich an dem Projekt beteiligt haben, haben eine wichtige Pionierarbeit geleistet, indem sie die Alltagstauglichkeit der alternativ betriebenen Fahrzeuge für den Einsatz in den jeweiligen Branchen unter Beweis gestellt haben sowie praktische Lösungen für Herausforderungen bei einer Elektrifizierung der Flotte ausgearbeitet haben.

Ein wichtiger Effekt der Förderung des Einsatzes der im Rahmen des Projekts eingesetzten Elektrofahrzeuge ist die dadurch erreichte Sichtbarkeit des Themas. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist die Vernetzung verschiedener Akteure im Bereich Elektromobilität und Projektverantwortlicher aus diversen Forschungsprojekten sowie den dadurch ermöglichten Austausch.

Literaturverzeichnis

Agora Energiewende (2017). Agorameter. Basisdatensatz. Online auf Anfrage verfügbar unter:
<https://www.agora-energiewende.de/de/themen/-agothem-/Produkt/produkt/76/Agorameter/>

Anderson, J.E., Bergfeld, M., Chlond, B., Friedrich, H.E., Hoffmann, N., Lenz, B., Kleiner, F., Klötzke, M., Kuhnimhof, T., Schmid, S., Soylu, T., Steck, F., Weiß, C. (2016). Laden2020 Schlussbericht: Konzept zum Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur in Deutschland von heute bis 2020. Projektbericht. BGBl. 2016 I, Nr. 53, S. 2498. Gesetz zur steuerlichen Förderung von Elektromobilität im Straßenverkehr vom 7. November 2016. Online verfügbar unter:
http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Gesetze/2016-11-16-G-stl-Foerderung-Elektromobilitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [abgerufen am: 01.06.2017]

BMVI (2016). Aufruf zur Antragseinreichung zur Förderung von kommunalen Elektromobilitätskonzepten, 11/2016. Online verfügbar unter:
http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/foerderrichtlinie-elektromobilitaet-aufruf-antragseinreichung-elektromobilitaetskonzepte.pdf?__blob=publicationFile [abgerufen am: 01.09.2016]

BMVI (2017). Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland vom 13. Februar 2017. Online verfügbar unter:
https://www.bav.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Foerderung_Ladeinfrastruktur/Foerderrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=5 [abgerufen am 15.06.2017]

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, ISI (2014): Elektromobilität in gewerblichen Flotten. Online verfügbar unter: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Get_eReady_web.pdf [abgerufen am: 10.11.2016]

Frenzel, I., Jarass, J., Trommer, S. und Lenz, B. (2015). Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung. DLR-Forschungsbericht.

IINAS, Öko-Institut e.V. (2016). GEMIS 4.94. Emissionsmodell integrierter Systeme. Software des Öko-Instituts. Freiburg, Darmstadt. Online verfügbar unter: www.gemis.de; <http://www.iinas.org/downloads-de.htm> [abgerufen am: 05.07.2016]

Infas, DLR (2010). Mobilität in Deutschland (MiD) 2008 – Basisdatensatz. Erhebung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Datenbezug über Clearingstelle für Verkehr: http://www.dlr.de/cs/DesktopDefault.aspx/1177_read-2160/

IVS, IVT, WWI, KBA, P.U.T.V. (2003). Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2002 – KiD 2002. Public Use File. Erhebung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Datenbezug über Clearingstelle für Verkehr: http://www.dlr.de/cs/DesktopDefault.aspx/1177_read-2160/

Nationale Plattform Elektromobilität, NPE (2016): Wegweiser Elektromobilität. Handlungsempfehlungen der Nationalen Plattform Elektromobilität. Online verfügbar unter: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Wegweiser_Elektromobilitaet_2016_web_bf.pdf [abgerufen am: 10.11.2016]

KBA (2016). Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes. Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltern, Wirtschaftszweigen. FZ 23. Online verfügbar unter: http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2016/fz23_2016_pdf.pdf?__blob=p

ublicationFile&v=2.

KBA (2017). Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes. Bestand an Pkw am 1. Januar 2017 nach ausgewählten Kraftstoffarten. Online verfügbar unter:

https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2017_b_umwelt_du.html?nn=663524

[abgerufen am: 01.04.2017]

Kihm, Alexander und Trommer, Stefan (2014). The new car market for electric vehicles and the potential for fuel substitution. In: Energy Policy (73), S. 147-157. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.05.021. ISSN 0301-4215.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.)(2016): Luftgütemessdaten 2015. Online verfügbar unter: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/messnetz>.

Umweltbundesamt (2015): Umwelttrends in Deutschland. Daten zur Umwelt 2015. Online verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-zur-umwelt-2015>.

Umweltbundesamt (2016): Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr. Bezugsjahr 2014. Transport Emission Model (TREMOD) 5.63. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/bilder/dateien/vergleich_der_emissionen_einzelnr_verkehrsmittel_im_personenverkehr_bezugsjahr_2014_tremod_5_63_0.pdf [abgerufen am: 15.11.2016]

Verordnung(EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesetzkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. In: Amtsblatt der Europäischen Union vom 05.06.2009. Online verfügbar unter: https://www.uni-due.de/imperia/md/content/car/auto/vl_unterlagen/eu-kommission-juni_2009.pdf

WVI, IVT, DLR, KBA (2010). Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010 – Basisdatensatz. Erhebung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Datenbezug über Clearingstelle für Verkehr: http://www.dlr.de/cs/DesktopDefault.aspx/1177_read-2160/

IMPRESSUM

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

| | |
|------------------------------|---|
| Herausgeber | Institut für Verkehrsforschung |
| Anschrift | Rutherfordstraße 2 12489 Berlin |
| Redaktion und Autoren | <u>DLR – Institut für Verkehrsforschung</u> Viktoriya Kolarova Stefan Trommer |
| | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Förderkennzeichen: 16EM2066-2 |
| Zuwendungsempfänger | www.DLR.de/vf |