



Elektromobilität in der Praxis

Zweiter Ergebnisbericht des Zentralen
Datenmonitorings des Förderprogramms
Elektromobilität vor Ort

NOW
NOW - G M B H . D E

Vorwort

Diese Publikation entstand im Kontext der Programm-Begleitforschung Elektromobilität des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Die Ergebnisse basieren auf Daten und Informationen von Projekten aus verschiedenen Förderphasen und Förderkontexten im Bereich Elektromobilität des BMVI. Dies sind Forschungs- und Entwicklungsvorhaben aus den „Modellregionen und Schaufenstern Elektromobilität“ (2012 bis 2016) sowie Beschaffungsprojekte und Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die seit 2015 im Rahmen der bestehenden BMVI-Förderlinie „Elektromobilität vor Ort“ gefördert werden (Standardprogramm). Ergänzt wird die Datenbasis um einzelne Beschaffungsprojekte aus dem „Sofortprogramm Saubere Luft 2017 bis 2020“.

Elektromobilität ist ein zentraler Schlüssel zur Reduzierung der klima- und umweltschädlichen Wirkungen des motorisierten Verkehrs. Zudem leistet sie einen Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität in schadstoffbeeinträchtigten Kommunen. Daher fördert das BMVI die Marktentwicklung von Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben in Deutschland, inklusive der für den Fahrzeugbetrieb notwendigen Ladeinfrastruktur. Im Fokus der Förderung stehen Kommunen als zentrale Akteure des Markthochlaufs. Die Ziele der Förderung sind die Unterstützung des Markthochlaufs Elektromobilität in Deutschland, u. a. durch die Steigerung des Marktangebots und die Erhöhung von Fahrzeugzahlen in allen Verkehrsbereichen und die Beantwortung zentraler Forschungsfragen für den weiteren Hochlauf.

Das Zentrale Datenmonitoring (ZDM) innerhalb der Programmbegleitforschung erhebt und bündelt die Daten und Informationen (Projektdateien, reale Fahr- und Ladedaten von Elektrofahrzeugen) und wertet sie aus. Die Ergebnisse werden innerhalb der Programmbegleitforschung zusammengeführt und bewertet. Die Aufgabe der Gesamtkoordination des Förderprogramms und der Begleitforschung übernimmt die NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW). Der Projektträger Jülich (PtJ) setzt das Förderprogramm im Auftrag des BMVI um.

Mit dem „Klimaschutzprogramm 2030“ hat die Bundesregierung ihre Zielsetzungen und Anstrengungen im Bereich der Transformation des Verkehrssektors hin zu einer nachhaltigen und emissionsarmen Mobilität deutlich verstärkt. Insbesondere die Erhebung und Auswertung von realen Fahr- und Ladedaten von Elektrofahrzeugen durch das Zentrale Datenmonitoring können entscheidende Hinweise für die Ausgestaltung der zukünftigen Förderpolitik und den Markthochlauf geben.

INHALT	SEITE
Vorwort	03
Einleitung, Aufgabe und Datenbestand ZDM	06
Bestand und Marktsituation	14
Programmatische Entwicklung	34
E-Mobilität in der Praxis	42
Kosten und Wirtschaftlichkeit	70
Klimabilanz der geförderten Fahrzeuge	80
Neue Erkenntnisse und Ausblick	86

1 Einleitung, Aufgabe und Datenbestand ZDM

Der Verkehrssektor ist in Deutschland für rund 19 % der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich.¹ 2018 lagen die CO₂-Emissionen mit 162 Mio. t CO₂-Äquivalent etwa auf dem Niveau des Jahres 1990 (damals 163 Mio. t CO₂-Äquivalent). Die deutsche Bundesregierung hat sich in dem 2016 beschlossenen Klimaschutzplan 2050 verpflichtet, im Verkehrssektor die Emissionen um 40 bis 42 % im Vergleich zu 1990 auf 98 bis 95 Mio. t CO₂-Äquivalent im Jahr 2030 zu mindern. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Elektromobilität.

Dies zeigt sich auch in dem im Oktober 2019 von der deutschen Bundesregierung beschlossenen Klimaschutzprogramm 2030. Von den insgesamt 13 Maßnahmen, die auf den Sektor Verkehr zielen, beschäftigen sich fünf explizit mit dem Umstieg auf elektrisch betriebene Pkw und Nutzfahrzeuge im Straßenverkehr. Zudem soll die Förderung von Elektrobussen gestärkt werden. Politisches Ziel ist es, dass in Deutschland bis 2030 insgesamt 7 bis 10 Millionen Elektrofahrzeuge zugelassen sind. Zudem sollen bis 2030 insgesamt eine Million Ladepunkte zur Verfügung stehen.

Um diese Ziele zu erreichen, fördert der Bund den Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur bis 2025 mit über 3 Mrd. EUR. Der von der Bundesregierung vorgelegte Masterplan Ladeinfrastruktur und die im Jahr 2020 in der Verantwortung der NOW neu einzurichtende Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur geben dem beschleunigten Aufbau der Ladeinfrastruktur einen Rahmen und sollen den Prozess zukünftig koordinieren.

Ein zweiter wichtiger Aspekt des Klimaschutzprogramms ist die Förderung des Umstiegs auf elektrisch angetriebene Pkw und Nutzfahrzeuge. Hierzu wird u. a. die 2016 eingeführte Kaufprämie („Umweltbonus“) verlängert und für E-Fahrzeuge mit einem Kaufpreis unter 40.000 EUR angehoben.² Auch bei der Dienstwagenbesteuerung wird die geltende Sonderregelung für Elektrofahrzeuge verlängert. Zudem ist eine Kaufprämie für Nutzfahrzeuge mit alternativem Antrieb geplant.

Die aktuellen von der Bundesregierung beschlossenen Maßnahmen bauen auf bestehenden Förderprogrammen des Bundes zum Thema Elektromobilität auf. So unterstützt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) seit 2009 technologieoffen und verkehrsträgerübergreifend die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung im Bereich Elektromobilität, die Beschaffung von Elektrofahrzeugen sowie den Ausbau der Ladeinfrastruktur in Deutschland.

Die Förderung des BMVI staffelt sich in mehrere Förderphasen. Aufbauend auf der ersten Phase der „Modellregionen Elektromobilität (2010–2012)“ wurde der Clusteransatz in den Jahren 2012–2016 mit der „Förderrichtlinie Elektromobilität (2012–2016)“ weiterverfolgt. In den Projekten der zweiten Phase der Modellregionen wurde das Know-how für den elektromobilen Alltag gewonnen und vor Ort angewendet. Parallel dazu wurden ressortübergreifend groß angelegte regionale Demonstrations- und Pilotvorhaben gefördert, die Schaufenster Elektromobilität. Mit der aktuellen Förderrichtlinie Elektromobilität vor Ort (2015–2020) und ihrem kommunalen Fokus erweiterte das BMVI im Übergang von der Marktvorbereitung in den Markthochlauf den bisherigen Förderschwerpunkt Forschung und Entwicklung um die Förderung von Elektromobilitätskonzepten sowie um die Beschaffung von E-Fahrzeugen und die für den Betrieb notwendige Ladeinfrastruktur. Die BMVI-Förderrichtlinie Elektromobilität vor Ort wurde im Dezember 2017 aktualisiert. Die Förderrichtlinie wird sowohl im Standardprogramm als auch im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017–2020“ für die Beschaffung von E-Fahrzeugen und der betriebsnotwendigen Ladeinfrastruktur genutzt.

Die Förderprogramme des BMVI erweisen sich als wichtige Impulsgeber bei der Marktvorbereitung in den letzten Jahren und bei der aktuellen Marktentwicklung der Elektromobilität in Deutschland (vgl. Kapitel 3). Die Förderaktivitäten werden im Rahmen der Programm-Begleitforschung kontinuierlich gemonitort, die Ergebnisse zusammengeführt und analysiert. Die Programm-Begleitforschung ist in vier Themenfeldern organisiert und beantwortet zentrale Forschungsfragen zur Unterstützung des weiteren Markthochlaufs (vgl. Bild 1). Innerhalb der Themenfelder sind Forschungskonsortien mit der wissenschaftlichen Bewertung betraut. Das Zentrale Datenmonitoring ist Teil dieser Begleitforschung.

¹ vgl. Deutsche Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Online-Dokument <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1> (letzter Zugriff am 28.01.2020).

² vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2016): Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030. Online-Dokument: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (letzter Zugriff am 28.01.2020).

Mit der Erhebung und Auswertung von realen Fahr- und Ladedaten von Elektrofahrzeugen, die das Zentrale Datenmonitoring über einen längeren Zeitraum, bei einer Vielzahl von Förderprojekten und in unterschiedlichen Einsatzkontexten erfasst hat, können nicht nur rückwirkend die Wirkungen der ergriffenen Maßnahmen beziffert, sondern auch entscheidende Hinweise für die Ausgestaltung der aktuellen Förderpolitik und den Markthochlauf gewonnen werden.

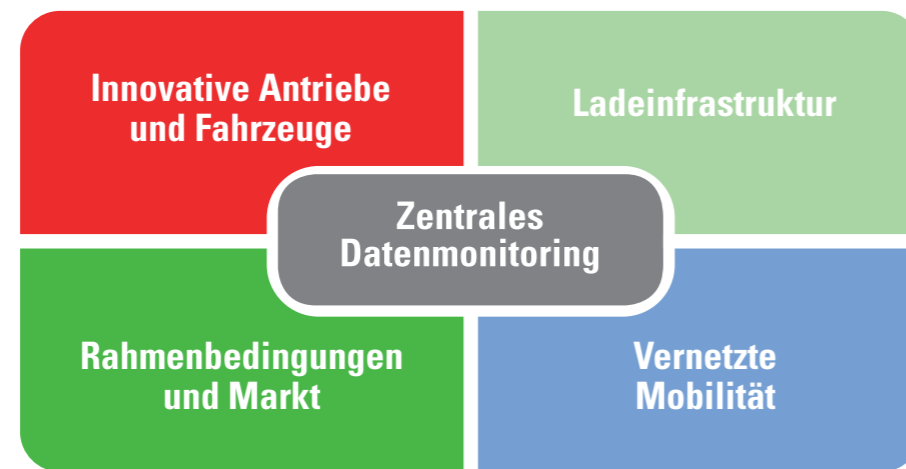


Bild 1:
Themenfelder der Programm-
Begleitforschung (Quelle: eigene
Darstellung)

Aufgabe des Zentralen Datenmonitorings

Das Zentrale Datenmonitoring (ZDM) hat die Aufgabe, die in regionalen Demonstrationsvorhaben und Förderprogrammen gewonnenen Informationen und Daten gebündelt, das heißt zentral zu erfassen und für weitere Zugriffe (zum Beispiel der Begleitforschung) sachgerecht abzulegen. Zudem werden durch das ZDM auch Betriebsdaten von E-Fahrzeugen und Ladesäulen selbst erhoben, aufbereitet und ausgewertet. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Fahr- und Ladedaten von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen. Grundlage für eine strukturierte und standardisierte Datenerfassung sind sogenannte Minimaldatensets.³

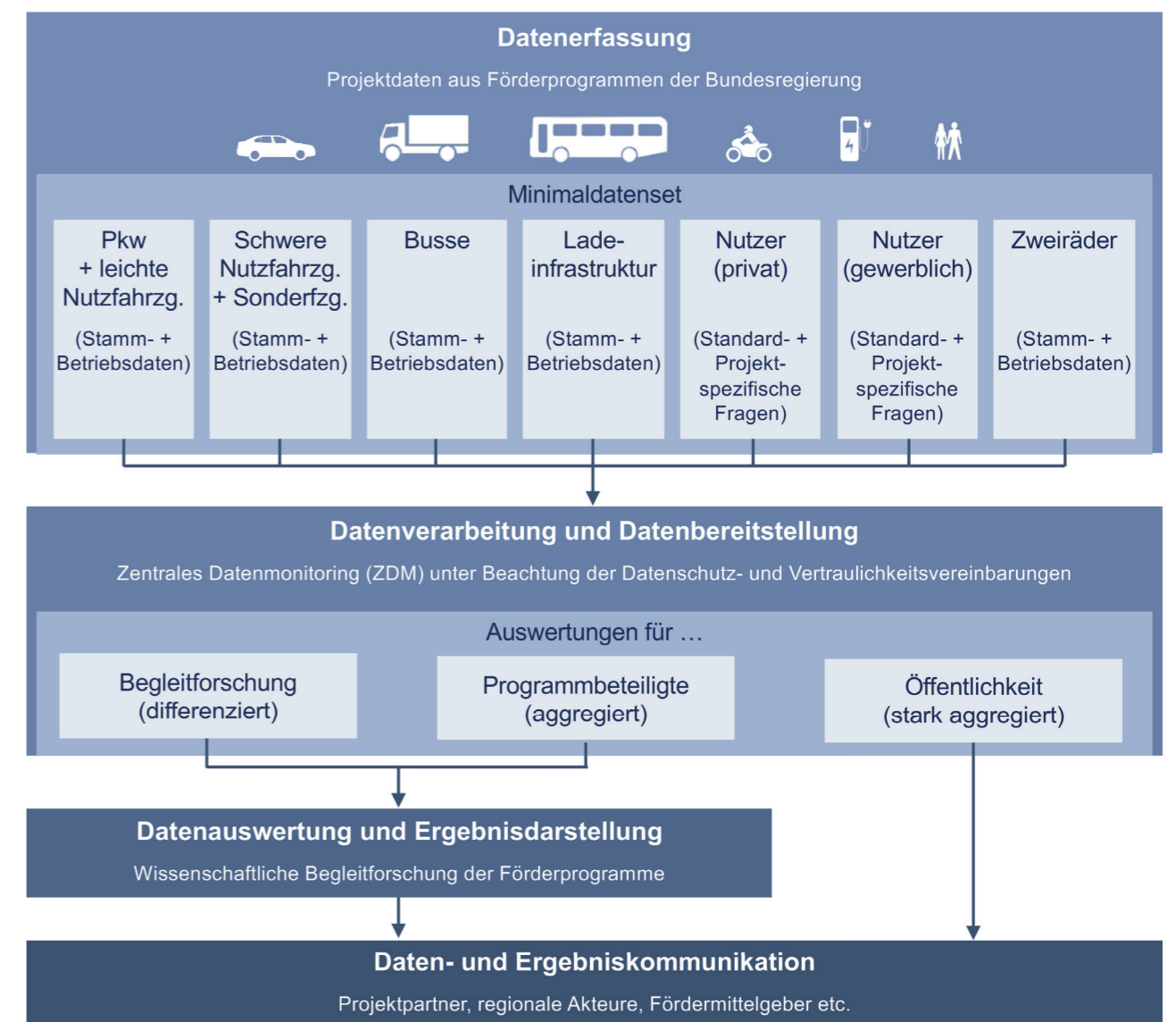
Die grundsätzliche Vorgehensweise des ZDM bei der Datenerhebung und Auswertung zeigt Bild 2.⁴ Die Datenaufnahme des ZDM läuft seit Januar 2015.

Die Projektdaten aus den verschiedenen Förderprogrammen (sogenannte Stammdaten) werden zentral gesammelt und in regelmäßigen Abständen aktualisiert. Die Stammdaten enthalten die wichtigsten grundlegenden Informationen zum Projekt sowie zum dort betriebenen Elektrofahrzeug beziehungsweise zur Ladeinfrastruktur.

³ vgl. <https://www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/2-modellregionen-elektromobilitaet/minimaldatensets-zu-erhebung-von-forschungsdaten-in-der-elektromobilitaet.pdf> (letzter Zugriff am 28.01.2020).

Die Betriebsdaten der Elektrofahrzeuge (Fahr- und Ladedaten) werden mittels Datenloggern erfasst. Diese Daten wurden in den Förderprojekten der Modellregionen und Schaufenster Elektromobilität vorwiegend selbst erhoben und dem ZDM anschließend übermittelt. Seit August 2018 werden Fahr- und Ladedaten direkt durch das ZDM erfasst. Dazu wurden über 200 E-Fahrzeuge aus dem Standard- und Sofortprogramm ausgewählt und mit Datenloggern versehen. Die geloggte Fahr- und Ladedaten werden täglich automatisiert durch das ZDM abgerufen und in der ZDM-Datenbank abgelegt. Die Ladedaten der Ladeinfrastruktur (Charge-Detail-Record) werden dem ZDM überwiegend quartalsweise von den Betreibern dieser Ladesäulen übermittelt.

Bild 2:
Grundsätzliche Vorgehensweise bei der
Datenerhebung und Datenauswertung
im Zentralen Datenmonitoring (Quelle:
eigene Darstellung)



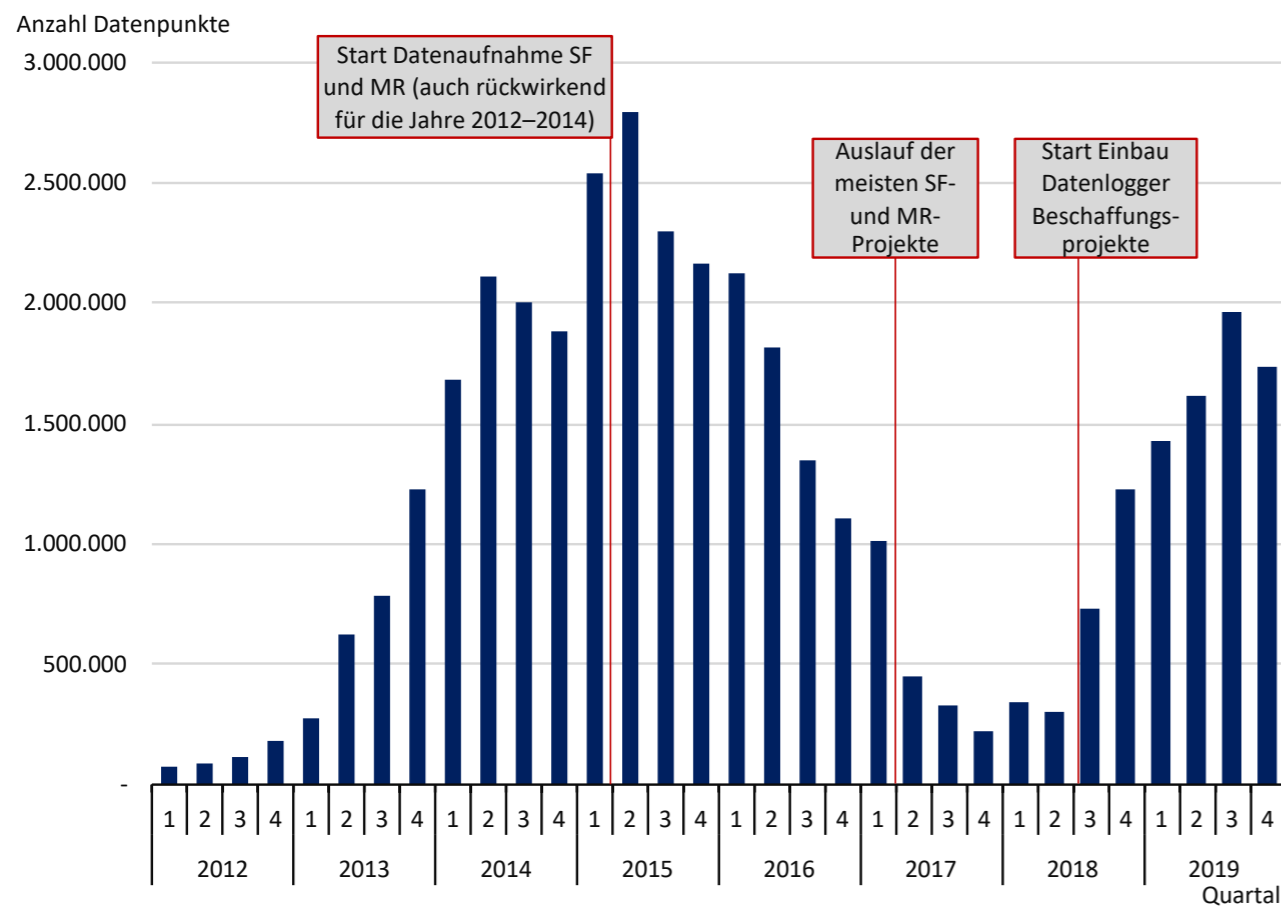
⁴ vgl. hierzu die Erläuterungen im ersten ZDM-Ergebnisbericht vom 2018: www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/2-modellregionen-elektromobilitaet/zdm-ivv-ergebnisbericht_final.pdf (letzter Zugriff am 17.01.2020).

Die Stammdaten aller E-Fahrzeuge, die im Standard- oder Sofortprogramm beschafft wurden, werden regelmäßig aktualisiert (meist halbjährlich). Dabei werden beispielsweise das Datum der Inbetriebnahme und die Betriebsdauer (zum Beispiel Kilometerstand der Fahrzeuge) erfasst. Somit stehen für deutlich mehr als nur für die geloggtten Fahrzeuge Nutzungsinformationen im ZDM zur Verfügung

Datenbestand ZDM

Die Daten aus den verschiedenen Quellen werden zentral in der ZDM-Datenbank abgelegt und stehen dort der Begleitforschung für Auswertungen zur Verfügung (vgl. Bild 3). Seit dem ZDM-Ergebnisbericht vom Frühjahr 2018 gibt es deutliche Veränderungen im Bereich der Elektromobilität: Die Marktdynamik hat spürbar zugenommen, die Zahl der verfügbaren Fahrzeugmodelle und deren Reichweite sind gestiegen.

Bild 3: Datenbestand ZDM (alle Datenpunkte inkl. KBA-Daten, Projekt-Stammdaten sowie Betriebsdaten von Elektrofahrzeugen und Ladesäulen, Nutzerbefragungen etc., Stand: 01.01.2020)



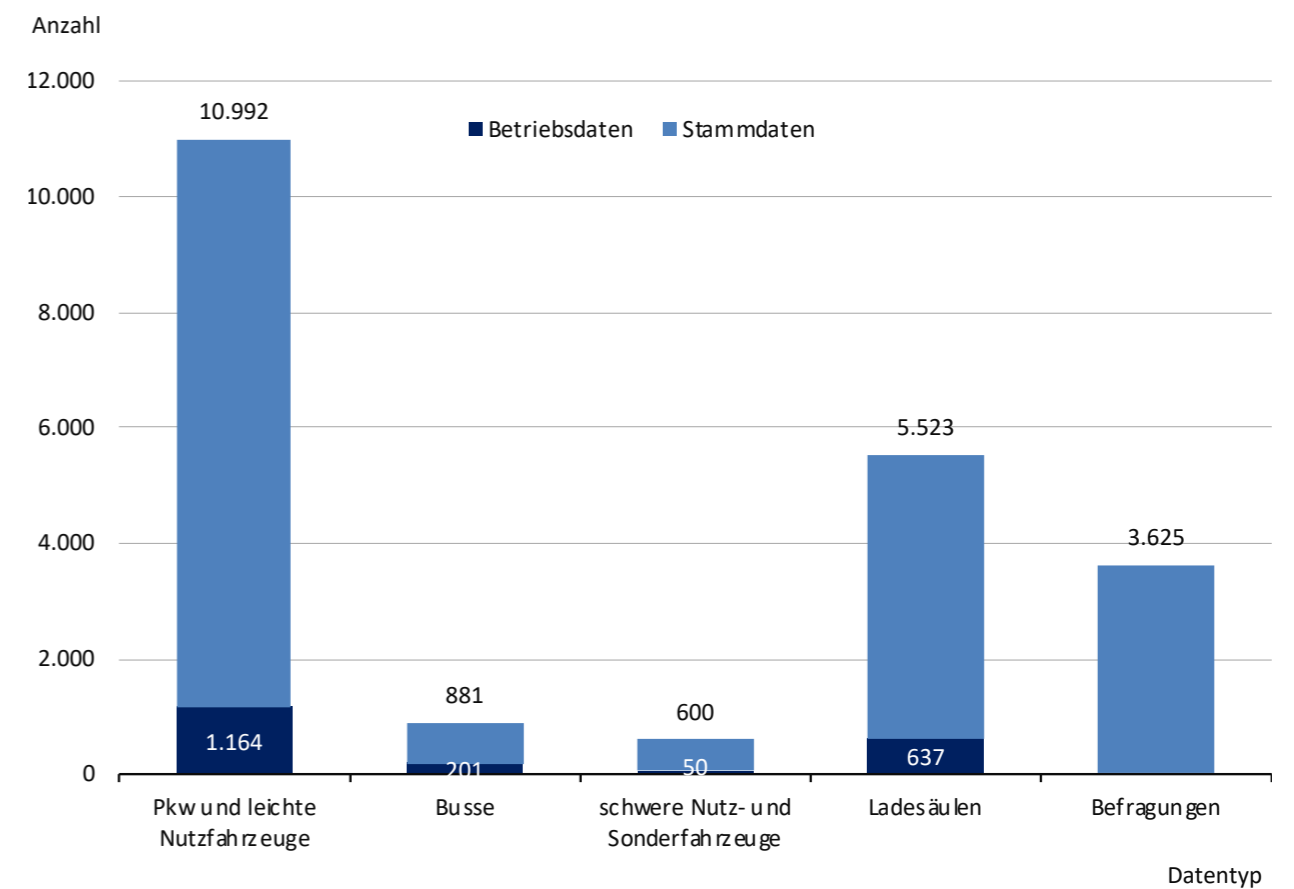
Um den Markthochlauf der Elektrofahrzeuge zu beobachten, werden zusätzlich Bestandszahlen (jährlich) sowie Neuzulassungen (monatlich) von Elektrofahrzeugen in Deutschland vom Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) übermittelt und in der ZDM-Datenbank gespeichert.

Fahrzeugdaten

Zum 01.01.2020 waren in der ZDM-Datenbank fast 39 Millionen Datenpunkte hinterlegt, davon 90 % Fahr- und Ladedaten von E-Fahrzeugen. Weiterhin sind Stammdaten von mehr als 12.000 Elektrofahrzeuge erfasst, inkl. 880 Bussen (Hybrid- und Batteriebusse) sowie 600 schweren Nutzfahrzeugen (vgl. Bild 4). Das entspricht etwa 4 % aller in Deutschland zurzeit zugelassenen Elektrofahrzeuge. Für etwa 1.400 Elektrofahrzeuge liegen detaillierte Fahr- und Ladedaten vor (Betriebsdaten), davon

- 1.164 Pkw und leichte Nutzfahrzeuge,
- 50 schwere Nutz- und Sonderfahrzeuge,
- 201 Busse.

Bild 4: Datenbestand der ZDM-Datenbank nach Datentyp (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom 01.01.2020)



Damit dürfte das ZDM über den größten Hersteller- und Anbieter-übergreifenden Bestand an Betriebsdaten von Elektrofahrzeugen in Deutschland verfügen. Allein für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge liegen dem ZDM detaillierte Betriebsdaten für 0,5 % aller in Deutschland zugelassenen Fahrzeuge dieses Typs vor. Die aus diesem großen Datenpool resultierenden Erkenntnisse über Elektromobilität in der Praxis sind in Kapitel 4 dokumentiert.

Auch Betriebsdaten von Bussen werden vom ZDM aufgenommen. Die Auswertung erfolgt jedoch im Rahmen der Begleitforschung „Innovative Antriebe und Fahrzeuge: Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV“ (BeFo Bus).⁵ Betriebsdaten der schweren Nutz- und Sonderfahrzeuge wurden aufgrund der geringen Stichprobengröße bislang nicht betrachtet.

Daten Ladeinfrastruktur

Die ZDM-Datenbank enthält weiterhin Informationen über ca. 5.500 Ladesäulen, für die im Rahmen der verschiedenen Förderprojekte Stammdaten an das ZDM übermittelt wurden. Zu etwa 630 Ladesäulen liegen insgesamt mehr als 400.000 detaillierte Nutzungsdaten (Ladevorgänge) in unterschiedlichen Zeiträumen vor. Dies entspricht etwa 3 % aller in Deutschland erfassten Ladestationen und gibt Einblick in die Nutzung von Ladeinfrastruktur in Deutschland.

Das ZDM hat auch die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur in Deutschland untersucht. Grundlage ist der gesamte Bestand öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland. Im Gegensatz zu den Fahrzeugen, für die das KBA ein vollständiges Melderegister zur Verfügung stellt, existiert für die Ladeinfrastruktur noch kein vergleichbares Register. Die Bundesnetzagentur (BNetzA) hat zwar mit Einführung der Ladesäulenverordnung im März 2016 begonnen, die öffentliche Ladeinfrastruktur systematisch zu erfassen. Eine Meldepflicht für die vor März 2016 errichteten Ladesäulen besteht jedoch nur für geförderte Ladeinfrastruktur. Ein Abgleich mit Daten von einschlägigen Internetportalen ([goingelectric](http://goingelectric.com), lemnet.org) zeigt, dass BNetzA bis Ende 2019 nach Recherchen des ZDM nur zu etwa 60 % der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur in Deutschland Informationen hat. Daher hat das ZDM durch Verschneiden möglichst valider Informationen aus verschiedenen Quellen Informationen zu Ladeinfrastruktur zusammengetragen, um so einen möglichst vollständigen Überblick über die Ladeinfrastruktur in Deutschland zu haben. Damit werden flächendeckend Analysen zur Verfügbarkeit von öffentlicher Ladeinfrastruktur möglich.

⁵ Mit der BeFo Bus ist das Konsortium aus thinkstep AG (Koordinator), hySOLUTIONS GmbH, VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH, Fraunhofer-Institut IVI, Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG und SEK Consulting beauftragt.



2 Bestand und Marktsituation

Das Kapitel „Bestand und Marktsituation“ gibt einen Einblick in die Marktdynamik der Elektromobilität in Deutschland. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung der Bestandszahlen der Elektro-Pkw und der Ladeinfrastruktur. Der Betrachtungszeitraum ist maßgeblich durch die bisherige Aktivitätsspanne des ZDM bestimmt. Wesentliche Datengrundlage sind die Bestands- und Neuzulassungszahlen des KBA zu Elektrofahrzeugen in Deutschland. Die KBA-Daten liegen dem ZDM seit 2013 vor. Weitere Datenquelle sind die Standortdaten von Ladeinfrastruktur gemäß BNetzA, die ZDM im Interesse eines möglichst realistischen Bildes mit Standortdaten von anderen Websites wie Lemnet und goingelectric verschnitten hat. Dabei wurden Doppelerfassungen bereinigt.⁶

2.1 Entwicklung Fahrzeugbestand

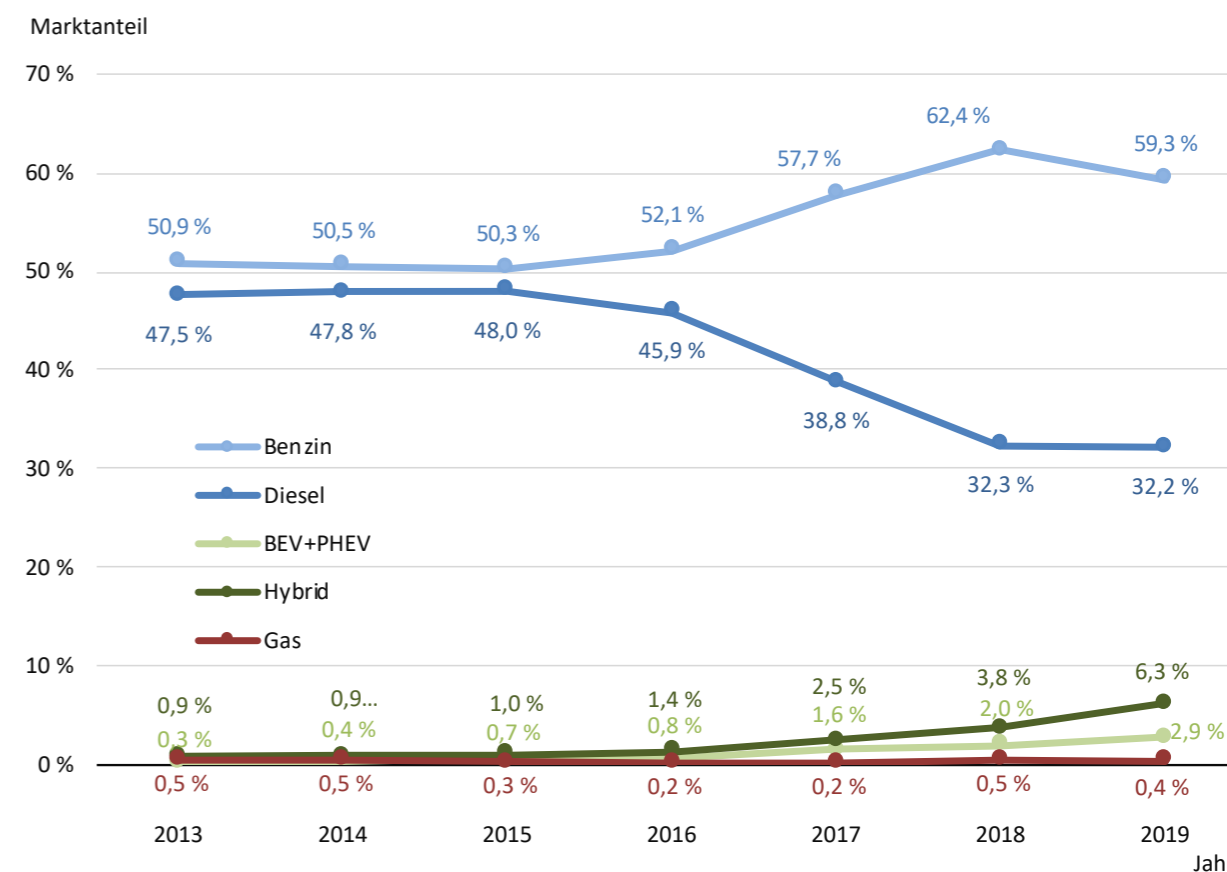
Der Dieselskandal und die damit verbundene Debatte über Fahrverbote in Innenstädten sowie das Thema Klimaschutz haben den deutschen Automobilmarkt in den letzten Jahren erheblich verändert.

Mit Blick auf den Fahrzeugantrieb sind seit 2017 deutliche Veränderungen bei den Marktanteilen erkennbar (vgl. Bild 5): Während der Anteil Diesel-Pkw bei den Neuzulassungen von ursprünglich rund 46 % (2016) auf rund 33 % (2019) deutlich zurückgegangen ist (minus 13 Prozentpunkte), ist der Anteil Benzin-Pkw von rund 52 % (2016) auf rund 59 % (2019) gestiegen (plus 7 Prozentpunkte). Hier wirkt sich die Diskussion um Dieselfahrzeuge in den letzten Jahren besonders stark aus.

Vom Rückgang beim Diesel profitieren aber auch die alternativen Antriebe. So entscheiden sich immer mehr Käufer für ein E-Fahrzeug. Der Marktanteil der neu zugelassenen rein elektrisch angetriebenen Pkw sowie Plug-in-Hybride ist deutlich gestiegen und hat sich von 0,8 % (2016) auf 2,9 % (2019) mehr als verdreifacht. Dabei machen die rein elektrisch angetriebenen Pkw etwa 1,7 % der Neuzulassungen aus, Plug-in-Hybride 1,2 %. Auch der Marktanteil von Pkw mit Hybrid-Antrieb (HEV) ist seit 2016 deutlich

⁶ Dazu wurden die Meldungen zu einem Ladestandort aus mehreren Quellen über einen Abgleich der Adresse und/oder der Koordinaten identifiziert und nur die Angaben einer Quelle berücksichtigt. Mit höchster Priorität fließen die Angaben der BNetzA ein. Ergänzende Angaben werden aus den übrigen Quellen übernommen. Eindeutig private Ladesäulen oder Ladesäulen, die eine geringe Ladeleistung aufweisen (nur Schuko oder CEE), wurden nicht in das ZDM-Register übernommen.

gestiegen, und zwar von 1,4 % (2016) auf 6,3 % (2019), jeweils bezogen auf Neuzulassungen. Nur Fahrzeuge mit Gas-Antrieb (CNG+LPG) konnten von diesem Trend nicht profitieren. Ihr Marktanteil blieb mit zuletzt 0,4 % nahezu konstant. Insgesamt hatten alle alternativ angetriebenen Pkw Ende 2019 bereits einen Marktanteil von fast 10 % bei den Neuzulassungen in Deutschland.



Elektrofahrzeuge werden auf den Straßen in Deutschland immer präsenter.

Noch am 01.01.2013 waren in Deutschland nur 15.111 Fahrzeuge mit Elektroantrieb zugelassen, davon 7.495 Pkw (50 %), 4.652 Krafträder (31 %), 2.389 Nutzfahrzeuge (16 %) sowie 575 sonstige Fahrzeuge (3 %) wie zum Beispiel Busse, Zugmaschinen und Sonderfahrzeuge. Sechs Jahre später hat sich die Anzahl Elektrofahrzeuge mehr als verzehnfacht, sodass am 01.01.2019 insgesamt 179.794 Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen waren, davon 150.172 Pkw (84 %), 10.207 Krafträder (6 %), 17.611 Nutzfahrzeuge (10 %) sowie 1.204 sonstige Fahrzeuge (1 %). Der größte Zuwachs ist dabei bei den Pkw erkennbar (vgl. Bild 6).

Bild 5:
Entwicklung der Marktanteile der Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsart
(Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2020)

Im Jahr 2019 wurden in Deutschland weitere 118.486 E-Fahrzeuge neu zugelassen. Für den 01.01.2020 liegen noch keine vom KBA bereinigten Bestandszahlen vor. Nach Erfahrungswerten aus den vergangenen Jahren kann zum 01.01.2020 von einem Bestand von etwa 280.000 Elektrofahrzeugen (alle Fahrzeugklassen) in Deutschland ausgegangen werden (Erwartungswert des ZDM).⁷

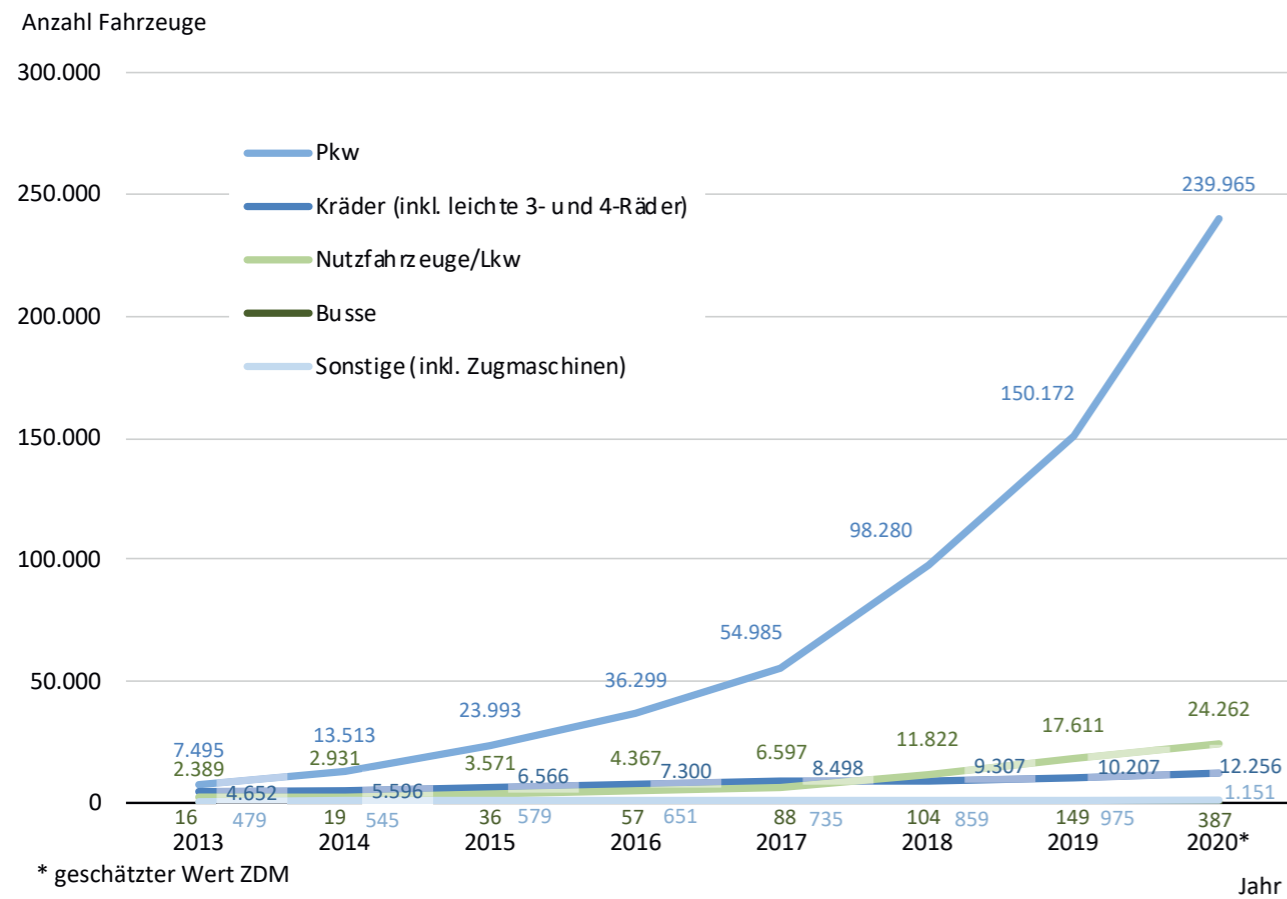


Bild 6: Entwicklung der Marktsituation der Elektrofahrzeuge (BEV+PHEV) in Deutschland (Bestand jeweils zum 01.01.) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2020)

Elektro-Pkw sind inzwischen nicht mehr vorwiegend in Großstädten und Ballungsgebieten gemeldet.

Während Elektrofahrzeuge mittlerweile höhere Anteile an den Neuzulassungszahlen als in den vergangenen Jahren aufweisen, ist das Verhältnis von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor im Bestand noch gering. In Deutschland liegt das Durchschnittsalter der zugelassenen Pkw bei etwa 9,5 Jahren. Der hohe Bestand älterer Verbrennerfahrzeuge fällt somit aktuell noch stark ins Gewicht.

⁷ Der Erwartungswert für 01.01.2020 ergibt sich aus dem Bestand zum 01.10.2019 + 80 % der Neuzulassungen im 4. Quartal 2019 (übliche Reduktion durch Abmeldungen).

Die Entwicklung des Bestands an E-Fahrzeugen der letzten vier Jahre zeigt Bild 7. Dabei zeigt sich eine zunehmend breitere regionale Verbreitung von Elektrofahrzeugen in Deutschland.

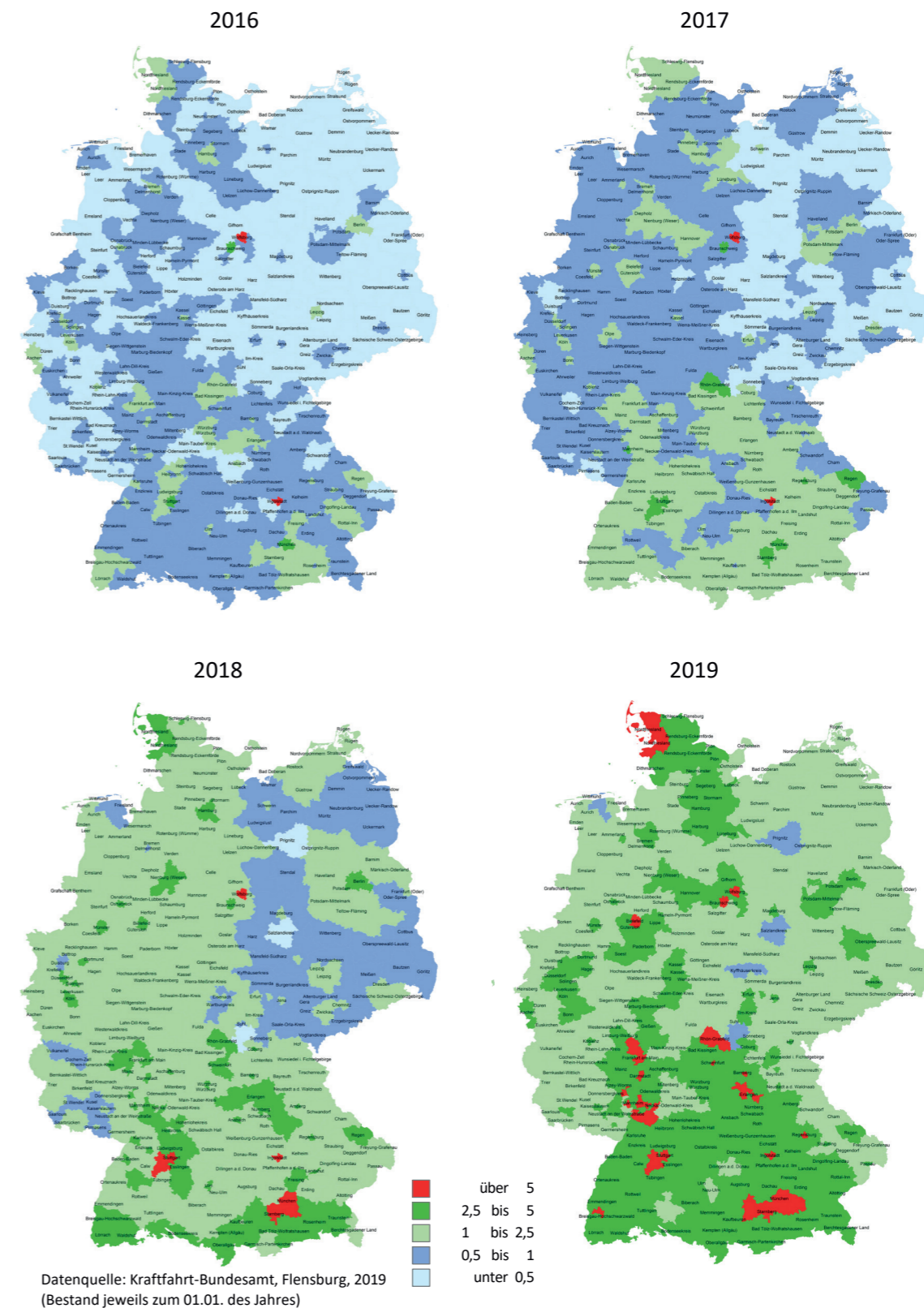


Bild 7: Elektro-Pkw (BEV und PHEV) pro 1.000 Pkw je Zulassungsbezirk (Bestand 2016–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2019)

2016 wiesen nur Wolfsburg und Ingolstadt mehr als fünf E-Pkw pro 1.000 Pkw auf, gefolgt von Stuttgart, München und Braunschweig (Standorte Automobilhersteller). Mindestens ein E-Pkw pro 1.000 Pkw war in Städten wie Frankfurt, Düsseldorf, Bremen, Hamburg, Berlin oder Leipzig zu finden, die alle Teil der Modellregionen oder Schaufenster Elektromobilität waren. Von wenigen Ausnahmen abgesehen waren die höchsten Anteile an E-Fahrzeugen in Großstädten oder in deren direktem Umfeld zu finden. Zu diesem Zeitpunkt war der Einfluss der Bundesförderungen auf die Fläche nur begrenzt erkennbar. Die Modellregionen und später auch die Schaufensterregionen mit ihren Städten dienten als Keimzelle für den weiteren Ausbau der Elektromobilität in Deutschland.

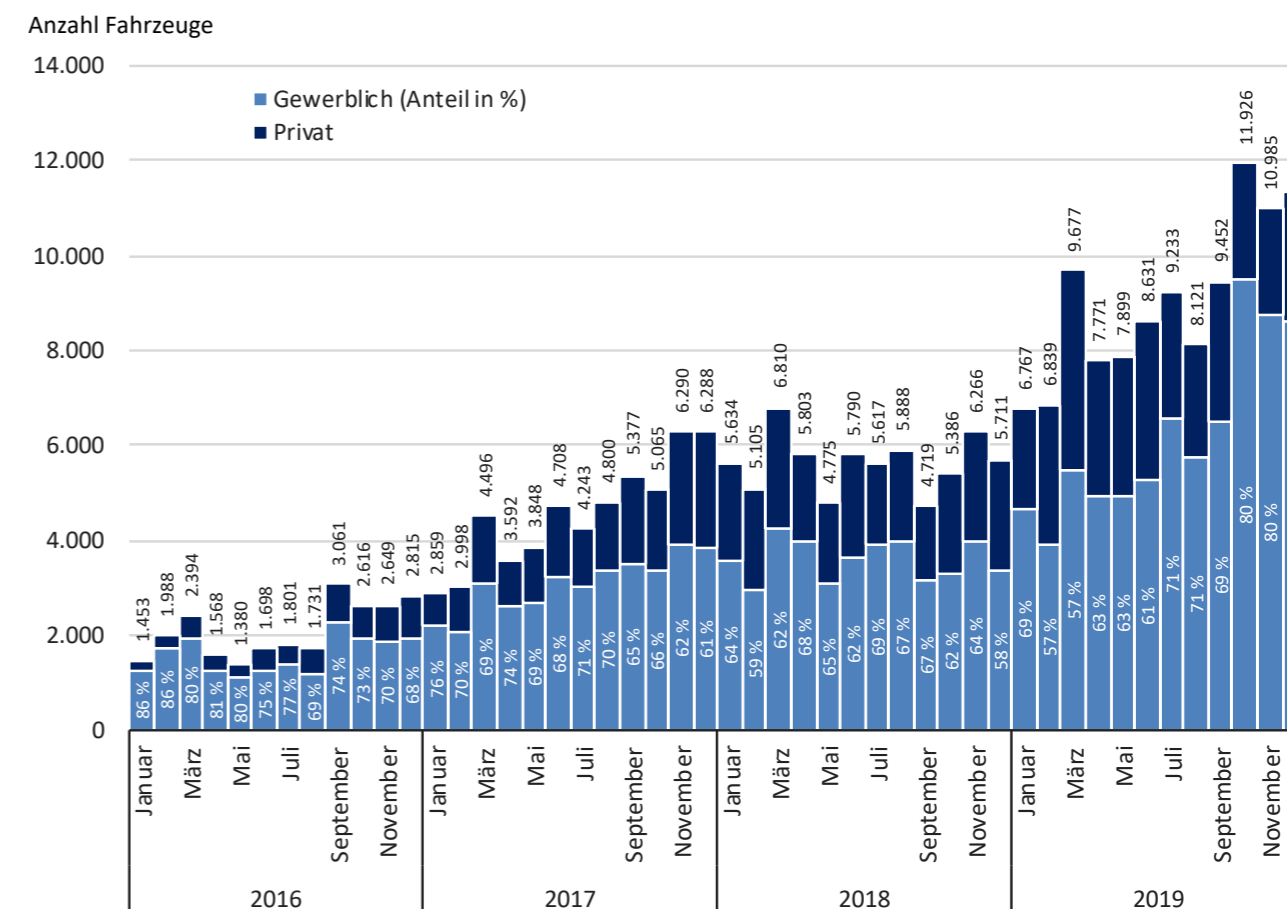
Bis 2019 ist eine deutliche Steigerung der Anteile elektr mobiler Pkw am Gesamtbestand zu erkennen. Statt zwei weisen nun 24 Kreise und kreisfreie Städte ein Verhältnis von mehr als fünf E-Pkw pro 1.000 Pkw auf. Während sich die Elektro-Pkw (absolut und anteilig) Anfang 2016 noch weitgehend auf große Städte und deren Umland beschränkten, entwickelte sich der Bestand in den Jahren danach über die Nachbarkreise in die Fläche. Besonders auffällig sind dabei einige ländlich strukturierte Kreise, die aufgrund besonderer Gegebenheiten offensichtlich gute Voraussetzungen für Elektromobilität aufweisen. Dazu zählen zum Beispiel der Kreis Rhön-Grabfeld, der langjähriger Standort für Elektromotoren und Automotive ist und mit Neustadt die erste bayerische Modellstadt für Elektromobilität aufweist. Hohe Zulassungszahlen bei E-Fahrzeugen gibt es auch in Nordfriesland, dem Standort der ersten Windparks bundesweit. Die Affinität dieser Region zu erneuerbaren Energien bildete vermutlich die Grundlage für eine hohe Akzeptanz der Elektromobilität.

Treiber der Bestandsentwicklung waren in den letzten Jahren zumeist gewerbliche Flotten (vgl. Bild 8). 2016 wurden über zwei Drittel aller zugelassenen E-Pkw (BEV + PHEV) gewerblich genutzt.⁸ Nach einem etwas höheren Anteil privat genutzter E-Pkw Anfang 2019 lag der Anteil gewerblich genutzter E-Pkw Ende 2019 bereits wieder bei bis zu 80 %. Bei den Ummeldungen lag der Anteil privater E-Fahrzeuge allerdings 2019 bereits bei 75 %.

Plug-in-Hybride spielen bei der Elektrifizierung der Fahrzeuge in Deutschland eine große Rolle.

Der Anteil Plug-in-Hybride ist in den letzten Jahren mit der zunehmenden Modellverfügbarkeit kontinuierlich gestiegen. Während Anfang 2013 nur 5 % aller Elektro-Fahrzeuge über einen Plug-in-Hybridantrieb verfügten, weist der Bestand am 01.01.2018 sowie am 01.01.2019 jeweils einen Plug-in-Hybrid-Anteil von 45 % auf (vgl. Bild 9).

⁸ Laut KBA findet sich dieses Verhältnis auch bei den Neuzulassungen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor wieder (2018: 36,4 % privat versus 63,6 % gewerblich).



In der ersten Hälfte des Jahres 2019 ist der Anteil Plug-in-Hybride an den Neuzulassungen jedoch deutlich zurückgegangen und lag im Mittel bei nur noch 35 %. Er stieg aber gegen Ende 2019 wieder an und lag im Oktober und November 2019 bei 58 %, im Dezember 2019 bei 49 %. Besonders hohe Steigerungen der Neuzulassungen können für die Plug-in-Hybride der Mercedes E- und C-Klasse, von Porsche Cayenne und 3er BMW festgestellt werden. Hier wirkt sich möglicherweise mit Zeitverzug die Anfang 2019 eingeführte geringere Dienstwagenbesteuerung von Elektrofahrzeugen (einschließlich Plug-in-Hybride) aus. Die Nachfrage nach Plug-in-Hybriden stieg dementsprechend. Die Fahrzeughersteller mussten jedoch gleichzeitig den Nachweis der CO₂-Emissionen auf das WLTP-Messverfahren umstellen. Dies verzögerte sich, sodass die PHEV-Modelle zeitweise nicht verfügbar waren. Erst im Herbst 2019 konnten viele Plug-in-Hybride wieder ausgeliefert werden. Dies erklärt die oben genannten Schwankungen der PHEV-Anteile im Verlauf des Jahres 2019.

Bild 8: Neuzulassungen Elektro-Pkw (privat/gewerblich) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2020)

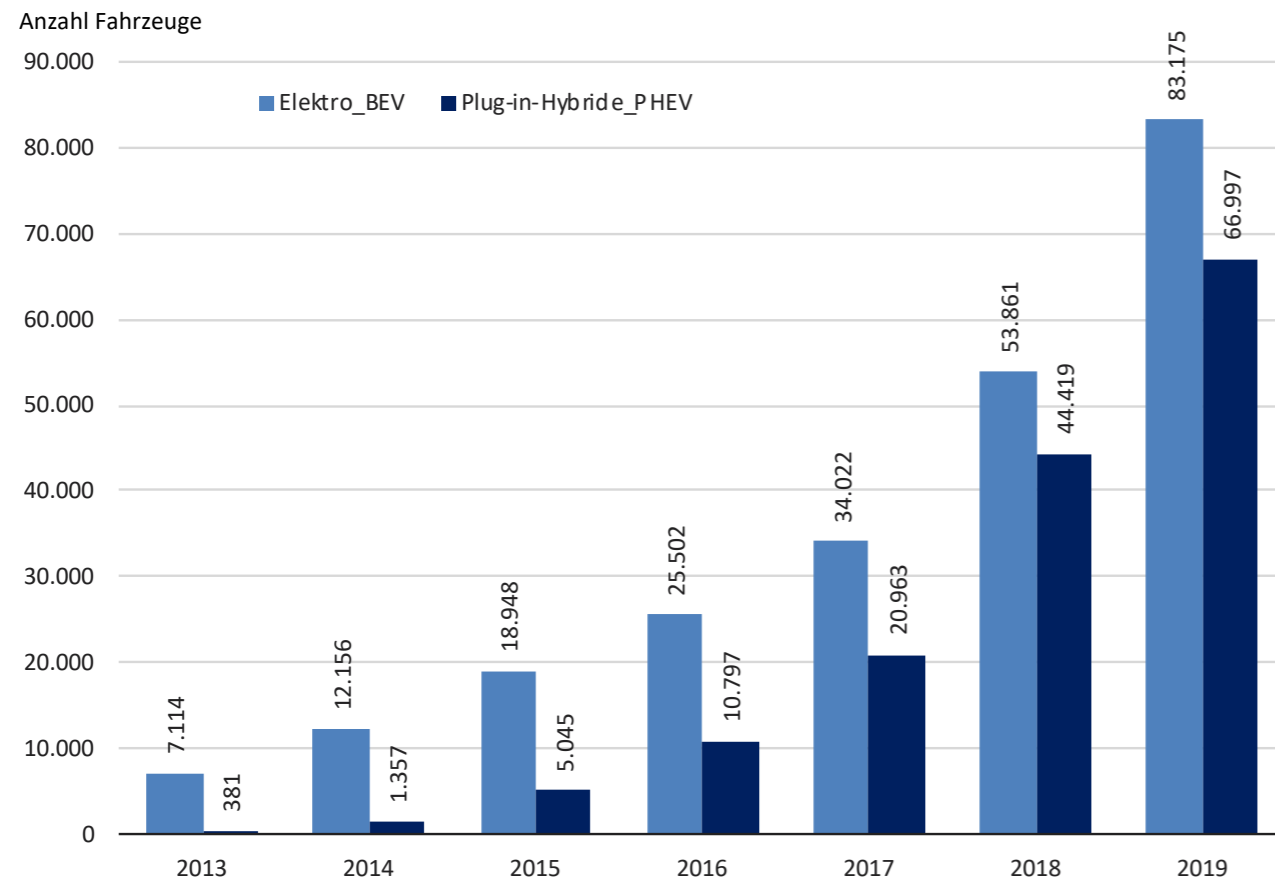
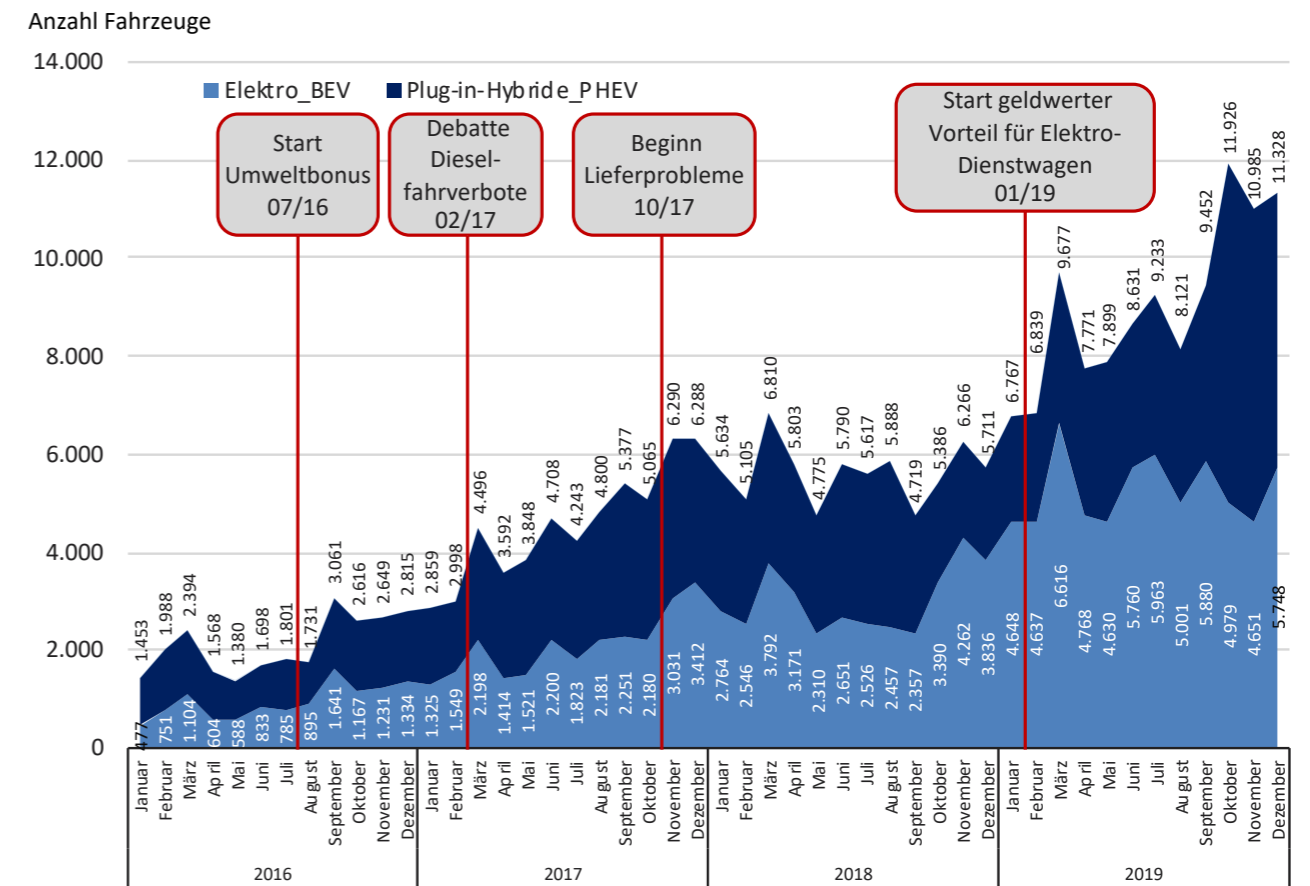


Bild 9:
Bestand BEV und PHEV (Pkw) (Quelle:
eigene Darstellung, Datengrundlage:
Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2019)

Förderung, Fahrverbote und Fahrzeugverfügbarkeit haben einen statistisch nachweisbaren Einfluss auf den Markthochlauf batterieelektrischer Fahrzeuge.

Die Neuzulassungen von E-Fahrzeugen in Deutschland zeigen eine deutliche Dynamik. Während die Neuzulassungen von 2015 bis Mitte 2016 bei etwa 2.000 Fahrzeugen pro Monat lagen, stiegen sie bis Ende 2017 auf über 6.000 E-Fahrzeuge pro Monat. Nach einer Stagnation im Jahr 2018 ist 2019 wieder ein deutlicher Anstieg zu erkennen. Im Oktober 2019 stiegen die Neuzulassungszahlen erstmals auf über 12.000 E-Fahrzeuge pro Monat.

Einflüsse auf die Marktentwicklung lassen sich durch statistische Analysen identifizieren. Bei Analyse der Neuzulassungszahlen zeigt sich, dass sich bestimmte Strukturbrüche in der Entwicklung der Zulassungszahlen nachweisen lassen. Ein Strukturbruch tritt in einer statistischen Zeitreihe auf, wenn die Modellparameter nicht über die gesamte Zeitreihe hinweg konstant sind. Nach Bereinigung der Daten um saisonale Einflüsse und um einen zu erkennenden stochastischen Trend kann die Zeitreihe durch eine Regressionsanalyse an den Bruchdaten in verschiedene Phasen unterteilt werden. Jede Phase verfügt über ihre eigenen Parameter. Die derzeit nachweisbaren Strukturbrüche in den Neuzulassungen von Elektro-Pkw zeigt Bild 10. Den Strukturbrüchen lassen sich bestimmte Ereignisse zuordnen.



Der erste Strukturbruch im Verlauf der Neuzulassungen ist Mitte 2016 zu erkennen. Nach zuvor nahezu konstanten Neuzulassungszahlen stiegen die Neuzulassungen mit Einführung des Umweltbonus deutlich an. Die Debatte über drohende Dieselfahrverbote Anfang 2017 scheint einen weiteren starken Schub ausgelöst zu haben, der bis November 2017 anhält. Aufgrund von Lieferproblemen vieler Fahrzeughersteller stagnierten die Neuzulassungszahlen in 2018. Erst Anfang 2019 ist wieder eine deutliche Steigerung der Neuzulassungen zu erkennen. Zu diesem Zeitpunkt ist der geldwerte Vorteil für Elektro-Dienstwagen eingeführt worden. Unterstützend wirkt hier vermutlich auch die Einführung neuer oder weiterentwickelter Fahrzeugmodelle. In allen Fällen handelt es sich vorstehend um Erklärungsversuche der statistisch nachweisbaren Strukturbrücke, nicht jedoch um empirisch belegte kausale Zusammenhänge.

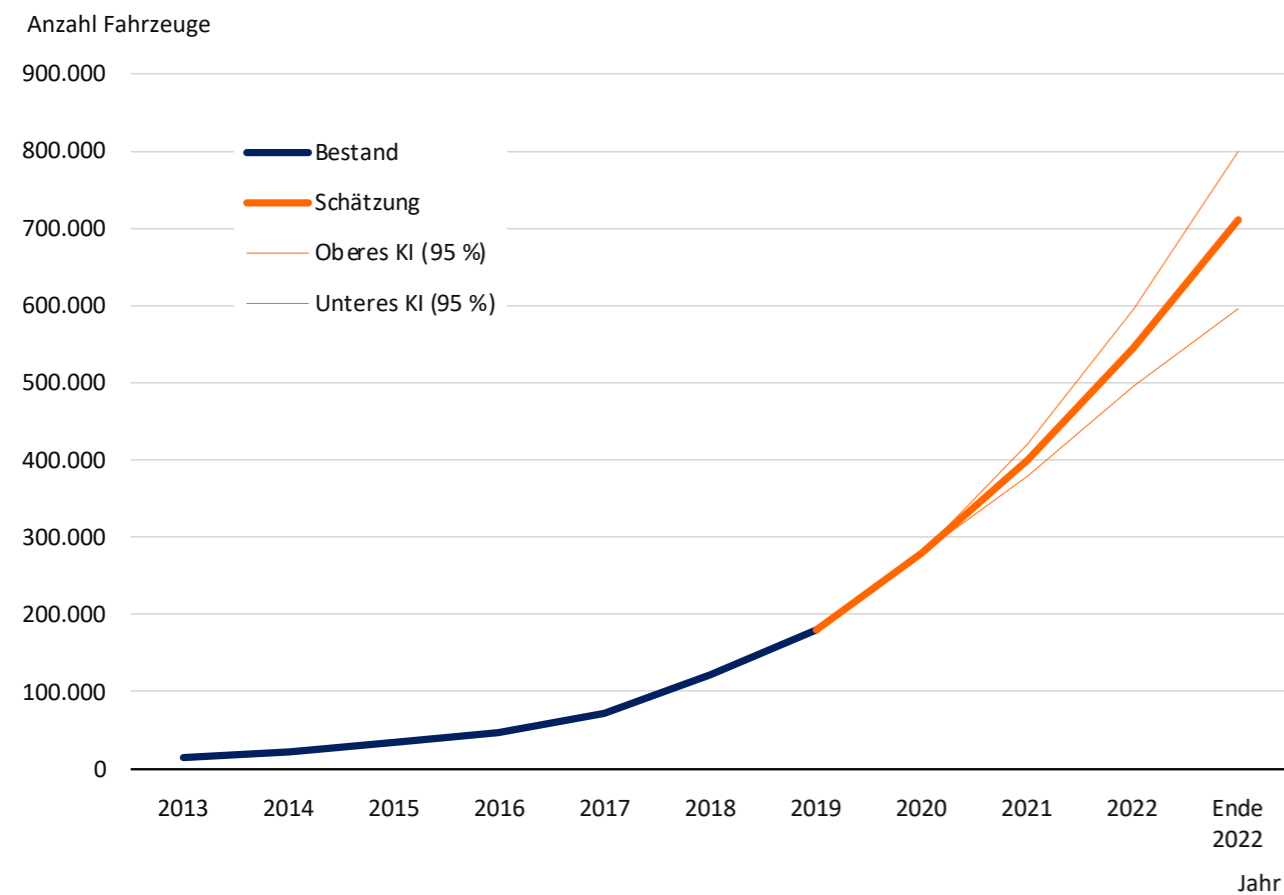
Bild 10:
Strukturbrüche in den Neuzulassungen
von Elektro-Pkw (BEV und PHEV, Stand
Januar 2020 (Quelle: eigene Darstellung,
Datengrundlage: Kraftfahrt-Bun-
desamt Flensburg, 2020)

Prognosen lassen einen deutlichen Zuwachs an Elektrofahrzeugen in den nächsten Jahren erwarten.

Durch Prognoseberechnungen kann ein Erwartungswert für die Neuzulassungs- und Bestandszahlen der nächsten Jahre bestimmt werden. Die Berechnung hier beruht auf einer Zeitreihenanalyse zur kurzfristigen Prognose aus periodischen Vergangenheitsdaten. Dabei wird davon ausgegangen, dass der aktuelle Wert immer auch von den Werten der Vergangenheit beeinflusst wird. Neuere Werte erhalten jedoch ein höheres Gewicht bei der Prognose. Zukünftige Ereignisse werden bei dieser Art der Prognose nicht berücksichtigt.

Die statistische Analyse der Neuzulassungen (alle E-Fahrzeuge) lässt für 2020 einen Zuwachs von im Mittel mehr als 13.000 Fahrzeugen pro Monat erwarten. Unter der Annahme der üblichen 20 % Um- und Abmeldungen pro Jahr wären Ende 2020 etwa 400.000 Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen (vgl. Bild 11), davon 240.000 rein elektrisch angetriebene Pkw. Bei gleichbleibender Entwicklung könnte der Bestand Ende 2022 nach diesen Berechnungen bei über 700.000 Elektrofahrzeugen in Deutschland liegen, davon 420.000 rein elektrisch angetriebene Pkw.

Bild 11:
Prognose der Entwicklung des Fahrzeugbestands der Elektrofahrzeuge in Deutschland (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2020, Stand Januar 2020)



Der Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) erwartet bereits bis Ende 2022 insgesamt eine Millionen Elektrofahrzeuge für Deutschland. Diese Prognose geht unter anderem von einer Steigerung des Fahrzeugangebotes in allen Segmenten, erhöhten Reichweiten, der Inanspruchnahme des Umweltbonus, steuerlichen Unterstützungsmaßnahmen und von einem deutlich wahrnehmbaren Ausbau von Ladeinfrastruktur aus.

Wiederholten Ankündigungen deutscher und internationaler Automobilhersteller ist zu entnehmen, dass ab 2020 tatsächlich eine deutlich breitere Angebotspalette von Elektrofahrzeugen mit überwiegend deutlich höheren Reichweiten sowie mit Kauf- oder Leasingpreisen, die sich an denen vergleichbarer Verbrenner orientieren, zu erwarten ist. Zudem hat die Bundesregierung im Rahmen ihres Klimaschutzprogramms 2030 zahlreiche Fördermaßnahmen zur Elektromobilität beschlossen.

Die erwartete Fahrzeugverfügbarkeit und die neuen finanzstarken Förderprogramme können dazu führen, dass die ZDM-Prognose auf der Basis von Vergangenheitsdaten übertroffen wird und sich den Vorhersagen der NPE annähert. Ein Indiz hierfür können die Neuzulassungszahlen von Batterie- und Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeugen im Januar 2020 sein. Mit über 16.000 neu zugelassenen E-Pkw liegen diese deutlich über dem im Prognosemodell im Mittel angenommenen Wert von 13.000 Fahrzeugen für 2020. Und dies, obwohl über die Erhöhung des Umweltbonus noch Unklarheit bestand.

2.2 Entwicklung Marktsituation Elektrofahrzeuge

Die Modellpalette der Elektrofahrzeuge hat sich schon in den letzten Jahren deutlich vergrößert.

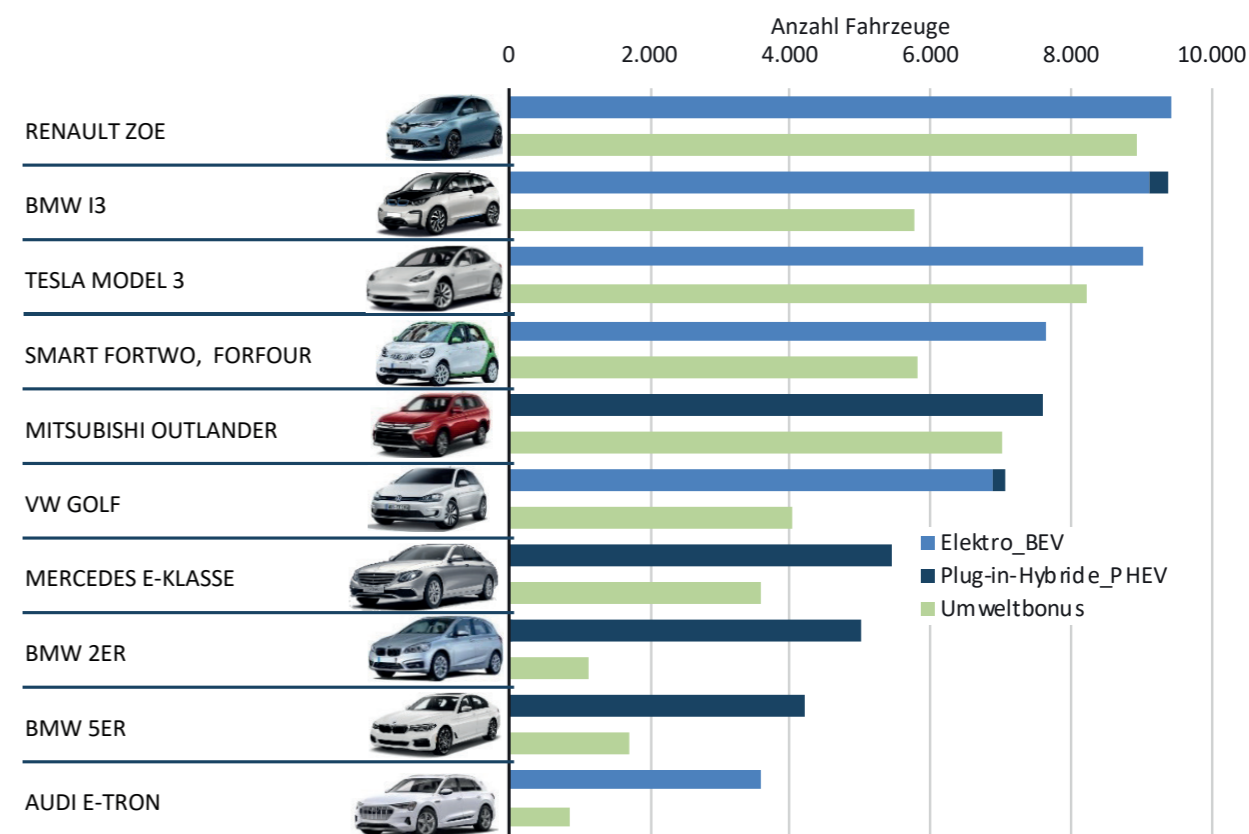
Im Jahr 2016 wurden 15 unterschiedliche E-Fahrzeugmodelle mit einer Stückzahl von jeweils über 500 Fahrzeugen neu zugelassen. Dabei konnten vom Mini bis zur Oberklasse bereits alle Pkw-Segmente im Prinzip bedient werden. 2019 stieg die Zahl der neu zugelassenen E-Fahrzeug-Modelle mit einer Stückzahl von über 500 Fahrzeugen bereits auf 29 Modelle. Die Modellpalette hat sich somit in den letzten Jahren deutlich vergrößert. Die Ankündigungen namhafter Fahrzeughersteller lassen perspektivisch eine noch größere Auswahl erwarten.

Neben der Anzahl der im Jahr 2019 verfügbaren Fahrzeugmodelle ist in den letzten Jahren besonders die Batteriekapazität und somit auch die Reichweite der rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge deutlich gestiegen. Während beispielsweise der Renault ZOE im Jahr 2016 mit einer Batteriekapazität von 22 kWh beziehungsweise 23,3 kWh verfügbar war, stand ab 2017 eine Batteriekapazität von 41 kWh zur Verfügung. Die Reichweite nach NEFZ stieg dabei von 240 km auf 370 km. Seit September 2019 steht ein ZOE bereit, der eine Batteriekapazität von 50 kWh aufweist. Im Gegensatz zu den früheren Modellen kann dieses Modell an DC-Säulen geladen werden.

Der Umweltbonus wird bei den zehn meistverkauften Elektrofahrzeugmodellen überwiegend stark in Anspruch genommen.

Die zehn im Jahr 2019 meistverkauften Elektrofahrzeugmodelle decken verschiedene Fahrzeugsegmente ab (vgl. Bild 12). Diese reichen von Mini/Kleinstwagen (Smart fortwo) über Mittelklassefahrzeuge (Tesla Model 3, BMW 5er) bis zum SUV (Mitsubishi Outlander, Audi e-tron). Die Leistungs-, Ausstattungs- und Preisunterschiede sind dementsprechend erheblich. Die Batteriekapazität der rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge weist mit 18 kWh bis 95 kWh eine hohe Spannweite auf und ermöglicht damit maximale Reichweiten von 140 km (18 kWh) bis 400 km (95 kWh). Die Preise der Fahrzeuge beginnen in der Serienausstattung bei rund 20.000 EUR und steigen bis auf über 80.000 EUR. Maßgeblicher preisbestimmender Faktor ist dabei die Batteriegröße.

Für alle im Jahr 2019 meistverkauften Elektrofahrzeugmodelle konnte beim Kauf der Umweltbonus¹⁰ in Anspruch genommen werden. Die Förderung beträgt zurzeit (2019) 4.000 EUR für einen BEV und 3.000 EUR für einen PHEV.



Aus Bild 12 wird deutlich, dass der Umweltbonus nicht für alle Neuzulassungen genutzt wurde. Besonders auffällig ist hier der e-Golf, bei dem der Umweltbonus für nur etwa die Hälfte der Neuzulassungen in Anspruch genommen wurde. Noch deutlicher ist der Unterschied beim BMW 225xe. Hier wurde der Umweltbonus nur bei etwa 10 % der Käufe genutzt. Ein Grund könnte sein, dass diese beiden Fahrzeugmodelle häufig von Kommunen oder öffentlichen Einrichtungen beschafft werden, die beide vom Umweltbonus ausgeschlossen sind. Ebenfalls ausgeschlossen sind Automobilhersteller und deren Tochtergesellschaften, wie zum Beispiel Carsharing-Unternehmen, die diese Fahrzeugmodelle anbieten. Auch für den Audi e-tron wurden nur wenige Anträge auf Umweltbonus gestellt. Grund hierfür ist, dass das Fahrzeug nur in der kleinsten Ausstattungsvariante förderfähig ist. Die deutlich beliebtere Variante mit mehr Leistung und Reichweite ist mit einem Kaufpreis von etwa 80.000 EUR nicht mehr förderfähig.

Die Hälfte der beliebtesten Elektrofahrzeugmodelle in 2019 verfügt über einen Hybridantrieb. Die elektrische Reichweite der Plug-in-Hybride liegt bei 45–60 km. Die Preise der Fahrzeuge in Serienausstattung schwanken zwischen 37.000 EUR und 80.000 EUR.

Bild 12: Anzahl Neuzulassungen und Anträge auf Umweltbonus im Zeitraum Januar bis Dezember 2019 (BEV und PHEV) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2020)

⁹ Neuer Europäischer Fahrzyklus

¹⁰ 2019 wurde eine Erhöhung des Umweltbonus beschlossen, die 2020 umgesetzt werden soll (siehe Kapitel 5).

Der Zweitmarkt von Elektrofahrzeugen gewinnt an Bedeutung, weist aber noch nicht die Dynamik des Neumarkts auf.

Der Zweitmarkt von Elektrofahrzeugen läuft mit Verzögerung im Vergleich zum Neuwagenmarkt an (vgl. Bild 13). Ein Vergleich von E-Fahrzeugen und Verbrennern zeigt für Verbrenner seit 2015 konstant etwas mehr als doppelt so viele Ummeldungen wie Neuzulassungen (vgl. Bild 14). Für E-Fahrzeuge liegt die Zahl der Ummeldungen derzeit hingegen noch bei weniger als einem Viertel der Neuzulassungen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich das Volumen des Zweitmarkts für E-Fahrzeuge deutlich nach oben entwickeln wird. Hintergründe für diese Vermutung sind:

- Der Zweitmarkt ist im Hochlauf vom Neumarkt abhängig. Die Neumarktprognosen sind positiv. Neue Modelle und PR-Offensiven haben auch Auswirkungen auf Kaufentscheidungen im Zweitmarkt.
- Der Erstmarkt ist geprägt durch gewerblich genutzte Fahrzeuge, die oftmals bereits nach kurzer Nutzung auf dem Zweitmarkt weiterverkauft werden.
- Mit den Privatkunden ist die Gruppe potenzieller Käufer von E-Fahrzeugen im Zweitmarkt größer als im Neumarkt. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die höheren Anschaffungspreise von neuen E-Fahrzeugen.

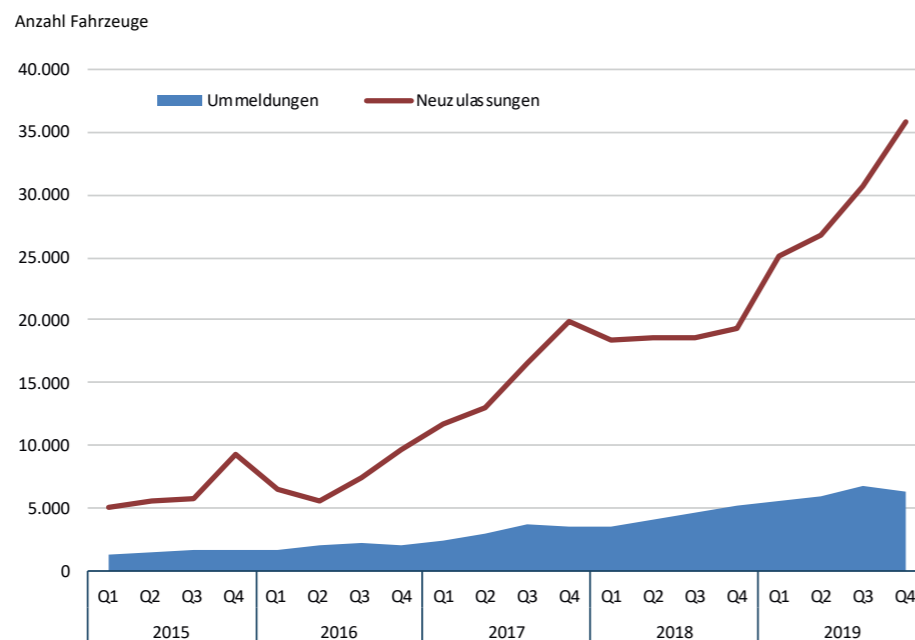


Bild 13:
Neuzulassungen und Ummeldungen von E-Pkw (BEV + PHEV) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2020)

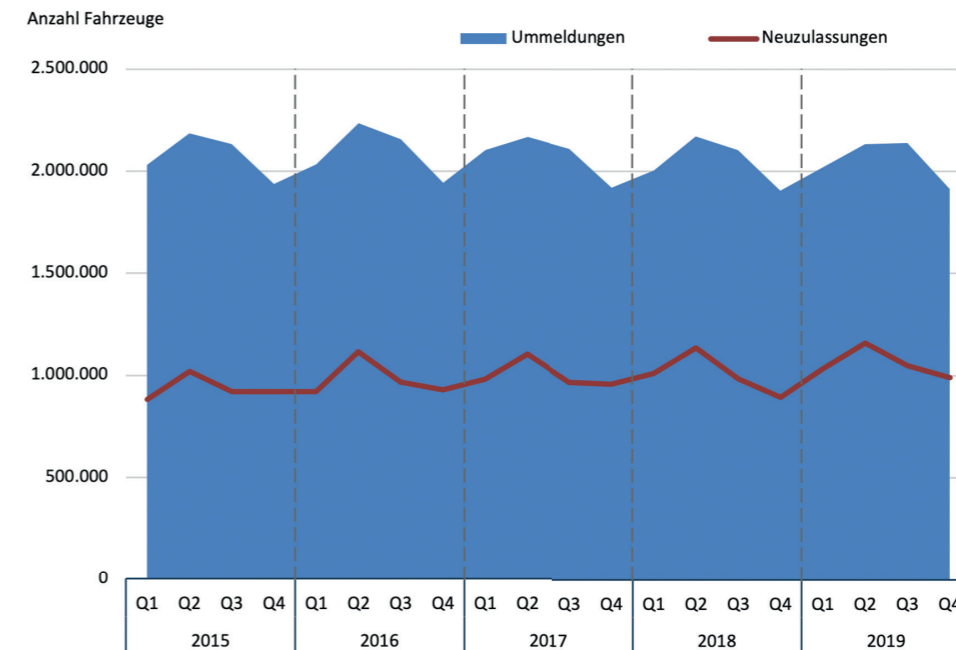


Bild 14:
Neuzulassungen und Ummeldungen von Pkw (Verbrenner) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, 2020)

2.3 Ladeinfrastruktur

Die aktuellen Förderprogramme haben die Anzahl öffentlicher Ladestationen deutlich angehoben.

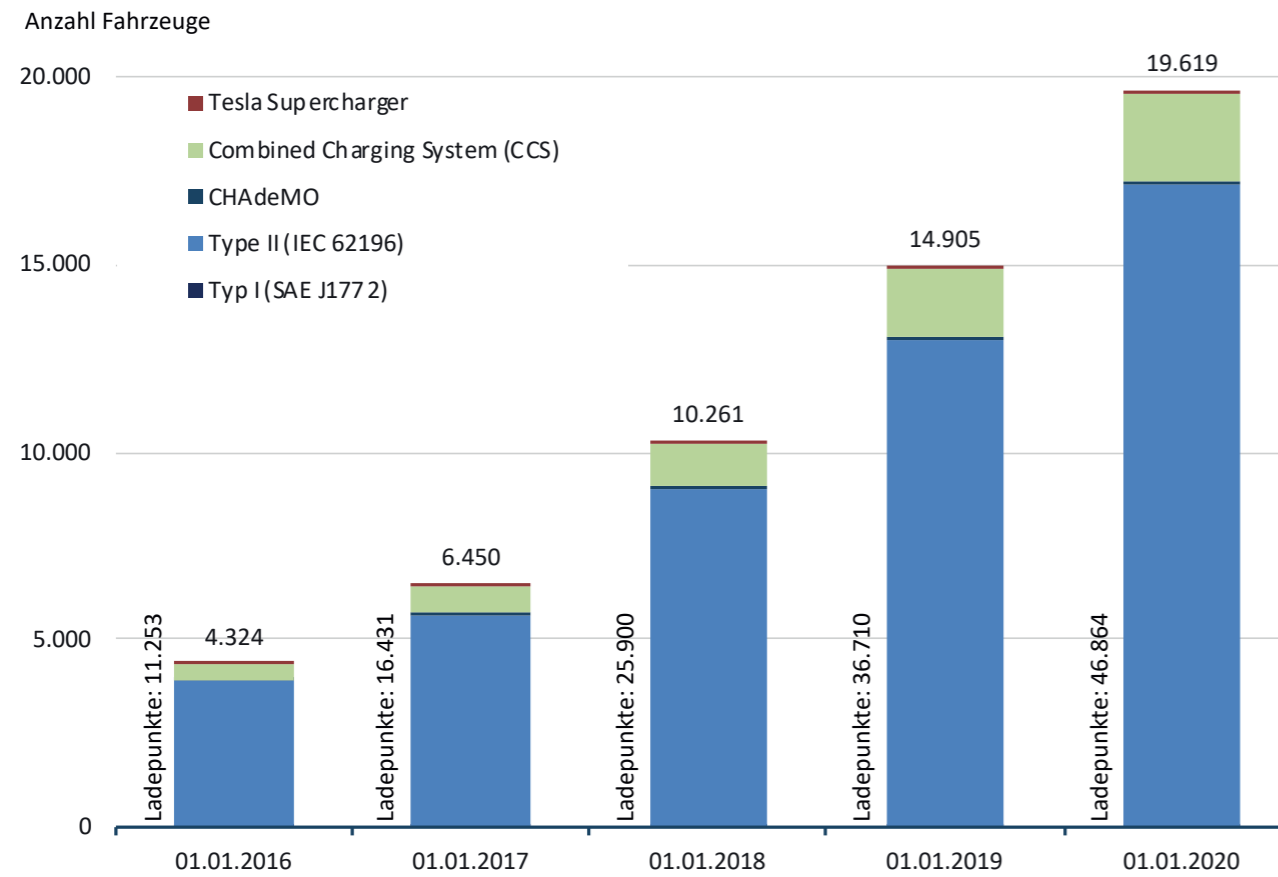
Die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur in Deutschland wird kontinuierlich ausgebaut. Entsprechend hat sich die Anzahl öffentlich zugänglicher Ladestationen seit 2016 etwa verfünffacht.

Die Bundesnetzagentur (BNetzA) weist aktuell 11.607 Ladesäulen mit 22.780 Ladepunkten aus (Stand: 14.01.2020). Die BNetzA ist seit Inkrafttreten der Ladesäulenverordnung (LSV) im März 2016 die zentrale Meldestelle für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur in Deutschland. Laut BNetzA gibt es aktuell 20.080 öffentlich zugängliche Normalladepunkte mit bis zu 22 kW Ladeleistung und 2.700 öffentlich zugängliche Schnellladepunkte mit über 22 kW Ladeleistung (Stand 14.01.2020). Die BNetzA weist alle Ladesäulen aus, die von den Betreibern auf Basis des verpflichtenden Anzeigeverfahrens gemäß LSV gemeldet wurden.¹¹

¹¹ Bei der öffentlichen Version der Ladesäulenkarte und dem Ladesäulenregister der BNetzA werden nur die öffentlichen Ladepunkte berücksichtigt, deren Veröffentlichung die Betreiber zugestimmt haben und die die technischen Mindestanforderungen der LSV einhalten (vgl. www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte_node.html). Zudem sind Normalladepunkte, die vor dem 17. März 2016 aufgebaut wurden, nicht von der Anzeigepflicht betroffen. Weil die LSV somit keine lückenlose Meldung der gesamten deutschen Ladeinfrastruktur vorschreibt oder Betreiber für einige Standorte der Veröffentlichung im Internet nicht zugestimmt haben, ist die Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladesäulen in Deutschland tatsächlich höher als die durch die Bundesnetzagentur veröffentlichte Anzahl.

Im Rahmen des ZDM werden auch Standortdaten erfasst, die über den Datenbestand der BNetzA hinausgehen. Die amtlichen Zahlen der BNetzA sind in den vom ZDM recherchierten Zahlen enthalten. Bei Berücksichtigung der Standortdaten von den Internetportalen Lemnet und goingelectric, auf denen Nutzer weitere Ladesäulen melden können, gibt es zurzeit über 19.000 öffentlich zugängliche Ladestationen mit 46.000 Ladepunkten (vgl. Bild 15, Stand: 01.01.2020). Die meisten Ladestationen bieten laut ZDM-Erhebung derzeit nur AC-Laden an (meist Typ II mit einer Ladeleistung von bis zu 44 kWh). Nur rund 12 % der Ladestationen sind mit einer DC-Ladeoption ausgestattet (CCS oder CHAdeMO). Die ZDM-Erhebung zeigt aber, dass die Anzahl Ladestationen mit DC-Ladeoption seit Anfang 2016 von etwa 400 auf über 2.400 angestiegen ist.

Bild 15:
Bestand öffentlicher Ladesäulen in
Deutschland (Quelle: eigene Darstel-
lung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom
01.01.2020)



Ladeinfrastruktur ist aktuell vorwiegend in Ballungsräumen zu finden.

Am 01.01.2016 verfügten nur rund 30 % aller Kreise/kreisfreien Städte in Deutschland über zehn oder mehr öffentliche Ladestationen. Nur drei Jahre später, am 01.01.2019, standen in über 90 % aller Kreise/kreisfreien Städte mindestens zehn öffentliche Ladestationen zur Verfügung. Über besonders viele Ladestationen, absolut gesehen, verfügen die drei größten Städte Deutschlands: Berlin (607 Ladestationen), Hamburg (401 Ladestationen) und München (318 Ladestationen). Köln als viertgrößte Stadt in Deutschland verfügt hingegen nur über 76 Ladestationen (vgl. Bild 16). Ähnlich wie bei den Fahrzeugen ist auch hier eine Entwicklung von den Metropolen in die Fläche zu erkennen. Mit Ausnahme einiger ländlicher Gebiete ist mittlerweile eine nahezu flächendeckende Verfügbarkeit von zumindest AC-Ladeinfrastruktur in Deutschland zu erkennen.

Die Existenz von öffentlicher Ladeinfrastruktur ist für die weitere Verbreitung der Elektromobilität sehr wichtig. Noch entscheidender wird zukünftig aber das Verhältnis von Elektrofahrzeugen zu Ladestationen sein. Aus der Verschneidung der Fahrzeug- und Infrastrukturbestandszahlen ergibt sich das Versorgungsverhältnis von Fahrzeug zu Ladeinfrastruktur je Zulassungsbezirk (vgl. Bild 17). Das Versorgungsverhältnis gibt an, wie viele E-Pkw sich rechnerisch eine öffentlich zugängliche Ladestation teilen müssen.

Auf Ebene der Zulassungsbezirke wird deutlich, dass Anfang 2019 im Mittel für acht E-Pkw eine öffentlich zugängliche Ladestation zur Verfügung stand. Dabei ist das Verhältnis von Fahrzeugen zu Ladeinfrastruktur seit Anfang 2016 deutschlandweit nahezu konstant. Regionale Verschiebungen im Verlauf der Jahre 2016 bis 2019 in Richtung auf eine deutschlandweit einheitlichere Verteilung sind in Bild 17 aber zu erkennen. Die vormals schlecht versorgten Kreise mit 40 E-Pkw oder mehr je Ladesäule (hellblau) sind zahlenmäßig zurückgegangen. Bei einigen vormals gut versorgten Kreisen (rot) ist jedoch das Verhältnis aufgrund der deutlich stärker angewachsenen Anzahl E-Pkw etwas schlechter geworden.

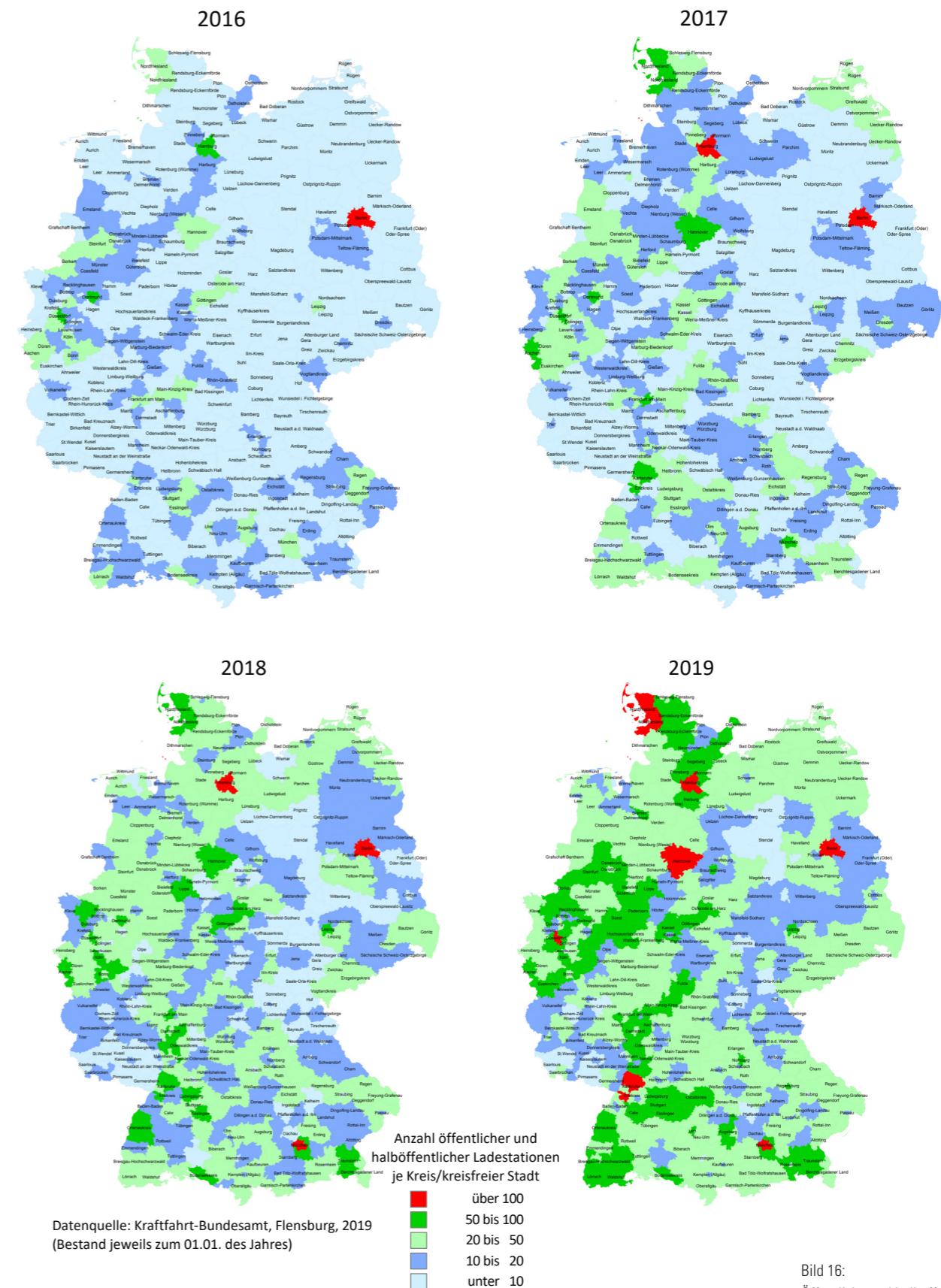


Bild 16: Öffentliche und halböffentliche Ladestationen in Deutschland je Kreis/kreisfreier Stadt (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

Während die Versorgung mit Ladeinfrastruktur in Berlin und Hamburg nahezu dem Bundesdurchschnitt entspricht (Berlin: 1 Ladesäule je 8 E-Pkw, Hamburg: 1 Ladesäule je 10 E-Pkw), ist das Verhältnis in München und Köln deutlich ungünstiger (1 Ladesäule je 20 E-Pkw).

Die Entwicklungen lassen erkennen, dass der Ausbau von Ladeinfrastruktur und der Fahrzeughochlauf bislang nahezu parallel verliefen. Die jüngsten Beschlüsse zum Klimaschutzprogramm 2030 werden insbesondere den Ausbau der Ladeinfrastruktur beschleunigen. Fördermittel von über 3 Mrd. EUR sollen helfen, eine Million Ladepunkte bis 2030 in Deutschland verfügbar zu machen. Die NOW GmbH wurde dazu vom BMVI mit Errichtung und Betrieb der neuen Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur beauftragt. Aufgabe der Leitstelle ist es, den Ladeinfrastrukturaufbau zu koordinieren, sodass der Aufbau der Infrastruktur dem Fahrzeughochlauf vorauslaufen kann. Ein wichtiges Instrument ist dabei das eigens dafür entwickelte StandortTOOL (www.standorttool.de).

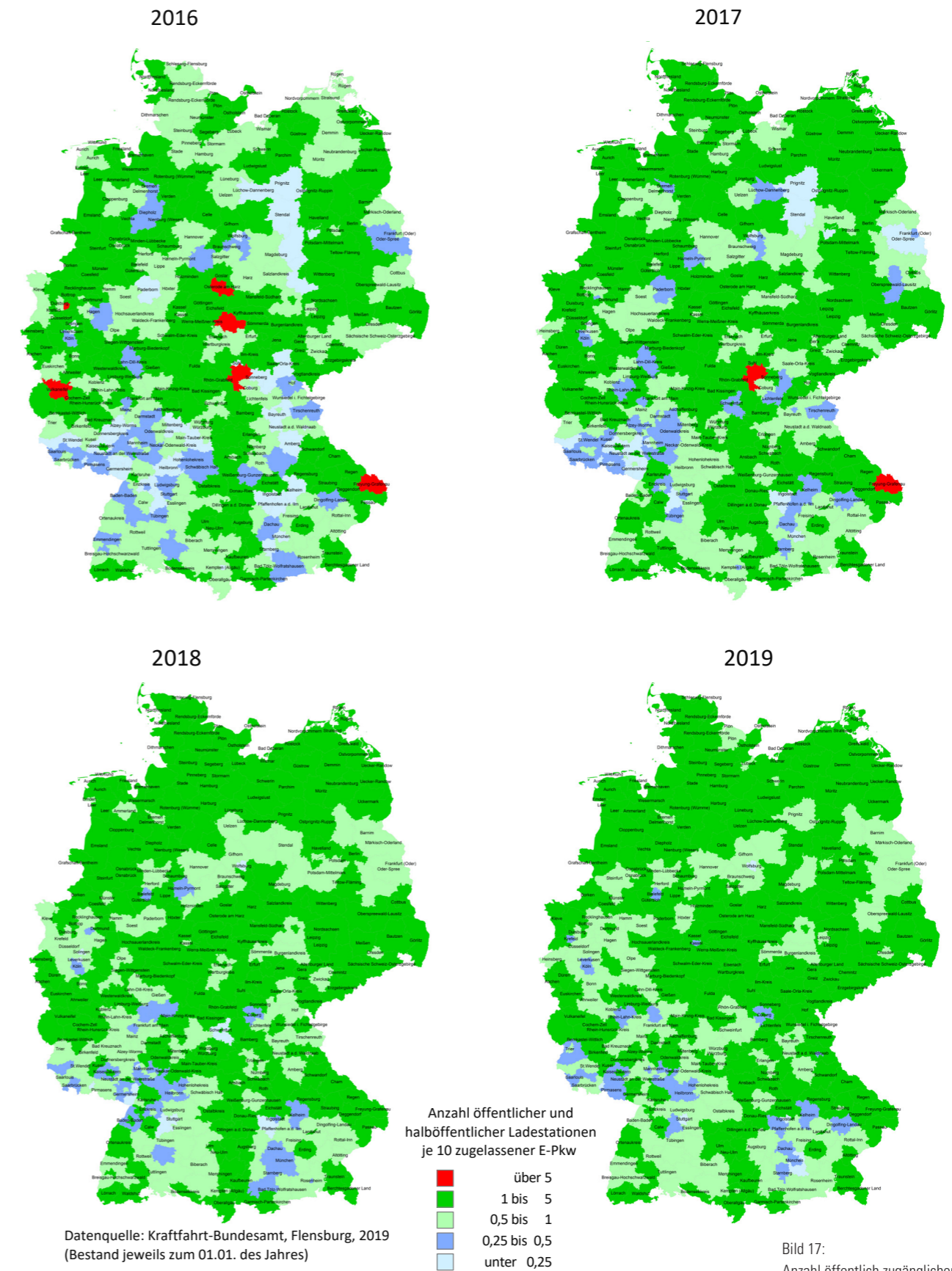


Bild 17:
Anzahl öffentlich zugänglicher Ladestationen je 10 zugelassene E-Pkw (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: Kraftfahrt-Bundesamt, BNetzA, goingelectric, lemnet.org)

3 ProgrammatISCHE ENTWICKLUNG

3.1 Modellregionen und Förderrichtlinie Elektromobilität

Ein wesentlicher Impulsgeber der in Kapitel 2 beschriebenen Marktentwicklung liegt in den Förderprogrammen des Bundes. So unterstützt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur technologieoffen und verkehrsträgerübergreifend die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung im Bereich Elektromobilität, die Beschaffung von Elektrofahrzeugen sowie den Ausbau der Ladeinfrastruktur in Deutschland. Ziel ist die Marktvorbereitung und Marktunterstützung.

Die Förderung des BMVI gliedert sich in mehrere Förderphasen. Wesentliches Ziel der ersten Förderphase „Modellregionen Elektromobilität (2010–2012)“ war es, die Bekanntheit und Akzeptanz der Elektromobilität in Deutschland voranzubringen. Aufbauend auf der ersten Phase der Modellregionen wurde der Clusteransatz in den Jahren 2012–2016 mit der „Förderrichtlinie Elektromobilität (2012–2016)“ weiterverfolgt. In den Projekten der zweiten Phase wurde das Know-how für den elektromobilen Alltag gewonnen und vor Ort angewendet. Parallel dazu wurden ressortübergreifend groß angelegte regionale Demonstrations- und Pilotvorhaben gefördert, die Schaufenster Elektromobilität.

Mit der aktuellen BMVI-Förderrichtlinie Elektromobilität vor Ort (2015–2020) und seinem kommunalen Fokus erweiterte das BMVI im Übergang von der Marktvorbereitung in den Markthochlauf den bisherigen Förderschwerpunkt Forschung und Entwicklung um die Förderung von Elektromobilitätskonzepten sowie die Förderung der Beschaffung von E-Fahrzeugen und die für den Betrieb notwendige Ladeinfrastruktur. Mit kommunalen Elektromobilitätskonzepten (sogenannte Umweltstudien) sollen Kommunen in die Lage versetzt werden, beispielsweise die Elektrifizierung des eigenen Fuhrparks, den Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur oder den Aufbau eines e-Carsharing konzeptionell vorzubereiten und so die vorhandenen Investitionsmittel im Bereich Elektromobilität gezielt und maximal nutzbringend einzusetzen. Die Beschaffungsförderung von E-Fahrzeugen und der für den Betrieb notwendigen Ladeinfrastruktur zielt auf Kommunen sowie auf kommunale und gewerbliche Unternehmen, wenn sie Teil eines kommunalen Elektromobilitätskonzeptes sind.

Die Förderrichtlinie Elektromobilität vor Ort wurde im Dezember 2017 aktualisiert und wird neben der Förderung im Standardprogramm auch im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017–2020“ für die Beschaffung von E-Fahrzeugen und betriebsnotwendiger Ladeinfrastruktur genutzt. Das Sofortprogramm unterstützt Städte, in denen die EU-Grenzwerte für Stickoxide in der Luft überschritten werden, bei der Finanzierung von Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffe.

Durch das BMVI wurde seit 2010 im Rahmen der verschiedenen Förderprogramme die Beschaffung von rund 20.600 Elektrofahrzeugen und 10.400 Ladestationen gefördert.

In der ersten Förderphase (2010–2012) wurden in den Modellregionen Elektromobilität in 70 Projekten rund 2.500 Elektrofahrzeuge und 1.100 Ladestationen mit fast 2.000 Ladepunkten gefördert (vgl. Bild 18). Die Fahrzeuge setzen sich zusammen aus 881 Pkw, 243 Nutzfahrzeugen, 59 Bussen sowie 1.293 Zweirädern und Pedelecs. Hierfür wurden Bundesmittel in Höhe von 130 Mio. EUR zur Verfügung gestellt.

In der folgenden Förderphase (2012–2016) wurden in 80 Projekten weitere rund 2.000 Elektrofahrzeuge und 1.000 Ladestationen beschafft. Neben 1.301 Pkw wurden in dieser Phase 258 Nutzfahrzeuge, 332 Zweiräder und Pedelecs, neun Busse und 18 Sonderfahrzeuge gefördert. Hierfür wurden Bundesmittel in Höhe von 140 Mio. EUR zur Verfügung gestellt (vgl. Bild 18).

In der aktuellen Förderphase (2015–2020) werden in den Beschaffungsprojekten Standard- und Sofortprogramm in 689 Projekten weitere 16.102 Elektrofahrzeuge und 8.330 Ladestationen gefördert. Die Förderung umfasst 9.808 Pkw, 5.429 leichte Nutzfahrzeuge und Lkw, 474 Sonderfahrzeuge sowie 391 Busse. Das Fördervolumen beträgt 283 Mio. EUR (vgl. Bild 18).

Bild 18:
Übersicht der Förderaktivitäten (Quelle:
eigene Darstellung, Datengrundlage:
ZDM, Stand vom 01.01.2020)

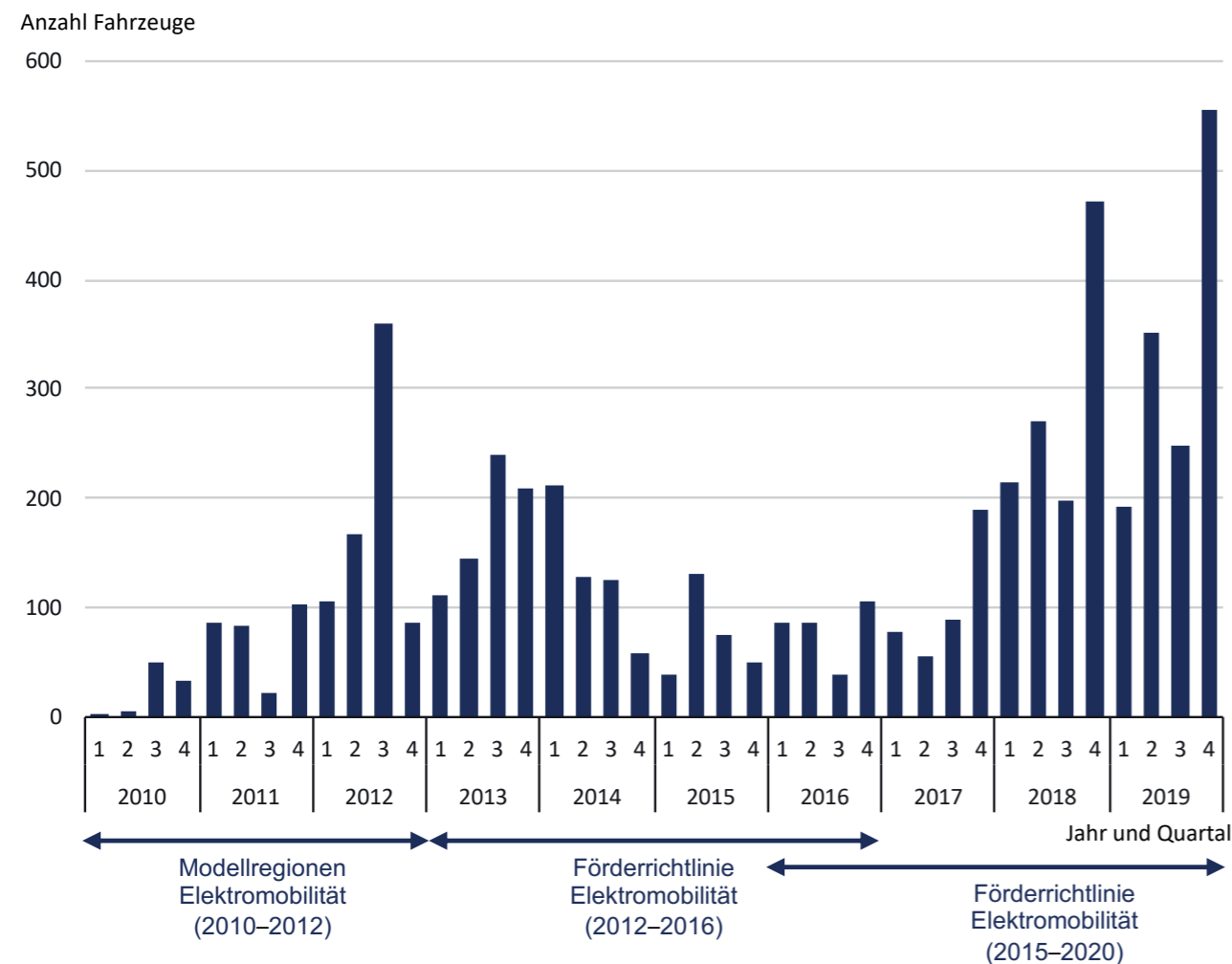
Förderphase	Anzahl Projekte	Anzahl Fahrzeuge	Anzahl LIS	Fördervolumen [€]
Modellregionen Elektromobilität (2010–2012)	70	2.476	1.100	130 Mio.
Förderrichtlinie Elektromobilität (2012–2016)	80	2.056	1.000	140 Mio.
Förderrichtlinie Elektromobilität (2015–2020)	689	16.102	8.330	283 Mio.
Gesamt	839	20.634	10.430	553 Mio.

Im Folgenden werden die Projekte aus dem Beschaffungsprogramm (aktuelle Förderphase) ausgewertet, zu denen Stammdaten vorliegen. Dies sind 467 Projekte mit insgesamt 7.890 Fahrzeugen und 3.605 Ladestationen.

Die Auswertung zeigt, dass aus der aktuellen Förderrichtlinie (2015–2020) bis Ende 2019 rund ein Drittel der Fahrzeuge, zu denen Stammdaten vorliegen, in Betrieb genommen wurde. Bis Ende 2021 sollen die übrigen bewilligten Fahrzeuge beschafft werden und damit den Einsatz von Elektrofahrzeugen in kommunalen und gewerblichen Flotten erheblich stärken.

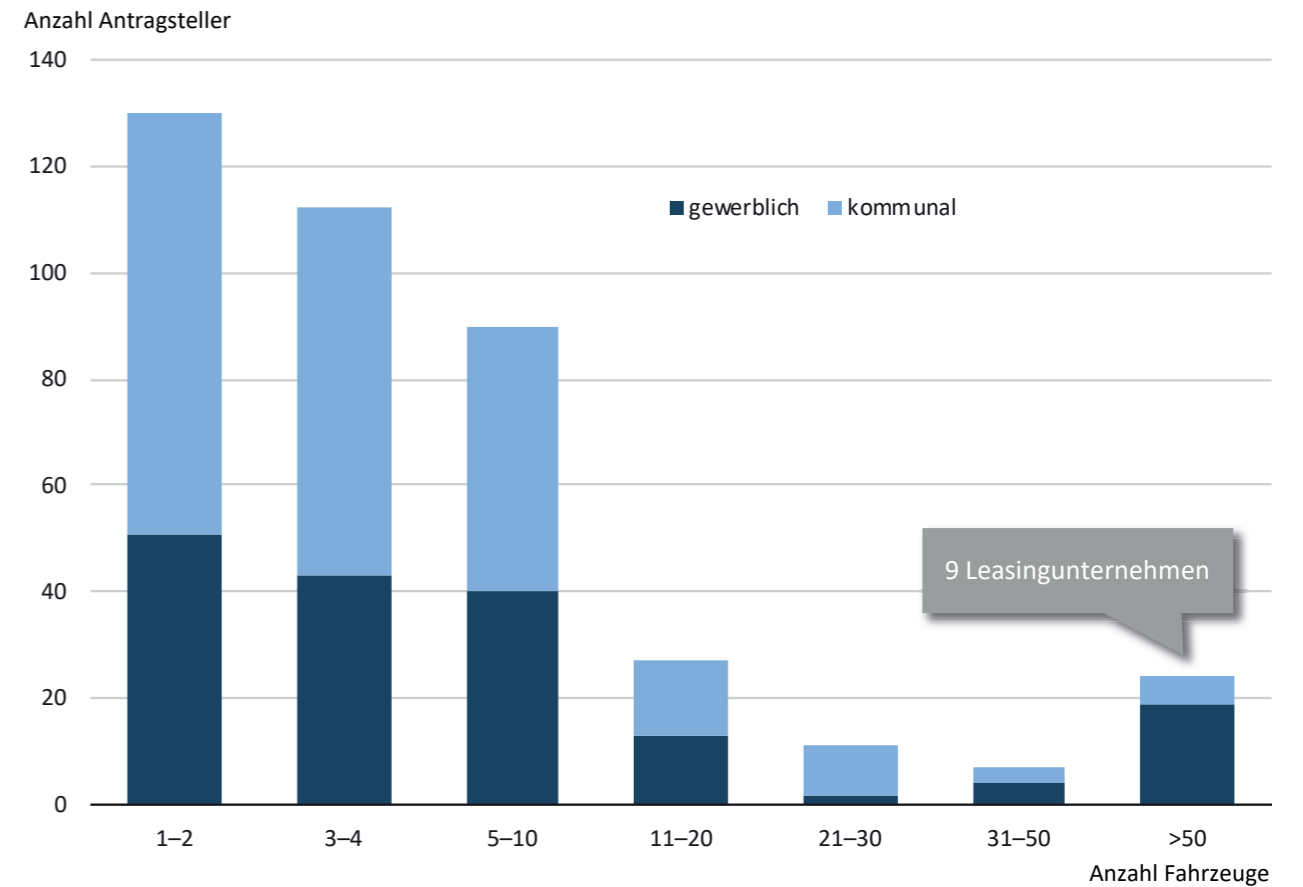
Bild 19 zeigt deutlich die Phasen der Fahrzeugbeschaffung. Ein erster Hochlauf der Fahrzeugbeschaffung ist während der beiden Förderphasen Modellregionen Elektromobilität (2010–2012) und Förderrichtlinie Elektromobilität (2012–2016) in den Jahren 2012–2014 erkennbar. Seit 2018 zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Fahrzeuginbetriebnahme aus den aktuellen Beschaffungsprojekten. Dieser Hochlauf wird sich in den Jahren 2020 und 2021 fortsetzen.

Bild 19: Zeitreihe der Fahrzeuginbetriebnahme in den Förderprogrammen (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom 01.01.2020)



Die Stammdaten zeigen, dass die im Aufbau befindlichen Elektrofahrzeugflotten (ohne Leasing) im Mittel zwölf Fahrzeuge je Antragsteller umfassen. Die mittlere Flottengröße beträgt bei kommunaler Anwendung 8,2 Fahrzeuge, bei gewerblicher Anwendung und kommunalen Unternehmen 16,6 Fahrzeuge. Ein Drittel der Antragsteller beschaffte lediglich 1–2 Fahrzeuge (vgl. Bild 20).

Bild 20: Anzahl bewilligter Fahrzeuge je Antragsteller (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom 01.01.2020)



Eine Ausnahme stellen die geförderten Leasingunternehmen dar. Hier wurden im Mittel etwa 300 Fahrzeuge je Antragsteller beantragt. Weitere Antragsteller mit großen Flotten (> 50 Fahrzeuge) sind unter anderem Autovermietungen, Pflegedienste und einzelne große Kommunen.

Sowohl im Standard- als auch im Sofortprogramm sind rund 75 % der bewilligten Elektrofahrzeuge in gewerblichen Flotten und bei kommunalen Unternehmen im Einsatz. Die übrigen 25 % E-Fahrzeuge laufen im kommunalen Betrieb.

Die differenzierte Betrachtung nach Betreibern in Bild 21 zeigt, dass ein Drittel aller Elektrofahrzeuge, zu denen Stammdaten vorliegen, von Leasingunternehmen beschafft wurden. Insgesamt haben Leasinggesellschaften fast 50 % der bewilligten E-Fahrzeuge im Förderprogramm beantragt. Eine Zuordnung der Fahrzeuge nach Endnutzern ist hier nicht möglich. Weitere 18 % der geförderten Elektrofahrzeuge wurden von Behörden oder der öffentlichen Verwaltung beschafft. Auch kirchliche/gemeinnützige Organisationen, Carsharing-Unternehmen und Stadtwerke tragen erheblich zum Aufbau von Elektrofahrzeugflotten bei.

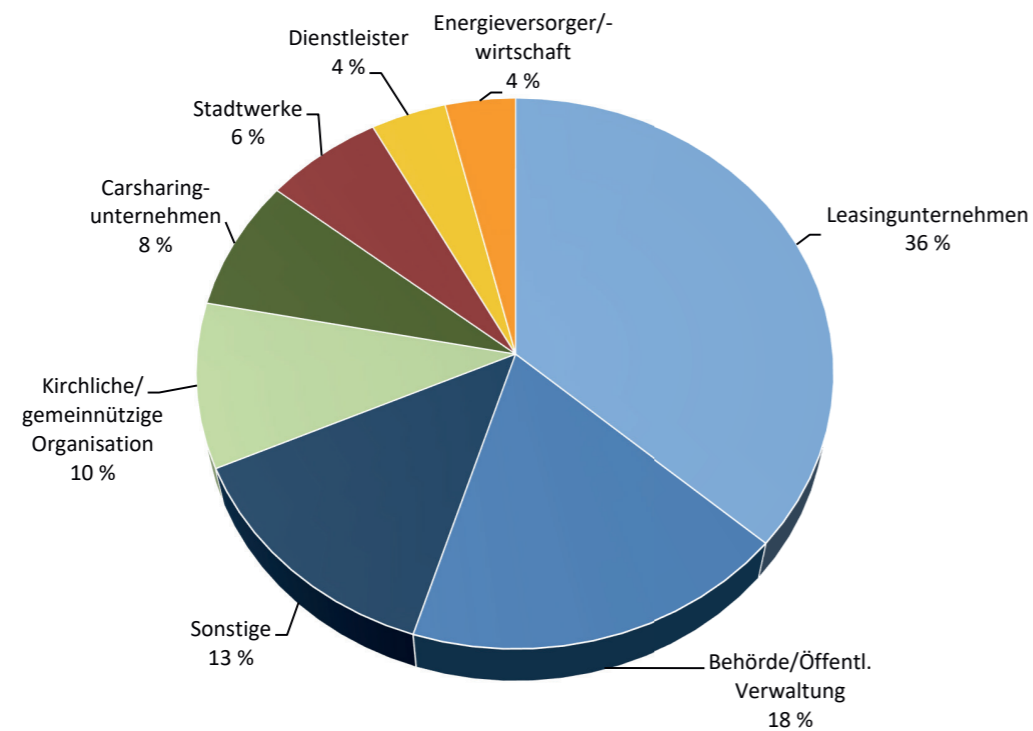


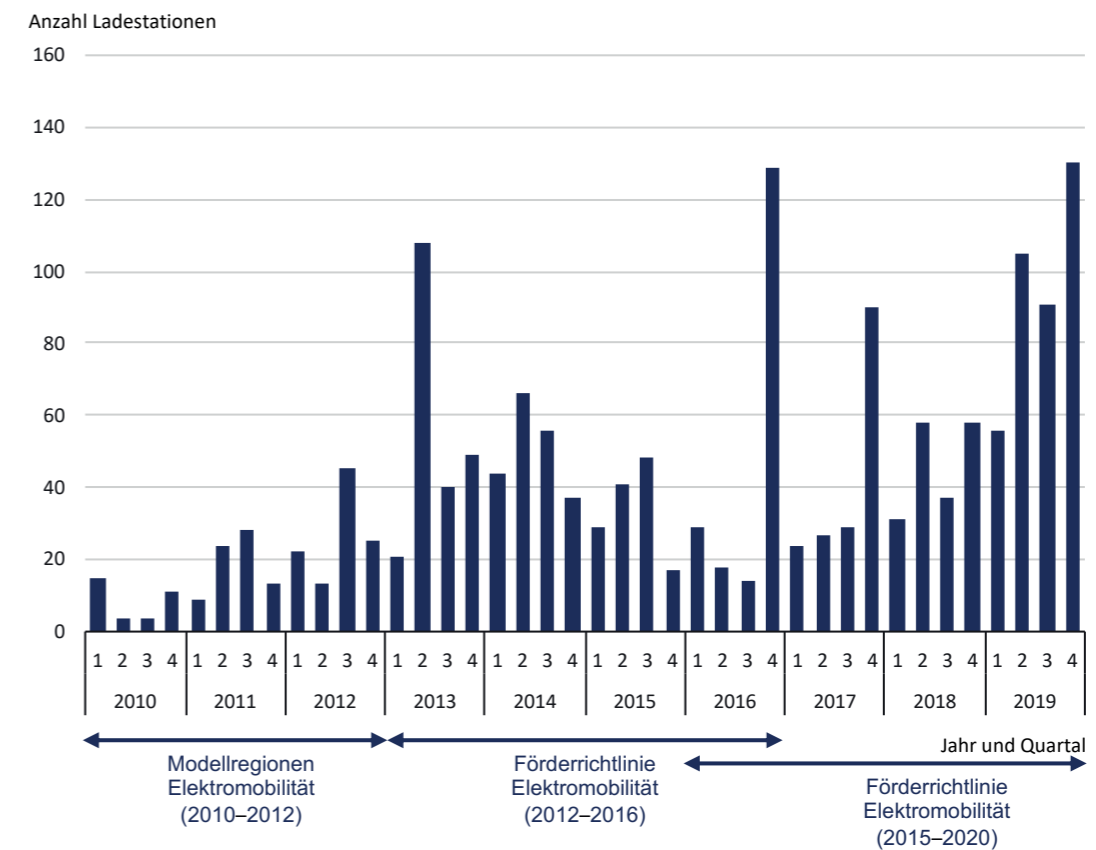
Bild 21:
Anteil bewilligter Fahrzeuge nach Betreiber (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom 01.01.2020)

Aus den Angaben der Antragsteller bei der Stammdatenabfrage wird deutlich, dass mithilfe der Förderung im Standardprogramm im Mittel 9 % der Fahrzeuge in den kommunalen Flotten durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden. Der Anteil E-Fahrzeuge ist somit deutlich erkennbar. Es verbleibt aber eine hohe Zahl an konventionellen Fahrzeugen, die in den kommunalen Flotten noch ersetzt werden könnten.

Im Rahmen der Modellregionen Elektromobilität und der aktuellen Förderrichtlinie Elektromobilität wird neben den Fahrzeugen auch die betriebsnotwendige Ladeinfrastruktur gefördert. Im Mittel wird dabei eine Ladestation für zwei E-Fahrzeuge beantragt. Ergänzend existiert seit 2017 ein eigenes Förderprogramm des BMVI zur Errichtung von öffentlicher Ladeinfrastruktur.

Sowohl in den ersten beiden Förderphasen als auch in der aktuellen Förderrichtlinie werden größtenteils AC-Ladestationen aufgebaut (4.672). Lediglich 347 (7 %) Ladestationen, zu denen detaillierte Stammdaten vorliegen, sind DC-Ladestationen. Aus den Beschaffungsprojekten wurden bis Ende 2019 rund 20 % der bewilligten Ladestationen in Betrieb genommen (vgl. Bild 22), sodass sich die 2017 beginnende Entwicklung der Inbetriebnahmezahlen in den Jahren 2020 und 2021 fortführen wird.

Bild 22:
Zeitreihe der Inbetriebnahme der Ladeinfrastruktur in den Förderprojekten (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom 01.01.2020)



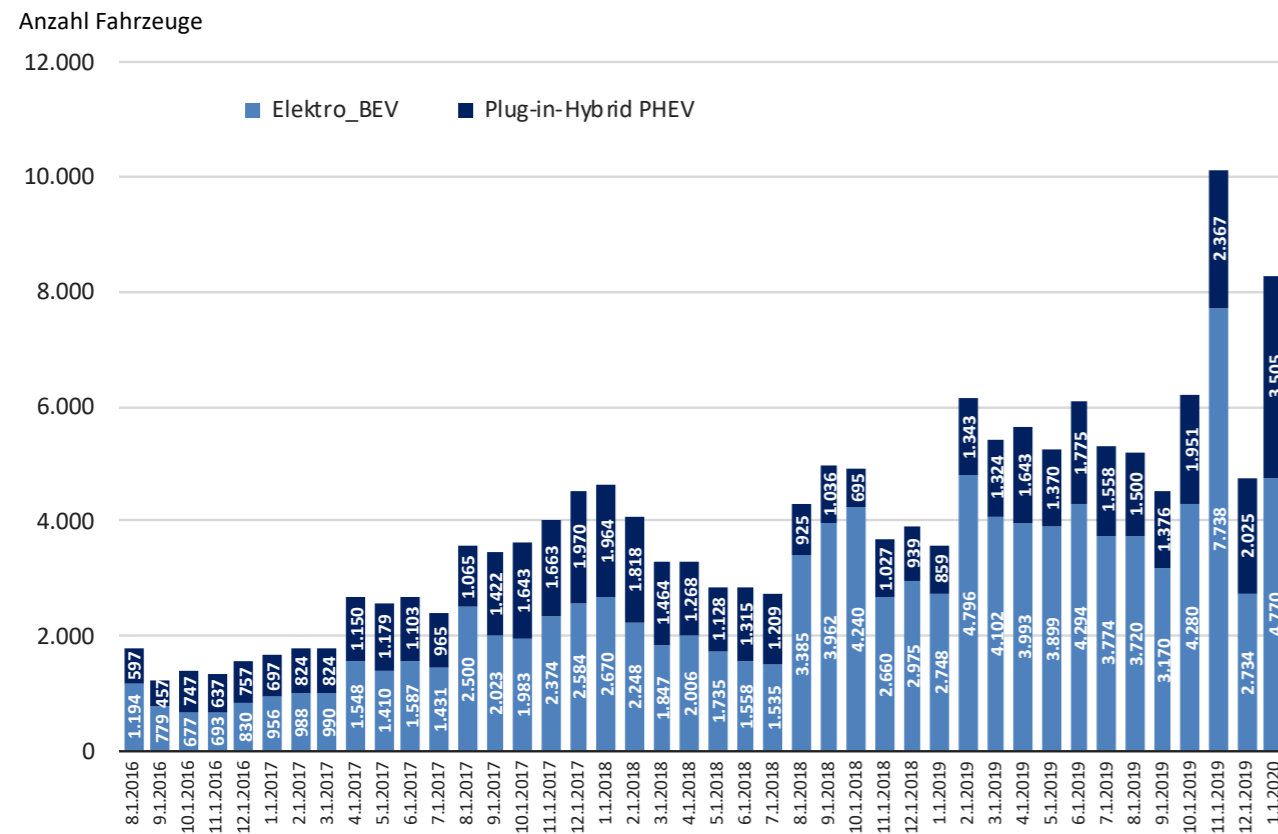
3.2 Umweltbonus

Ergänzend zum Förderprogramm des BMVI, das auf Kommunen zielt, unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) seit 2016 die Beschaffung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen bei Privatpersonen, Unternehmen, Stiftungen, Körperschaften und Vereinen über einen Umweltbonus. Bezuschusst wird der Kauf eines Elektroautos mit insgesamt 4.000 EUR, Plug-in-Hybride mit 3.000 EUR.¹² Ziel der Förderung ist es, den Absatz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen zu stärken und

¹² Der Umweltbonus soll im Laufe des Jahres 2020 für rein elektrische Pkw auf 6.000 EUR (Listenpreis unter 40.000 EUR) beziehungsweise 5.000 EUR (Listenpreis ab 40.000 EUR) erhöht werden. Bei Plug-in-Hybriden soll der Zuschuss auf 4.500 EUR (Listenpreis unter 40.000 EUR) beziehungsweise 3.750 EUR (Listenpreis ab 40.000 EUR) erhöht werden. Elektrofahrzeuge mit einem Netto-Listenpreis von über 65.000 EUR werden nicht gefördert.

damit die schnelle Verbreitung von Elektrofahrzeugen zu unterstützen. Die Anträge auf Umweltbonus für Elektrofahrzeuge nehmen seit der Einführung im Juli 2016 kontinuierlich zu. Über 100.000 Elektrofahrzeuge und über 50.000 Plug-in-Hybride wurden bis Ende 2019 mithilfe des Umweltbonus beschafft. Damit haben 69 % der ab Juli 2016 neu zugelassenen BEV und 48 % der neu zugelassenen PHEV den Umweltbonus in Anspruch genommen (vgl. Bild 23). Bei Privatfahrzeugen wurde der Umweltbonus für 82 % der Neuzulassungen beantragt, bei gewerblich genutzten Fahrzeugen waren es lediglich 49 % der Neuzulassungen. Gründe hierfür sind nicht bekannt, könnten aber darin liegen, dass einige Antragsteller, wie zum Beispiel Fahrzeughersteller und deren Tochterunternehmen, vom Umweltbonus ausgeschlossen sind. Auch Kommunen und öffentliche Einrichtungen sind nicht antragsberechtigt (vgl. Kapitel 2.3). Für Fahrzeuge mit einem Listenpreis von über 60.000 EUR kann ebenfalls kein Umweltbonus beantragt werden.

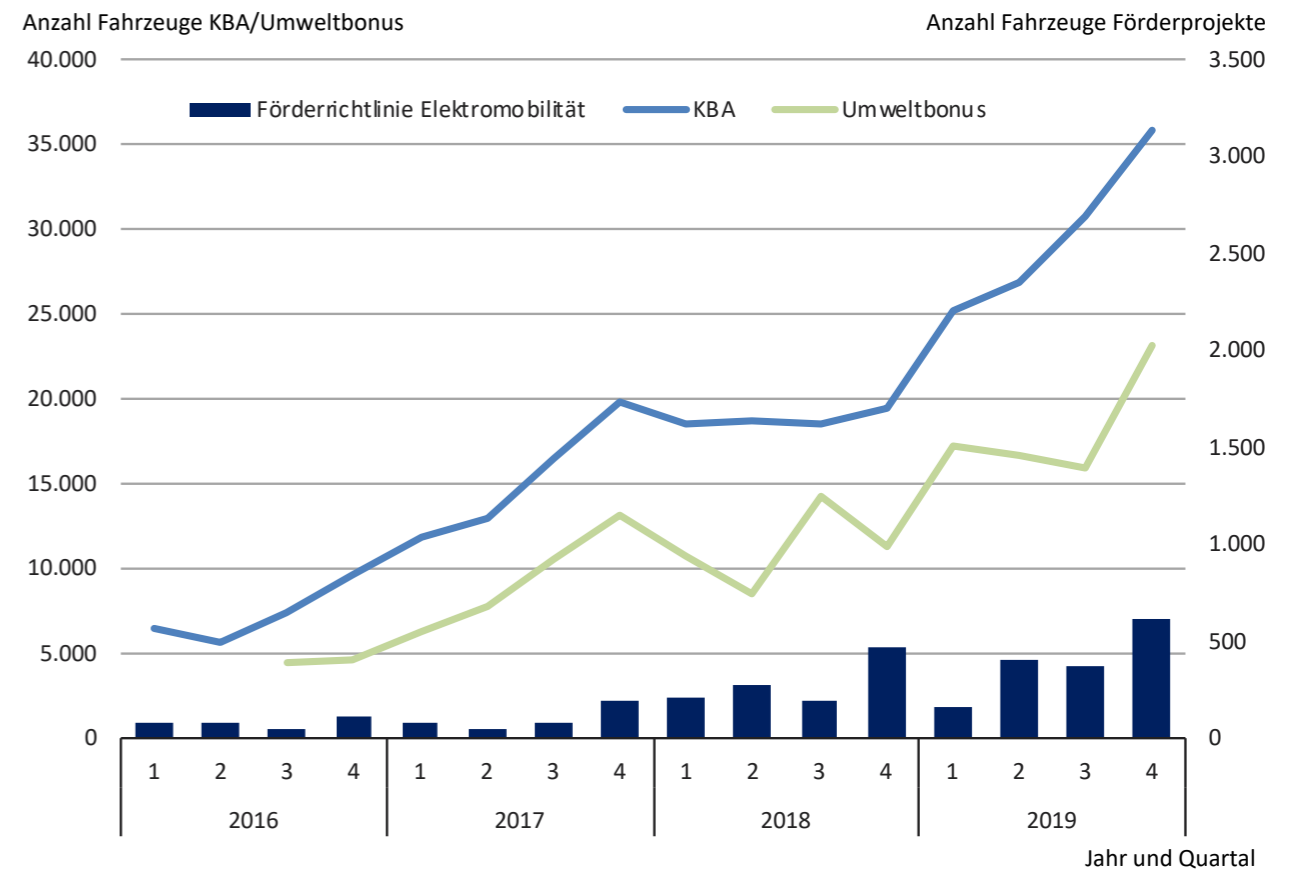
Bild 23: Neuzulassungen, die Umweltbonus in Anspruch genommen haben, unterschieden nach Antriebsart (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom 01.01.2020)



Seit August 2018 ist eine deutlich stärkere Nachfrage nach dem Umweltbonus zu erkennen. Sie geht einher mit den steigenden Zulassungszahlen bei Elektrofahrzeugen. Im Oktober 2019 wurde erstmals die Marke von 10.000 bewilligten Anträgen pro Monat überschritten. Es ist jedoch keine wesentliche Änderung der Antragsquote seit 2016 festzustellen.

Mithilfe der Bundesförderung (Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI und Umweltbonus des BMWi) ist es gelungen, die Zahl der Elektrofahrzeuge in Deutschland deutlich zu steigern (vgl. Bild 24). Der Markthochlauf wurde durch den Mitte 2016 eingeführten Umweltbonus wesentlich unterstützt. Die im Rahmen der aktuellen BMVI-Beschaffungsförderung bislang angeschafften Elektrofahrzeuge machen rund 1,5 % der Neuzulassungen in Deutschland aus. Bis Ende 2021 werden es voraussichtlich rund 21.000 vom BMVI geförderte Elektrofahrzeuge sein. Die Förderung des BMVI dient dabei im Wesentlichen als Impuls bei Multiplikatoren (Kommunen) zur Unterstützung des Markthochlaufs. Insgesamt wurden rund 60 % aller Neuzulassungen von E-Fahrzeugen zwischen 2016 und 2020 durch BMVI und BMWi gefördert.

Bild 24: Zeitreihe Vergleich Neuzulassungen KBA, Anträge Umweltbonus und Inbetriebnahme der Fahrzeuge in den Förderprojekten (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM, Stand vom 01.01.2020)

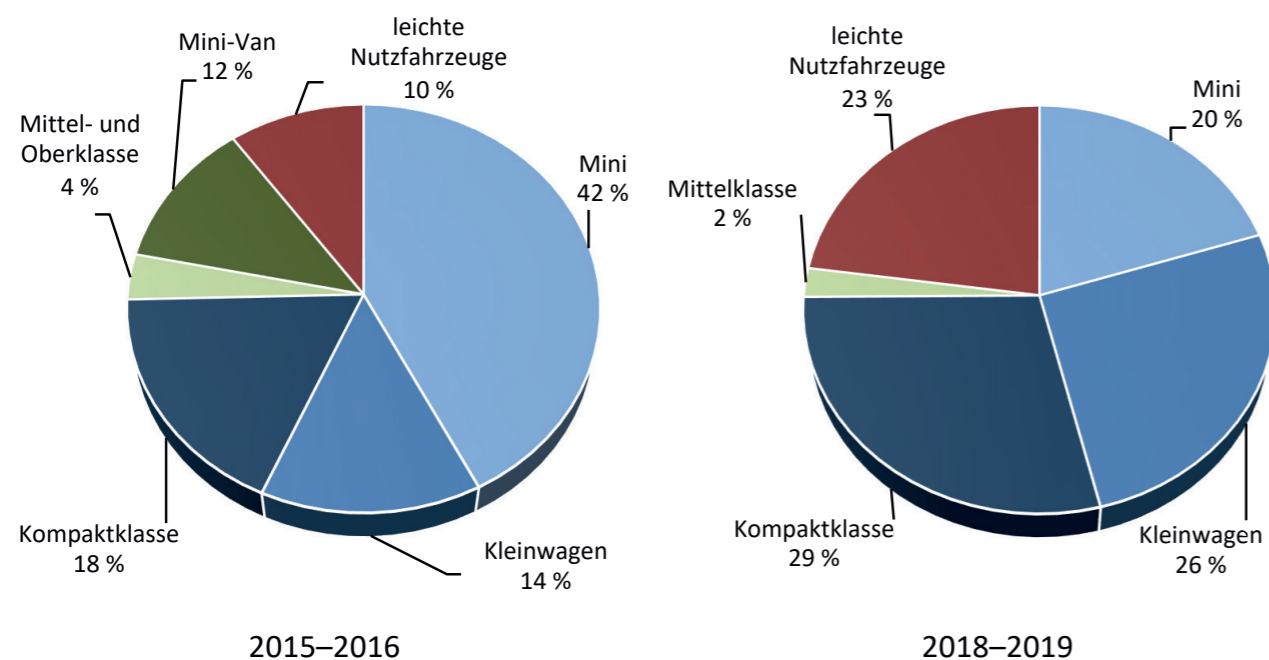


4 E-Mobilität in der Praxis

4.1 Datenbasis Fahrzeuge

Die folgenden Erfahrungen aus der Praxis resultieren aus dem Einsatz von Elektrofahrzeugen in unterschiedlichen Förderprojekten. Dies sind zum einen Projekte, die im Rahmen der Schaufenster Elektromobilität (2015–2016) mit der finanziellen Unterstützung verschiedener Bundesministerien durchgeführt wurden. Zum anderen und überwiegenden Teil sind es Daten aus den Förderprogrammen des BMVI (Modellregionen Elektromobilität, Förderrichtlinie Elektromobilität), die zwischen 2015 und 2016 beziehungsweise zwischen 2018 bis 2019 erhoben wurden. Der Fokus der Förderung lag auf Flotten von Kommunen und kommunalen Unternehmen sowie auf Fahrzeugen von Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft (vgl. Kapitel 1). Diese Fahrzeuge wurden zum Teil mit Datenloggern ausgestattet, um einen repräsentativen Überblick über die alltägliche Nutzung der Fahrzeuge in gewerblichen und kommunalen Flotten zu erhalten. Damit steht ein Datenbestand zur Verfügung, der über alle Projekte und Fahrzeugsegmente hinweg einen Einblick in die flottenspezifische Alltagsnutzung der E-Fahrzeuge ermöglicht.

Bild 25:
Vergleich der Datenbasis aus den Jahren 2015–2016 und 2018–2019 nach Fahrzeugsegmenten (BEV und PHEV)
(Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



Die Praxiserfahrungen helfen, die Alltagstauglichkeit und Zuverlässigkeit, aber auch den Umweltnutzen und die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen gegenüber vergleichbaren Verbrennern zu beurteilen. Da die geförderten E-Fahrzeuge ganz überwiegend in kommunalen oder gewerblichen Flotten eingesetzt werden, sind die Praxiserfahrungen auf privat genutzte Fahrzeuge nicht uneingeschränkt übertragbar. Die Datenbasis der mit Datenloggern ausgestatteten Pkw und leichten Nutzfahrzeuge resultiert aus zwei Erhebungszeiträumen (vgl. Bild 25):

Erhebungszeitraum 2015–2016:

Die im ZDM erfassten 945 Fahrzeuge der Projekte in Modellregionen und Schaufenstern Elektromobilität wurden im Wesentlichen in den Jahren 2015 und 2016 angeschafft und eingesetzt. Aus der Datenerfassung dieser Fahrzeuge liegen Daten für insgesamt 900.000 Fahrten und 180.000 Ladevorgänge vor.

Der größte Anteil der Fahrzeuge sind BEV (843 Fahrzeuge). Zudem stehen Fahr- und Ladedaten zu 102 PHEV zur Verfügung.

Die Batteriekapazität der rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge liegt zwischen 6 und 40 kWh. Die meisten Fahrzeuge sind dabei mit Batterien kleiner 20 kWh ausgestattet (vgl. Bild 26).

Erhebungszeitraum 2018–2019:

Die im ZDM erfassten 219 Fahrzeuge aus der Beschaffungsförderung des BMVI Förderprogramms Elektromobilität wurden im Wesentlichen in den Jahren 2018 und 2019 angeschafft und in Betrieb genommen. Daten liegen für ca. 280.000 Fahrten und ca. 43.000 Ladevorgänge vor. Die Fahrzeuge werden zu 48 % in kommunalen Flotten, zu 33 % in gewerblichen Flotten und zu 19 % als Dienstwagen eingesetzt. Dienstwagen sind einem Mitarbeiter einer Firma zugeordnet und stehen diesem jederzeit und ausschließlich zur Verfügung. Fahrzeuge einer Flotte stehen mehreren Mitarbeitern zur Verfügung.

Während im Erhebungszeitraum 2015–2016 fast die Hälfte der Fahrzeuge in das Segment Mini fällt, liegt für den Erhebungszeitraum 2018–2019 eine ausgeglichene Verteilung der Fahrzeuge auf die verschiedenen Fahrzeugsegmente vor (vgl. Bild 25). Wie bereits in der ersten Erhebungsphase sind die meisten Fahrzeuge BEV (200 Fahrzeuge). Zudem stehen Fahr- und Ladedaten von 19 PHEV zur Verfügung.

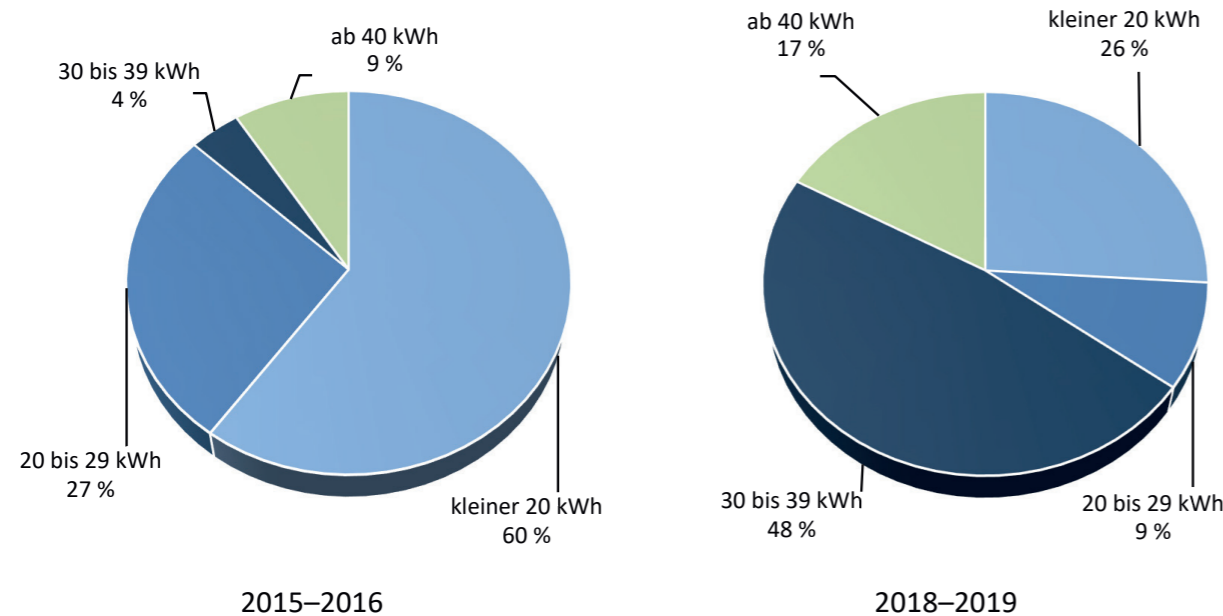


Bild 26: Vergleich der Datenbasis aus den Jahren 2015–2016 und 2018–2019 nach Batteriekapazität (BEV) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

Die mittlere Batteriekapazität der rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge ist im Vergleich zum ersten Erhebungszeitraum von 22,0 kWh auf 29,6 kWh gestiegen. Während die meisten Fahrzeuge in 2015–2016 eine Batteriekapazität von weniger als 20 kWh hatten, haben nun rund 65 % der Fahrzeuge eine Batteriekapazität von mindestens 30 kWh (vgl. Bild 26).

Im Rahmen der aktuellen Datenerfassung wurden 19 PHEV mit Datenloggern ausgestattet. 14 Fahrzeuge fallen in das Segment Kompaktklasse, die übrigen fünf Fahrzeuge in die Mittelklasse. Fünf Fahrzeuge werden als Dienstwagen eingesetzt, zwei Fahrzeuge verkehren in kommunalen Flotten. Die übrigen zwölf PHEV werden in gewerblichen Flotten genutzt. Die Batteriekapazität der Fahrzeuge (8 bis 10 kWh) ermöglicht laut Hersteller eine elektrische Reichweite von zwischen 50 und 70 km.

Aus den Fahr- und Ladedaten dieser Fahrzeuge resultieren die Erkenntnisse in Kapitel 4.2 (Fahrzeug – Fahren) beziehungsweise Kapitel 4.3 (Fahrzeug – Laden).

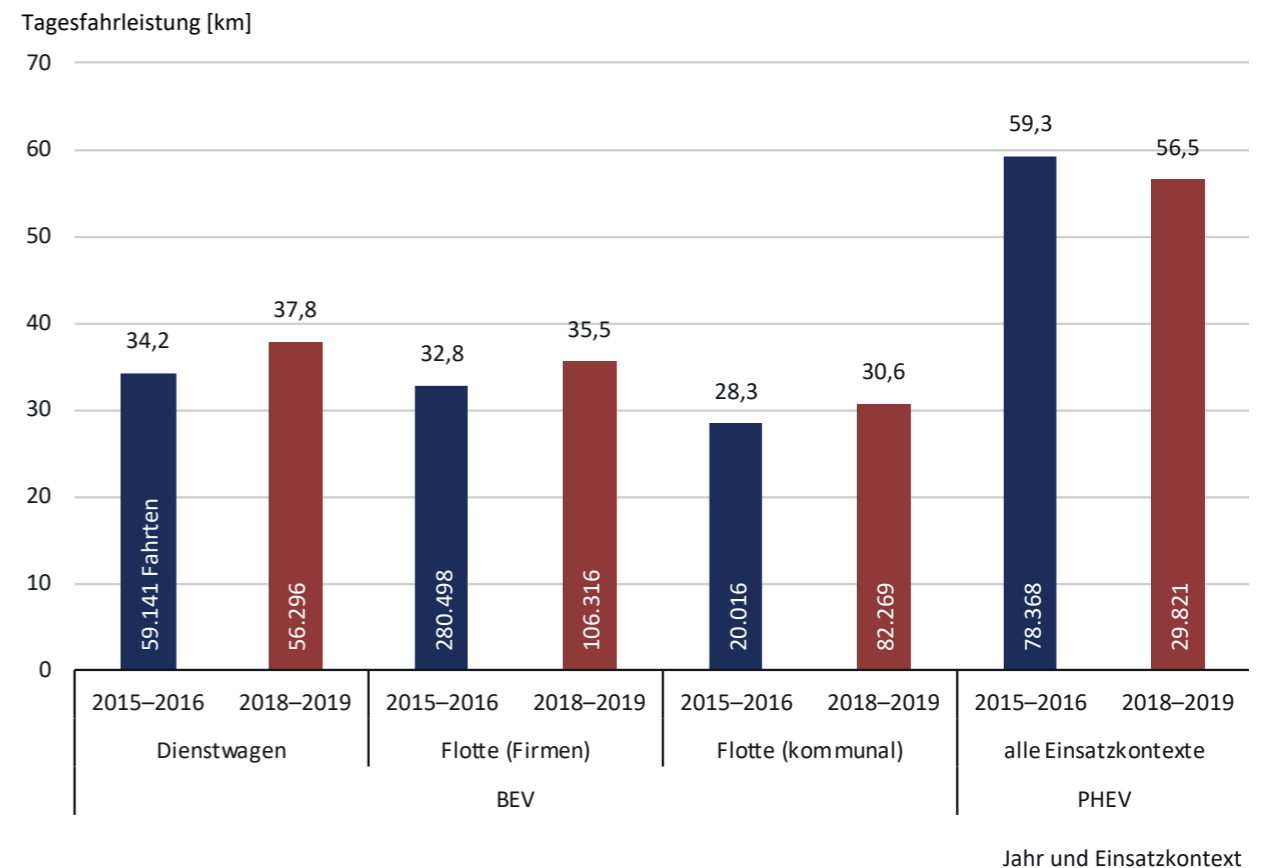
4.2 E-Mobilität in der Praxis Fahrzeug – Fahren

Zwischen den beiden oben dargestellten Fahrzeuggenerationen liegen nur drei Jahre. In Anbetracht der technischen Entwicklung der Batteriekapazität (Reichweite) sowie der zunehmenden Erfahrung mit der Alltagstauglichkeit der E-Fahrzeuge kann jedoch vermutet werden, dass die Fahr- und Ladedaten beider Generationen diese Entwicklungen widerspiegeln. Wie sich im Folgenden zeigt, ist dies aber nur bedingt der Fall.

Tagesfahrleistung in kommunalen und gewerblichen Flotten ist trotz neuer Fahrzeuggeneration nicht wesentlich gestiegen.

Bei der Tagesfahrleistung der reinen Elektrofahrzeuge (BEV) und der Plug-in-Hybride (PHEV) sind leichte Änderungen im Vergleich zu früheren Jahren erkennbar (vgl. Bild 27). Im Mittel ist die tägliche Fahrleistung der BEV von 32,8 km auf 34,0 km angestiegen.

Bild 27: Mittlere Tagesfahrleistung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen nach Einsatzkontext (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



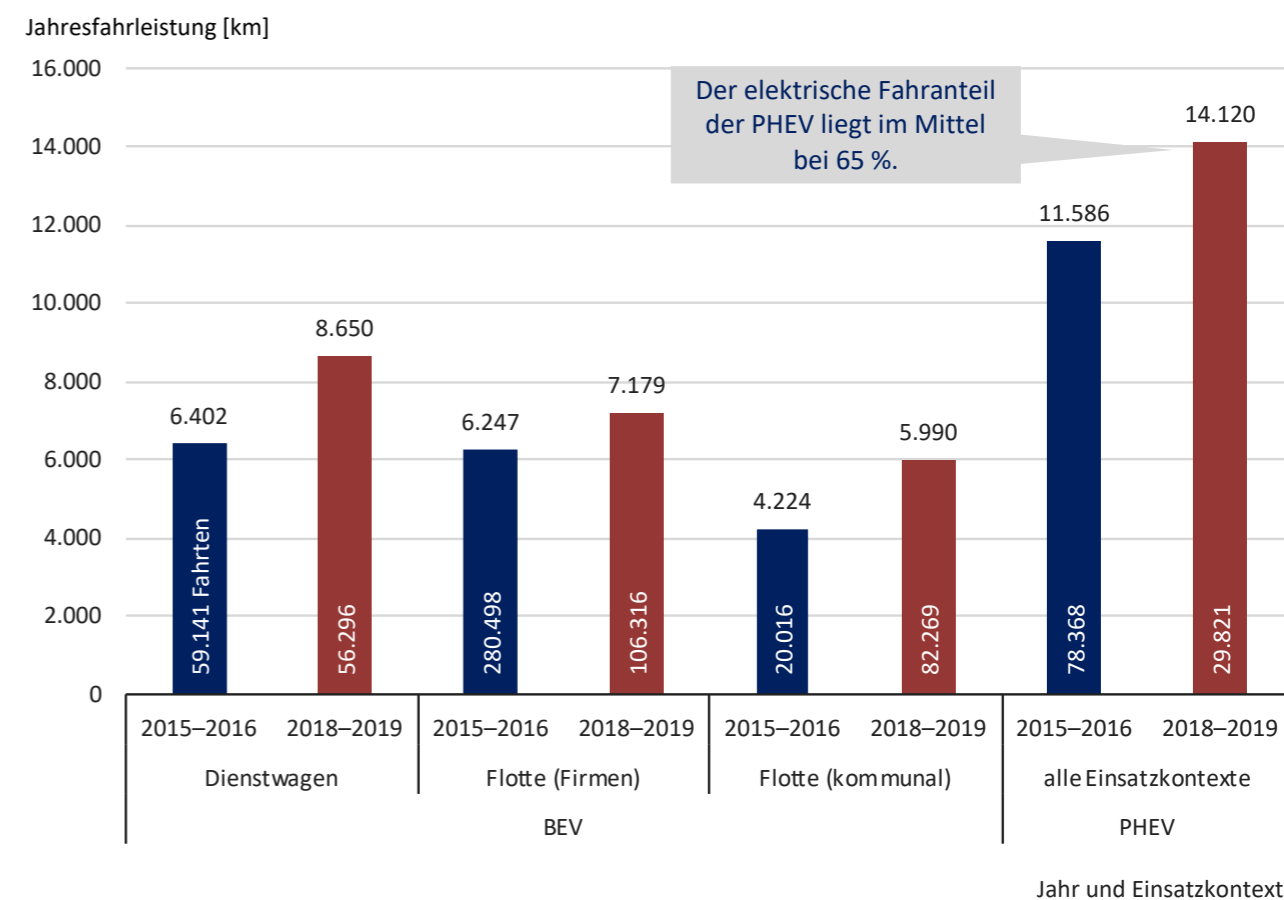
Elektrofahrzeuge werden heute regelmäßiger im Alltag genutzt – die Jahresfahrleistung ist gestiegen

Die mittlere Fahrtweite einer einfachen Fahrt von reinen Elektro-Pkw (BEV) hat sich seit 2015 nicht wesentlich verändert. Während die Fahrtweite in den Jahren 2015–2016 im Mittel bei rund 6,7 km lag, betrug sie in den Jahren 2018–2019 im Mittel rund 6,2 km. Dabei zeigen sich jeweils nur geringe Unterschiede zwischen den Einsatzkontexten. Die leicht gesunkene Fahrtweite bei gleichzeitig gestiegener Tagesfahrleistung weist auf eine häufigere Nutzung der Fahrzeuge pro Tag hin.

Im Rahmen mehrerer Elektromobilitätskonzepte,¹³ in denen der jeweilige Fuhrpark analysiert und Potenziale für die Umstellung auf E-Fahrzeuge identifiziert wurden, sind auch die Fahrweiten verschiedener Verbrenner in kommunalen Flotten erhoben worden (beispielsweise in Dresden oder Aachen). Ziel war es, Fahrzeuge zu identifizieren, die aufgrund ihrer Nutzung für einen Ersatz durch rein elektrisch betriebene Fahrzeuge in Frage kommen. Dabei wurde festgestellt, dass Verbrenner-Fahrzeuge in kommunalem Einsatz ähnliche Tages- und Jahresfahrleistungen aufweisen wie die hier erhobenen E-Fahrzeuge. Die geringe Fahrleistung scheint also typisch für den Einsatzkontext zu sein.

Die Jahresfahrleistung der batterieelektrischen Fahrzeuge (BEV) sowie der Plug-in-Hybride (PHEV) ist im Vergleich zu früheren Projekten in allen Einsatzkontexten erkennbar gestiegen (vgl. Bild 28). Besonders deutlich ist der Anstieg bei den BEV im Einsatzkontext Dienstwagen (von 6.402 km/Jahr auf 8.650 km/Jahr, entsprechend +35 %) und bei kommunalen Fahrzeugen (von 4.224 km/Jahr auf 5.990 km/Jahr, entsprechend +42 %). Da die tägliche Nutzung der Elektrofahrzeuge (BEV) im Vergleich zu früheren Projekten nur leicht gestiegen ist, deutet die deutliche Zunahme der Jahresfahrleistung auf eine wesentlich regelmäßigeren Nutzung der Elektrofahrzeuge im kommunalen und gewerblichen Alltag hin.

¹³ Übersicht über Elektromobilitätskonzepte unter <https://www.starterset-elektromobilität.de/Infothek/elektromobilitaetskonzepte> (letzter Zugriff am 30.01.2020).



Der elektrische Fahranteil der im ZDM erfassten PHEV liegt bei 65 %.

Plug-in-Hybride erreichen deutlich höhere Fahrleistungen als rein elektrisch betriebene Fahrzeuge. Die mittlere Tagesfahrleistung der PHEV liegt bei 56 km (vgl. Bild 27). Die Jahresfahrleistung der betrachteten Plug-in-Hybride ist mit 14.120 km im Gegensatz zu den batterieelektrischen Fahrzeugen sogar vergleichbar mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Laut Mobilität in Deutschland (MiD)¹⁴ aus dem Jahr 2017 beträgt die durchschnittliche mittlere Fahrtweite von privaten Pkw mit Verbrennungsmotor 14.700 km. MiD ist eine bundesweite Befragung von Haushalten zu ihrem alltäglichen Verkehrsverhalten im Auftrag des BMVI.

Bei einem mittleren elektrischen Fahranteil von 65 % der zurückgelegten Strecke entspricht die rein elektrisch gefahrene Jahresfahrleistung der PHEV in etwa der Jahresfahrleistung der BEV. Wenn PHEV regelmäßig geladen und elektrisch gefahren werden, wie dies bei den vom ZDM erfassten Fahrzeugen der Fall ist, haben sie eine vergleichbare ökologische Wirkung wie BEV. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Wissenschaftler des Fraunhofer ISI und des KIT in einer Studie zur Fahrleistung von Batterie- und Plug-in-Hybridfahrzeugen.¹⁵

¹⁴ Infas Institut für angewandte Sozialwissenschaften GmbH (2019): Mobilität in Deutschland 2017 – Ergebnisbericht. Bonn.

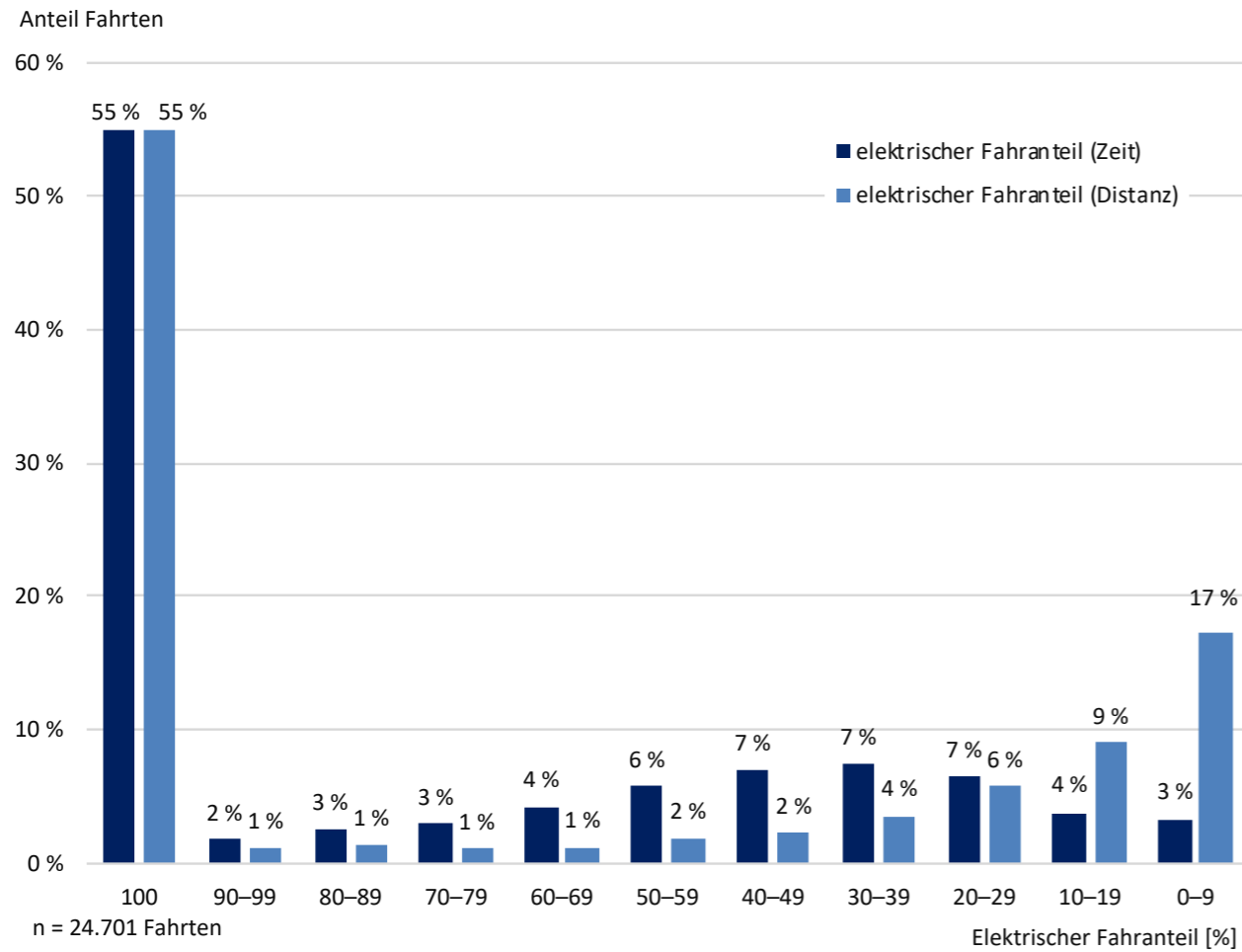
¹⁵ Plötz, P., Funke, S. A., Jochem, P. et al. (2017): CO₂ Mitigation Potential of Plug-in Hybrid Electric Vehicles larger than expected. Karlsruhe.

Bild 28:
Mittlere Jahresfahrleistung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen nach Einsatzkontext (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

Während die Stichprobe der im ZDM erfassten 19 Plug-in-Hybride sehr gering ist, wurde für die Studie des Fraunhofer ISI und KIT die elektrische Fahrleistung von 49.000 Elektro- und 73.000 Hybridfahrzeugen in Deutschland und in den USA ausgewertet. Die Daten stammen aus Flottentests von Fahrzeugherstellern sowie von Websites, die der Verwaltung und Überwachung des eigenen Fahrzeugs dienen.¹⁶

Bei der Produktion der deutlich kleineren Batterien von Plug-in-Hybridfahrzeugen werden weniger CO₂-Emissionen freigesetzt als bei der Produktion der größeren Batterien für Elektrofahrzeuge. Dies führt dazu, dass Plug-in-Hybridfahrzeuge unter Beachtung des gesamten Lebenszyklus laut ISI/KIT eine bessere CO₂-Bilanz aufweisen als rein elektrisch betriebene Fahrzeuge. Voraussetzung ist, dass die PHEV soweit wie möglich elektrisch gefahren werden. Dies dürfte in der allgemeinen Betriebspraxis jedoch kaum der Fall sein.

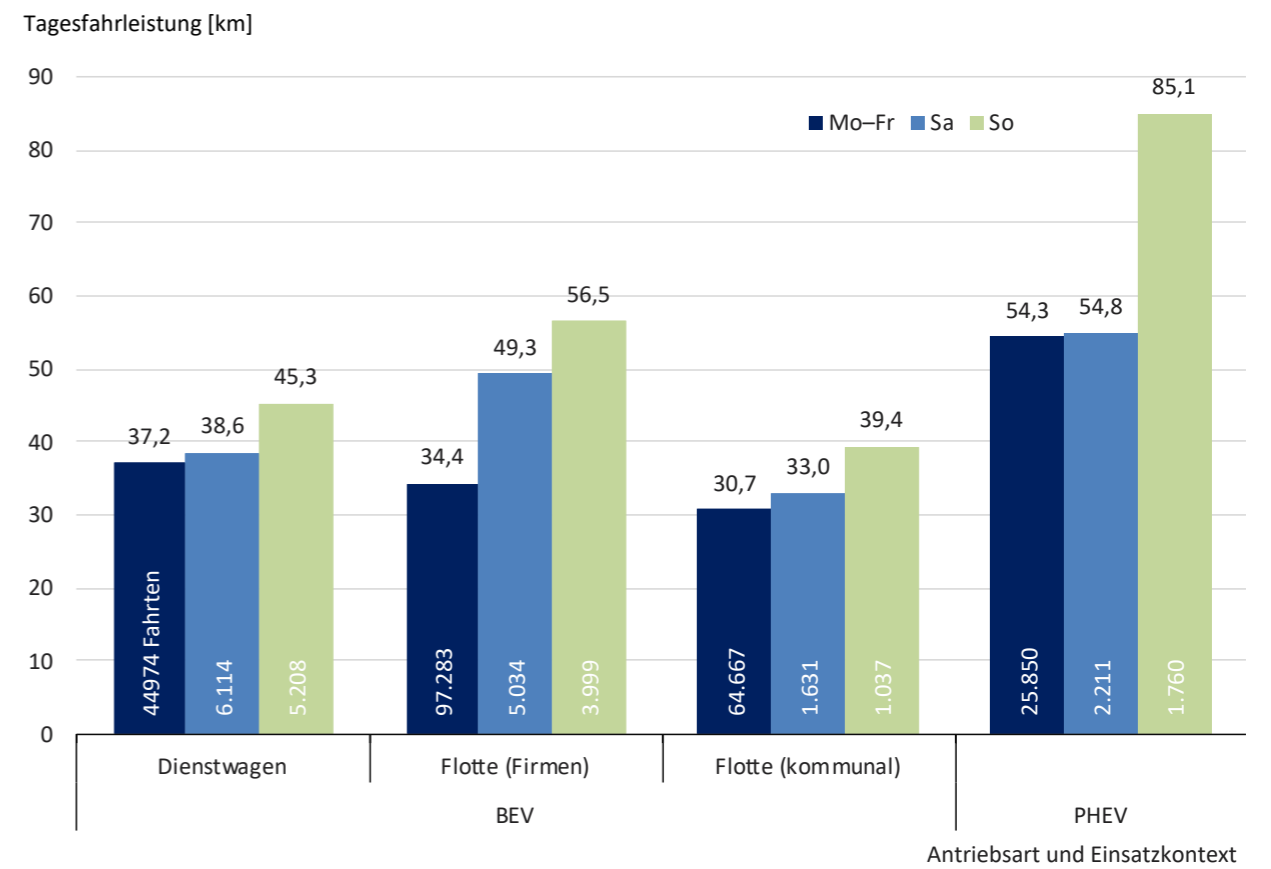
Bild 29: Elektrische Fahranteile (PHEV, 2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



¹⁶ Es ist zu vermuten, dass es zum überwiegenden Teil elektroaffine Nutzer sind, die ihre Daten auf den Websites öffentlich machen.

Mithilfe der im Erhebungszeitraum 2018–2019 in 19 PHEV verbauten Datenlogger konnte ermittelt werden, welcher Streckenabschnitt rein elektrisch zurückgelegt wird und wie lange beziehungsweise wo der Verbrennungsmotor zum Einsatz kommt (für den Erhebungszeitraum 2015–2016 liegen hierzu keine detaillierten Informationen vor). Bei Betrachtung der einzelnen Fahrten zeigt sich, dass mehr als die Hälfte aller Fahrten (55 %) mit PHEV rein elektrisch zurückgelegt werden, das heißt ohne Unterstützung des Verbrennungsmotors (vgl. Bild 29). Mit zunehmender Fahrtweite nimmt der Fahranteil des Elektromotors bei Plug-in-Hybriden erwartungsgemäß ab. Nur sehr wenige Fahrten von PHEV werden mit geringem oder ohne elektrischen Fahranteil zurückgelegt.

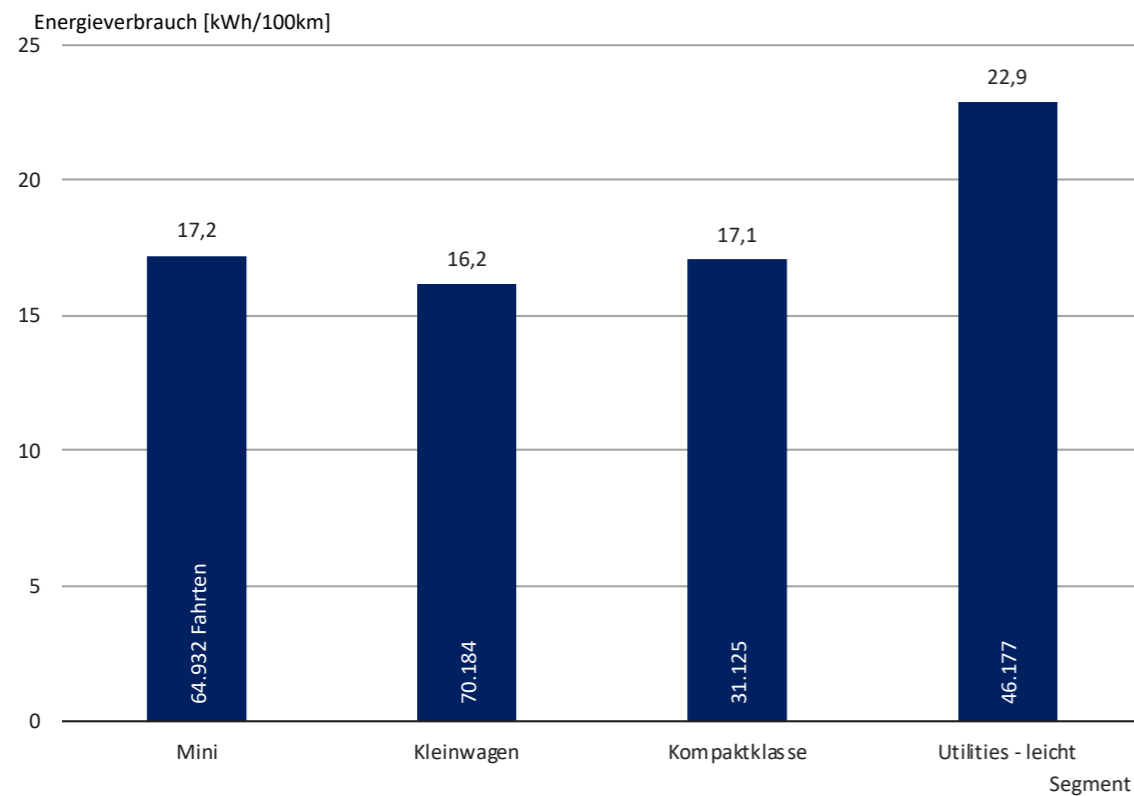
Bild 30: Mittlere Tagesfahrleistung nach Wochentag und Einsatzkontext (BEV und PHEV, 2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



In den hier betrachteten Einsatzkontexten finden sowohl bei BEV als auch bei PHEV 80 bis 90 % der Fahrten montags bis freitags statt. Während bei den kommunalen Flotten die Fahrzeuge am Wochenende nur selten gefahren werden (sonntags werden weniger als 2 % aller Fahrten zurückgelegt), ist der Anteil der Wochenendauffahrten bei Dienstfahrzeugen mit etwa 20 % vergleichsweise hoch. Bild 30 zeigt, dass die Tagesfahrleistung am Wochenende in der Regel über der Fahrleistung der übrigen Tage liegt, teilweise sogar deutlich. Insbesondere PHEV weisen sonntags eine hohe Tagesfahrleistung auf. Es ist davon auszugehen, dass es sich dabei überwiegend um Privatfahrten handelt. Aus ökonomischer und ökologischer Sicht (vgl. Kapitel 6) empfiehlt es sich, die elektrischen Flottenfahrzeuge für Privatfahrten am Wochenende freizugeben oder sie in Sharingflotten zu integrieren und auf diese Weise die Auslastung zu erhöhen.

Mithilfe der verbauten Datenlogger kann der State of Charge (SoC) im Fahrtverlauf ermittelt werden. Der SoC ist ein Kennwert für den Ladezustand von Akkus und kennzeichnet die noch verfügbare Kapazität eines Akkus in Prozent. Aus der SoC-Differenz zwischen Fahrtbeginn und -ende und der Batteriekapazität lässt sich der Energieverbrauch während der Fahrt errechnen. Aus Energieverbrauch und Batteriekapazität ergibt sich wiederum die real verfügbare elektrische Reichweite der E-Fahrzeuge. Der mittlere Energieverbrauch der vom ZDM erfassten batterieelektrischen Fahrzeuge beträgt 18 kWh/100 km. Bestätigt wird dieses Ergebnis durch den ADAC.¹⁷ Für die im ZDM ausgewerteten Fahrzeugmodelle liegt der durch den ADAC ermittelte Energieverbrauch bei 17–20 kWh/100 km. Dabei werden je nach Fahrzeugsegment unterschiedliche Energiemengen verbraucht: Kleinwagen verbrauchen 16 kWh/100 km, leichte Utilities 23 kWh/100 km (vgl. Bild 31).

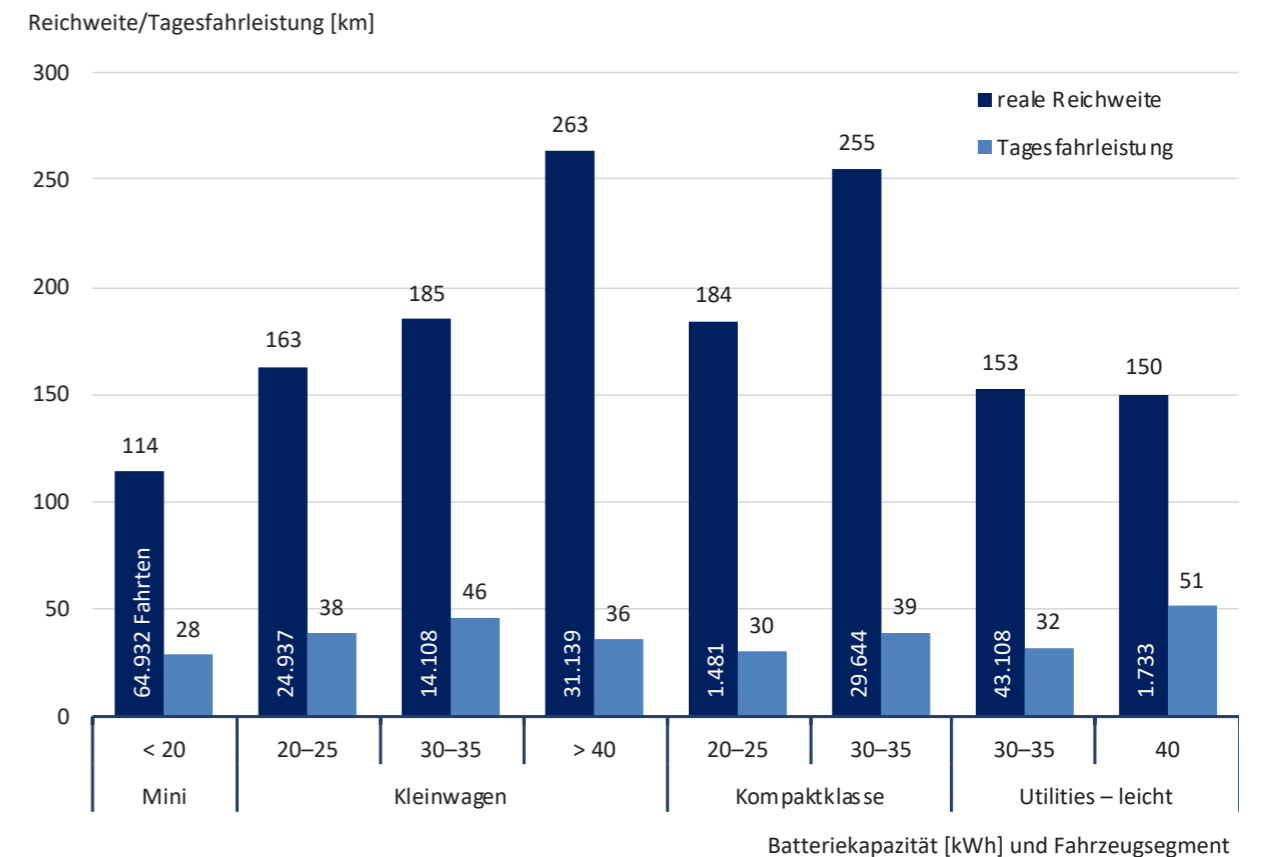
Bild 31:
Mittlerer Energieverbrauch [kWh/100 km] nach Segment (2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



Die mittlere Tagesfahrleistung der Elektrofahrzeuge (BEV) liegt nur bei rund 20 % der realen Reichweite.

Mithilfe des Energieverbrauchs und der Batteriekapazität kann die Reichweite der Elektrofahrzeuge im Alltagsbetrieb ermittelt werden. Während Fahrzeuge mit einer geringen Batteriekapazität von weniger als 20 kWh eine Reichweite von rund 100 km erzielen, können Fahrzeuge mit größeren Batterien (über 40 kWh Batteriekapazität) bis zu 300 km weit fahren. Bild 32 macht deutlich, dass die Reichweite der Elektrofahrzeuge in den hier betrachteten kommunalen Flotten wie auch in der gewerblichen Wirtschaft in allen Segmenten, sogar bei kleineren Batteriekapazitäten, deutlich die durchschnittliche Tagesfahrleistung der Fahrzeuge übersteigt. Die tägliche Fahrleistung könnte mehr als doppelt so hoch ausfallen, ohne die tatsächliche Reichweite eines Elektro-Pkw auszuschöpfen. Daraus ergibt sich, dass ein Fahrzeug nicht unbedingt mit der maximal verfügbaren Batteriekapazität ausgestattet werden muss, sondern die Batteriegröße dem Einsatzkontext entsprechen sollte.

Bild 32:
Mittlere Tagesfahrleistung und reale Reichweite nach Batteriekapazität und Fahrzeugsegment (BEV, 2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



¹⁷ vgl. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/> (letzter Zugriff am 29.01.2020)

Der durchschnittliche Energieverbrauch ist in den Wintermonaten deutlich höher als im Sommer.

Der Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen wird deutlich von der Außentemperatur beeinflusst. Bild 33 zeigt, dass der Energieverbrauch vor allem in den Wintermonaten Dezember bis Februar um bis zu 60 % höher ausfällt als im Sommer (Juni bis August). Im Winter müssen Innenraum, Heck- und Frontscheiben beheizt werden, eventuell auch Sitze und Lenkrad. Im Gegensatz zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, die hier die Motorabwärme nutzen, kommt die benötigte Energie bei Elektroautos ausschließlich aus der Antriebsbatterie. Diese Energie fehlt dann bei der Reichweite.

Der wichtigste Grund für den Reichweitenverlust liegt jedoch in der Chemie. Generell laufen chemische Reaktionen bei niedrigen Temperaturen langsamer ab als bei Hitze. Bei E-Fahrzeug-Akkus betrifft das vor allem den Ionen-Transport. Die elektrisch geladenen Teilchen müssen auf ihrem Weg zwischen Plus- und Minuspol eine Flüssigkeit passieren, das sogenannte Elektrolyt. Dieses wird bei niedrigen Temperaturen dickflüssiger und kann dann nur wenig Ladung transportieren. Dadurch sinkt die Spannung in der Batterie. Um trotz geringerer Spannung die vom Motor angeforderte Leistung liefern zu können, muss der Akku die Stärke des gelieferten Stroms erhöhen.

Solange sich die Nutzung der Elektrofahrzeuge nicht gravierend ändert, kann der festgestellte Mehrverbrauch in den Wintermonaten durch die im Regelfall nicht genutzte Batteriekapazität mehr als ausgeglichen werden (vgl. Bild 32), ohne nachladen zu müssen.

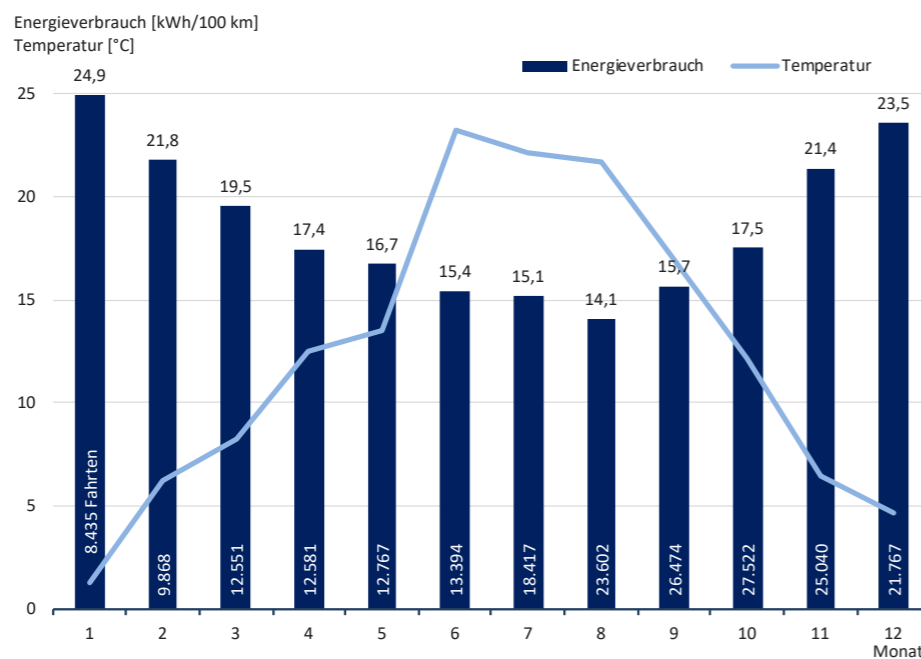
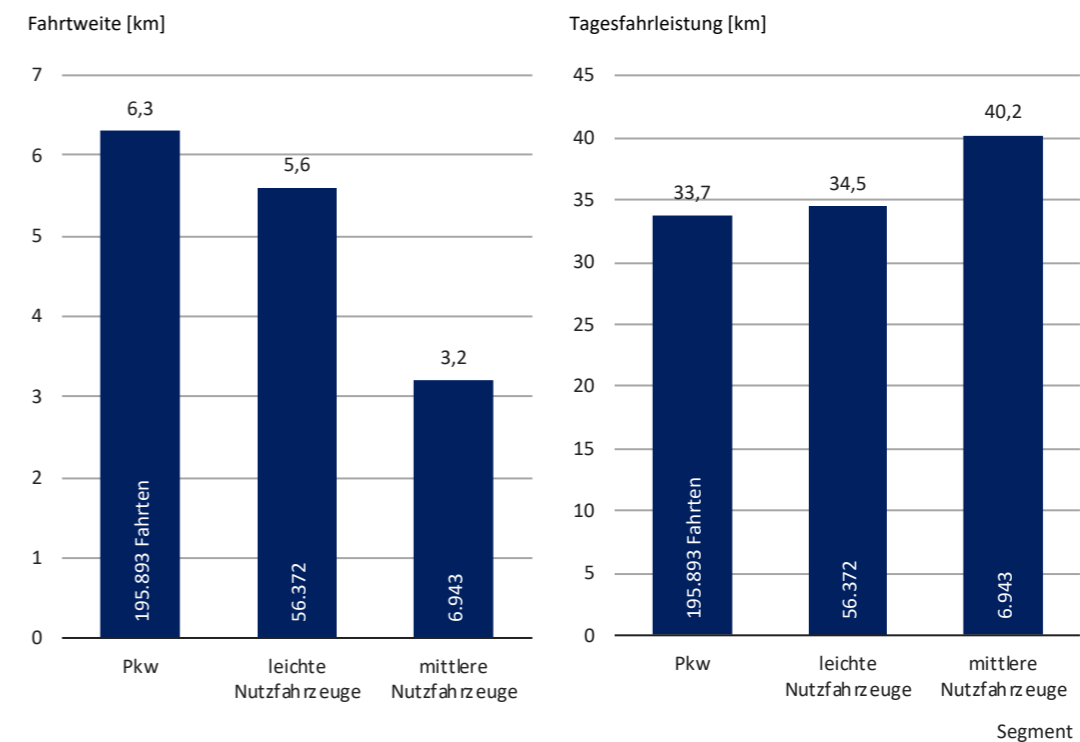


Bild 33: Mittlerer Energieverbrauch im Vergleich zum Temperaturmittelwert je Monat der Jahre 2018–2019 (BEV) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

Nutzfahrzeuge mittlerer Größe haben eine deutlich höhere Tagesfahrleistung als Pkw und leichte Nutzfahrzeuge.

Neben Pkw und leichten Nutzfahrzeugen wurden im Oktober 2019 auch zwölf Nutzfahrzeuge mittlerer Größe (im Folgenden mittlere Nutzfahrzeuge genannt)¹⁸ mit Datenloggern ausgestattet. Die Batteriekapazität dieser Fahrzeuge liegt zwischen 36 kWh und 41 kWh. Die Fahrzeuge sind bei Kurier-Express-Paket-Diensten (KEP-Dienste) in der innerstädtischen Paketzustellung auf der sogenannten „letzten Meile“ im Einsatz.



Die mittleren Nutzfahrzeuge weisen mit rund 40 km eine um fast 20 % höhere durchschnittliche Tagesfahrleistung auf als Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (vgl. Bild 34). Die Entfernung einer einzelnen Fahrt ist bei den mittleren Nutzfahrzeugen mit 3,2 km jedoch nur etwa halb so groß wie bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (5,6–6,3 km). Die mittleren Nutzfahrzeuge legen zwar kürzere Einzelstrecken zurück, führen aber mehr Fahrten pro Tag durch als Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Dies ist auf den Einsatzkontext der KEP-Dienste zurückzuführen.

Bild 34: Mittlere Fahrtweite und Tagesfahrleistung (nur Betriebstage) von mittleren Nutzfahrzeugen im Vergleich zu Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (BEV, 2018–2020) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

¹⁸ Die KBA-Nutzungs-kategorie N1 wird in leichte Nutzfahrzeuge (zulässige Gesamtmasse bis 1,7 t; E-Fahrzeuge: 2,2 t) und mittlere Nutzfahrzeuge (zulässige Gesamtmasse bis 3,5 t; E-Fahrzeuge: 4,25 t) unterteilt.

Der Energieverbrauch der mittleren Nutzfahrzeuge liegt mit im Mittel 38 kWh/100 km deutlich über den Angaben der Hersteller (22–25 kWh). Ursache hierfür kann zum einen der spezifische Einsatzkontext mit vielen kurzen Fahrten sein, zum anderen auch der Erhebungszeitraum (Oktober–Dezember) mit niedrigen Außentemperaturen. Bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen wurde festgestellt, dass der Energieverbrauch im Winter um bis zu 60 % höher sein kann als im Sommer.

Die Reichweite der betrachteten Fahrzeuge liegt bei dem erfassten Energieverbrauch von 38 kWh/100 km bei rund 100 km. Wie bei den Pkw könnte auch hier die Tagesfahrleistung deutlich höher ausfallen, ohne die tatsächliche Reichweite auszuschöpfen. Daraus ergibt sich, dass der hier betrachtete Einsatzkontext für die Nutzung rein elektrisch betriebener Fahrzeuge gut geeignet ist.

4.3 E-Mobilität in der Praxis Fahrzeug – Laden

Die Anzahl Ladevorgänge bei Elektrofahrzeugen (BEV) ist in den letzten Jahren im Mittel leicht zurückgegangen.

Die Anzahl der Ladevorgänge ist im Vergleich zum Erhebungszeitraum 2015–2016 im Mittel über alle betrachteten BEV von 1,5 auf 1,3 Ladevorgänge zurückgegangen. Während bei den reinen Elektrofahrzeugen (BEV) in den Einsatzkontexten Flotte (Firmen) und Flotte (kommunal) ein leichter Rückgang der Anzahl Ladevorgänge pro Tag erkennbar ist, ist die Ladehäufigkeit bei den Dienstwagen leicht gestiegen (vgl. Bild 35). Hiervon dürfte ganz überwiegend die private Ladeinfrastruktur der jeweiligen Fahrzeughalter betroffen sein. Grund für die geringere Anzahl Ladevorgänge könnte die höhere Batteriekapazität der aktuellen Fahrzeuge und die damit verbundene nachlassende Reichweitenangst der Nutzer sein. Bei den Plug-in-Hybriden ist hingegen ein deutlicher Anstieg in der Ladehäufigkeit erkennbar. In Anbetracht der zunehmenden Laufleistung der PHEV spricht das dafür, dass offensichtlich versucht wird, möglichst hohe Streckenanteile elektrisch zu bewältigen.

Bild 35:
Mittlere Anzahl Ladevorgänge pro Tag und pro Fahrzeug (BEV) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

Anzahl Ladevorgänge/Tag

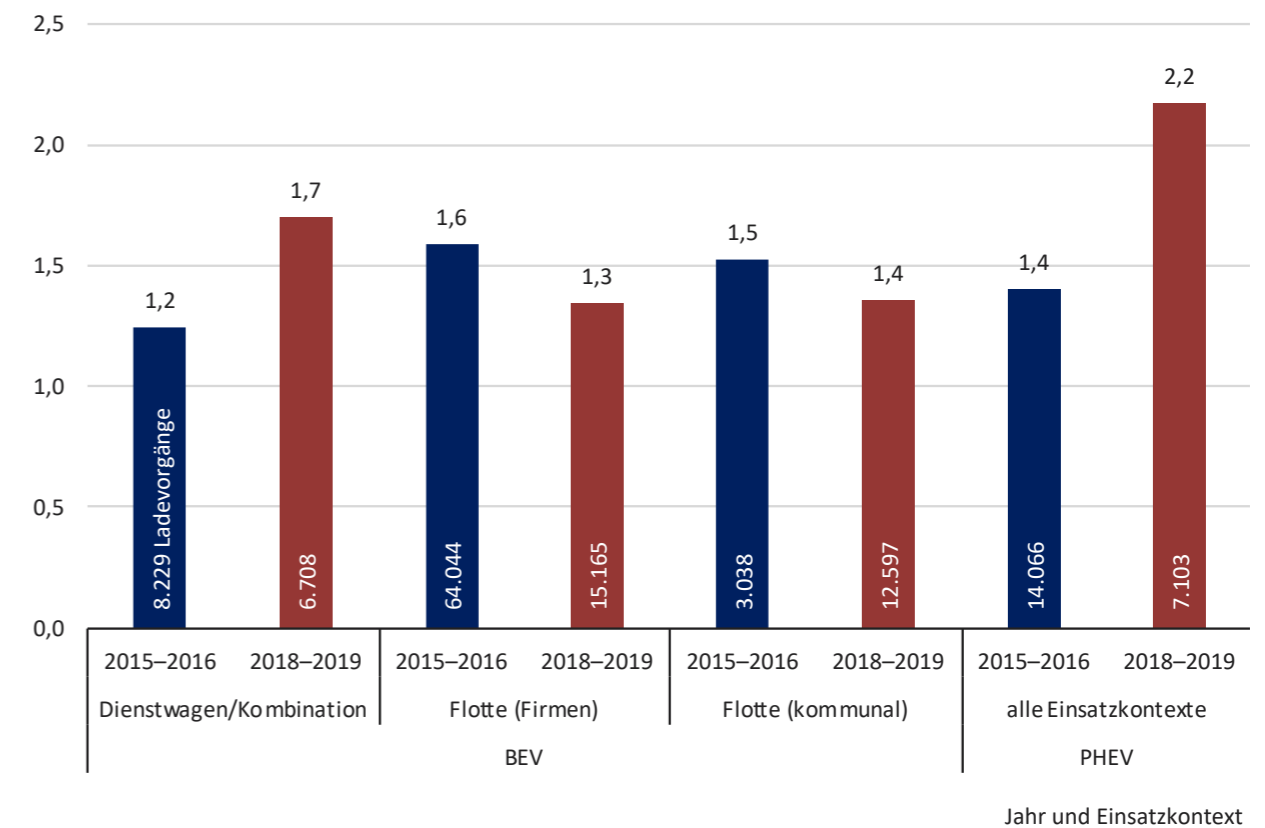
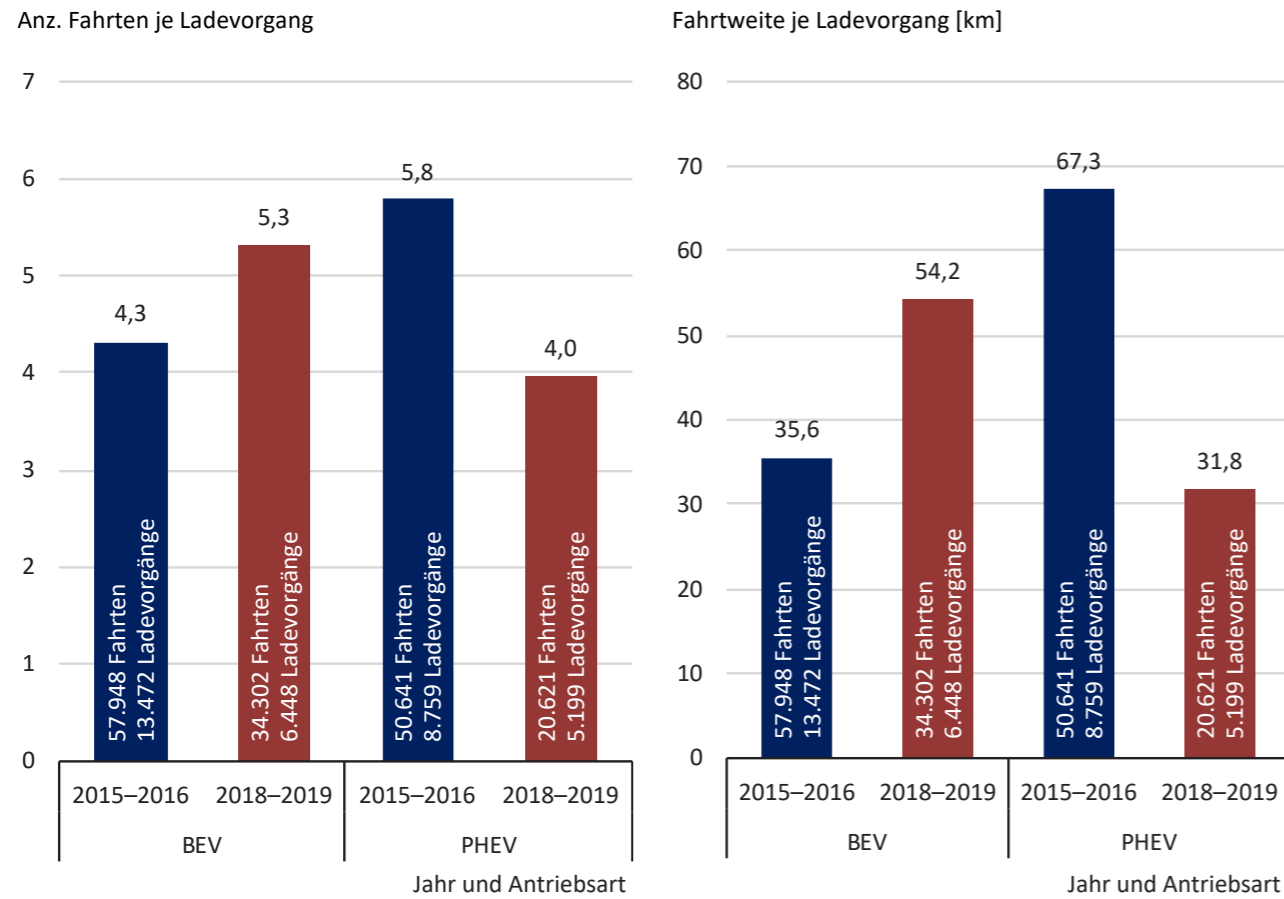


Bild 36 zeigt die Anzahl Fahrten und die Fahrtweite zwischen zwei Ladevorgängen für batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und Plug-in-Hybride (PHEV). Dabei werden nur Fahrzeuge der Kompaktklasse betrachtet, da nur für dieses Segment vergleichbare Daten zur Verfügung stehen. Im Vergleich der beiden Erhebungszeiträume 2018/19 und 2015/16 wird deutlich, dass die Anzahl Fahrten je Ladevorgang bei BEV leicht gestiegen ist, während sie bei PHEV gesunken ist. Gleiches gilt für die Fahrtweite. Auch die aufgenommene Energie der BEV ist im Vergleich zu 2015/2016 von 5,6 kWh auf 6,3 kWh je Ladevorgang gestiegen. Bei PHEV zeigt sich hingegen eine geringere Energieaufnahme je Ladevorgang (2015/2016: 4,2 kWh; 2018/2019: 3,6 kWh) Dies lässt darauf schließen, dass das Vertrauen der BEV-Fahrer in den neuen Fahrzeugantrieb gestiegen ist, während PHEV-Fahrer aufgrund der geringen Batteriekapazität häufiger laden, um möglichst hohe elektrische Fahranteile zu realisieren.

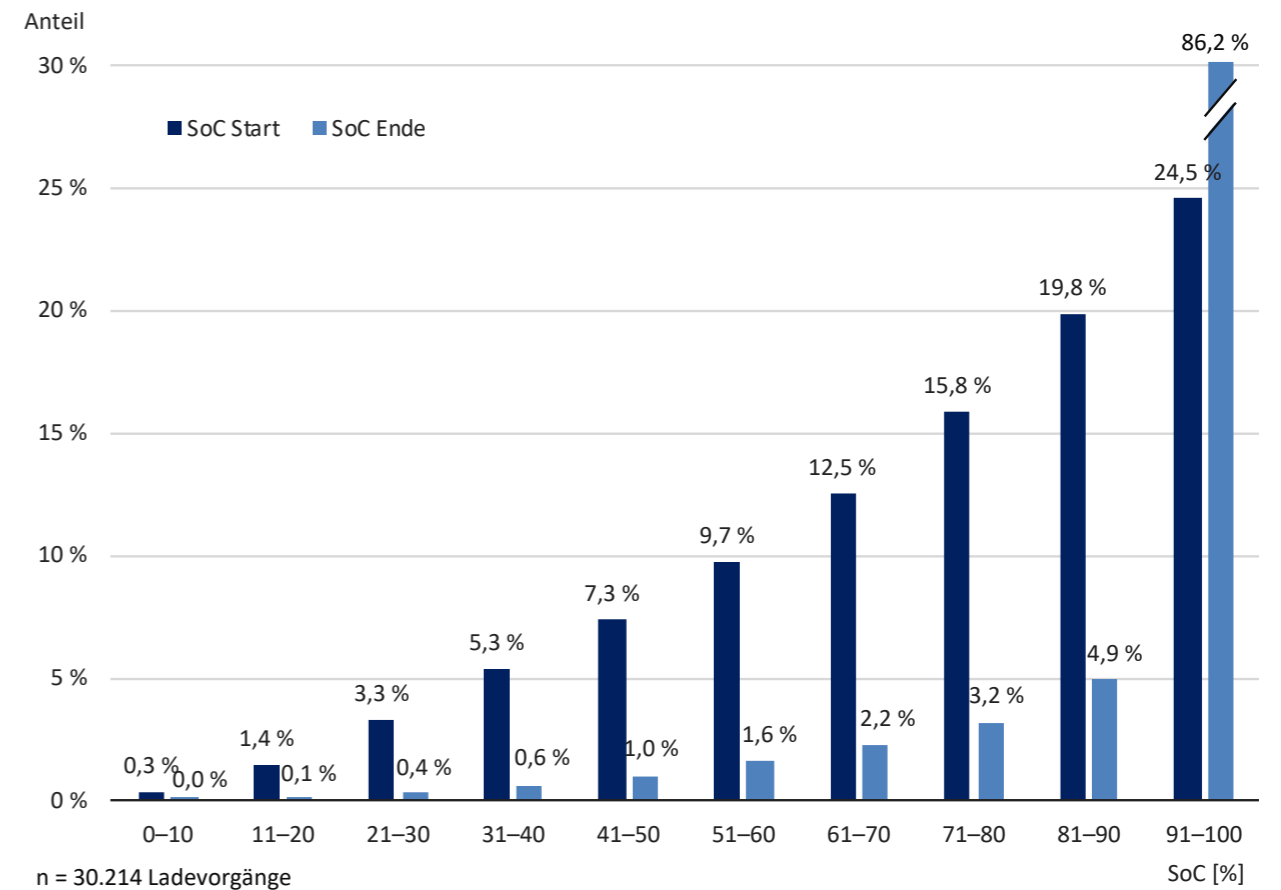
Bild 36:
Anzahl Fahrten und Fahrtweite zwischen zwei Ladevorgängen (BEV und PHEV – Kompaktklasse) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



86 % der Ladevorgänge bei BEV enden mit einem SoC von über 90 %.

Bild 37 zeigt, dass 86 % der erfassten Ladevorgänge von Elektro-Pkw (BEV) bei einem SoC von über 90 % enden, die Fahrzeuge damit nahezu vollständig geladen sind. Ladevorgänge, die bei einem SoC kleiner 90 % enden, haben wesentlich kleinere Anteile an der Verteilung der Ladezustände (zum Beispiel: 3,2 % aller Ladevorgänge liegen im Bereich von 71 bis 80 %). Nur 0,3 % aller Ladevorgänge startet bei einem SoC von 10 % oder weniger, das heißt bei nahezu vollständig leer gefahrener Batterie. Über 80 % der Ladevorgänge starten bei einem SoC von 50 % und mehr. Dieses Ladeverhalten dürfte aus dem Flottenkontext resultieren (Laden auf eigenem Gelände). Es ist davon auszugehen, dass die Fahrzeuge nach der Nutzung auf dem Betriebshof abgestellt und damit auch gleichzeitig an eine Ladesäule angeschlossen werden.

Bild 37:
SoC bei Ladebeginn und Ladeende (BEV, 2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



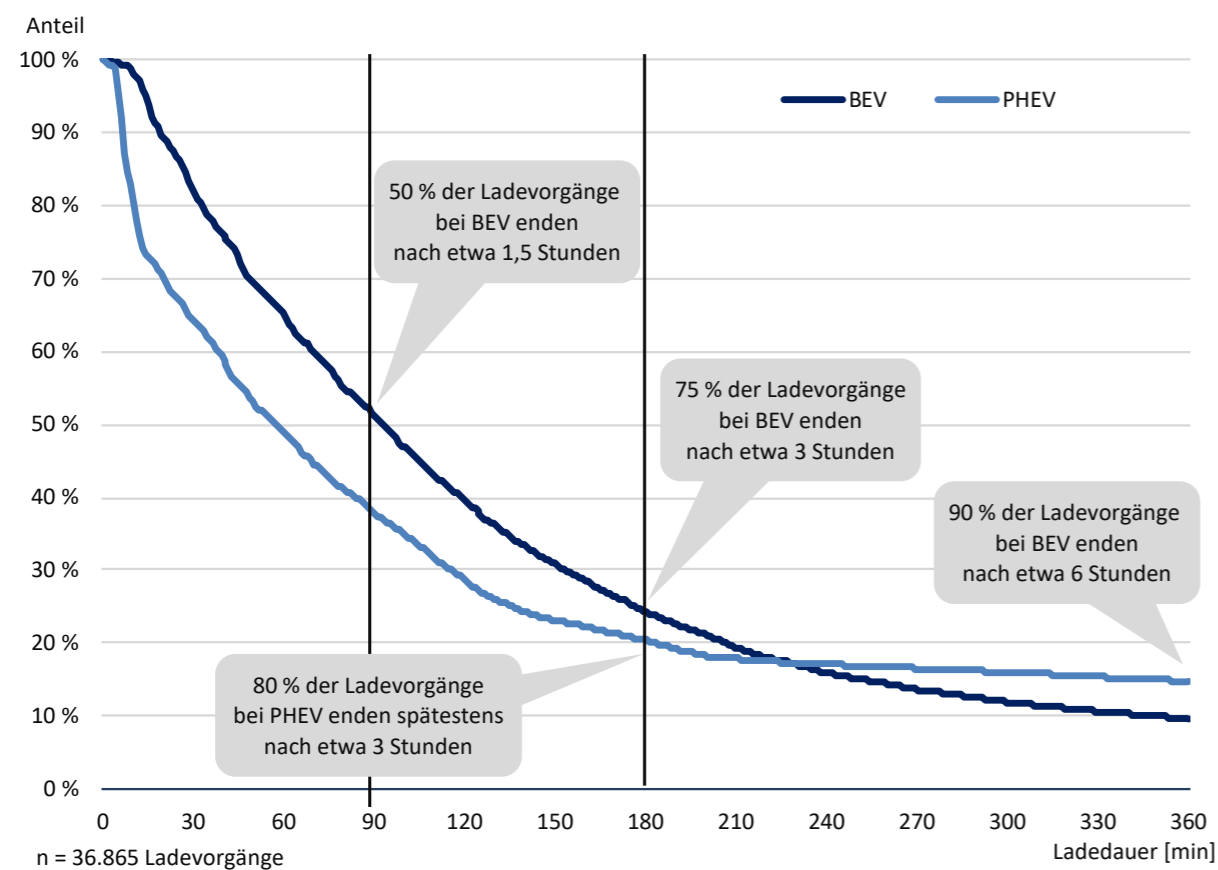
50 % der Ladevorgänge bei BEV enden nach etwa 1,5 Stunden.

Die Verteilung der Ladedauer ist in Bild 38 dargestellt. Es zeigt sich, dass bei Elektro-Pkw (BEV) etwa 50 % der Ladevorgänge innerhalb von 1,5 Stunden enden. 75 % der Ladevorgänge enden innerhalb von drei Stunden. Diese relativ kurzen Ladedauern sind darauf zurückzuführen, dass die Batterie in der Regel bereits bei einem SoC von 50 % und höher wieder aufgeladen wird. 90 % der Ladevorgänge sind nach sechs Stunden abgeschlossen.

Die Ladedauer von Plug-in-Hybriden (PHEV) ist aufgrund der geringen Batteriekapazität im Vergleich zu BEV deutlich geringer. Hier enden 80 % der Ladevorgänge spätestens nach drei Stunden.

Die Veränderungen im Vergleich zum Berichtszeitraum 2015–2016 sind sowohl für BEV als auch für PHEV sehr gering.

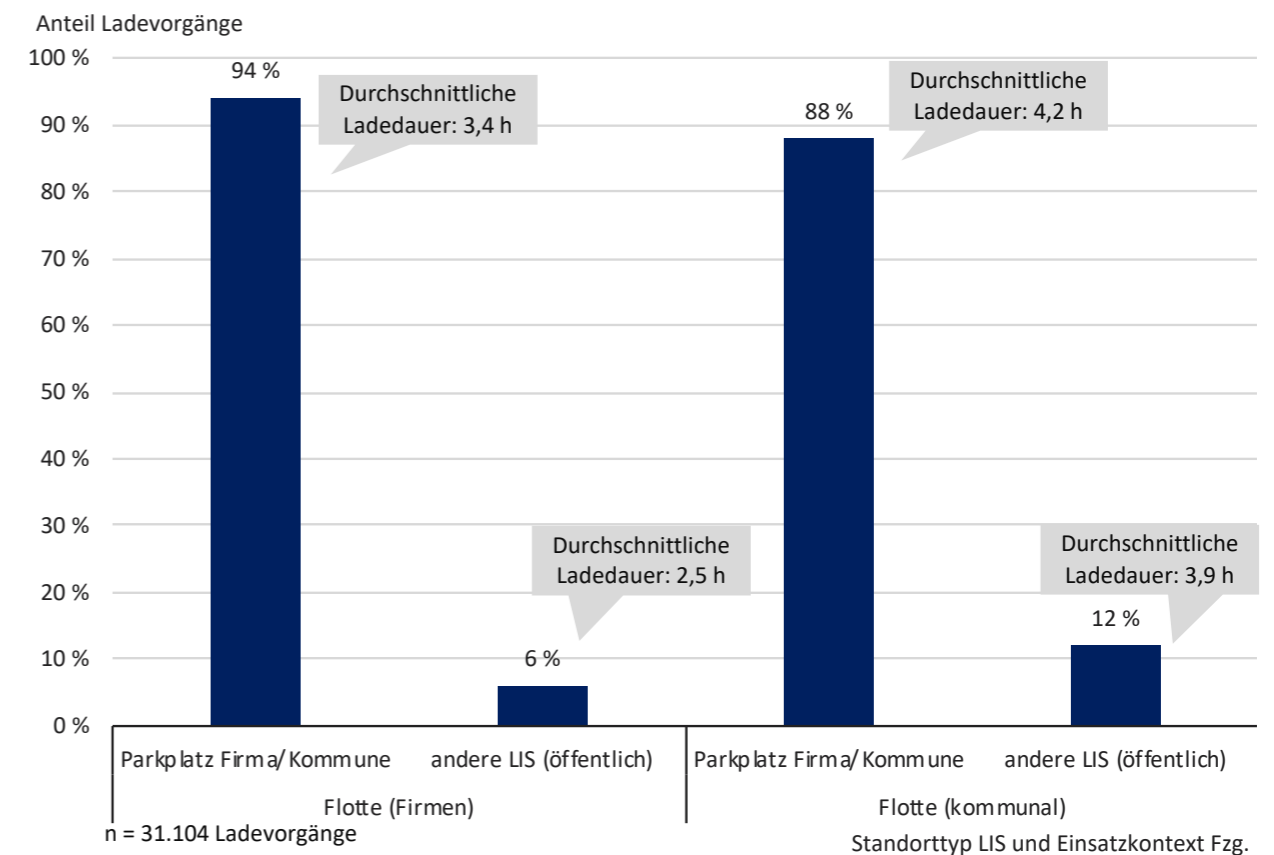
Bild 38:
Dauer der Ladevorgänge (BEV und PHEV, 2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



Etwa 90 % der Ladevorgänge finden an Ladesäulen des Fahrzeugstandortes statt.

Elektrofahrzeuge in kommunalen Flotten und in der gewerblichen Wirtschaft nutzen nahezu ausschließlich die Ladeinfrastruktur auf eigenem Gelände. Lediglich 6 % (Firmen) beziehungsweise 12 % (Kommunen) aller Ladevorgänge finden an öffentlichen Ladesäulen statt (vgl. Bild 39). Dies dürfte durch den Einsatzkontext der Fahrzeuge bestimmt sein, der keine hohen Reichweiten erfordert. Die Angebotsdichte und die Auslastung der zurzeit vorhandenen öffentlichen Ladesäulen (vgl. Kapitel 4.5) lässt vermuten, dass für den untersuchten Einsatzkontext gegenwärtig ausreichend öffentliche Ladesäulen zur Verfügung stehen.

Bild 39:
Nutzung eigener und öffentlicher Ladeinfrastruktur nach Einsatzkontext (2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



Die Ladeleistung der Fahrzeuge nimmt mit sinkender Außentemperatur ab.

Im Rahmen der Datenerhebung wurde neben der Ladeleistung auch die Umgebungstemperatur während des Ladevorgangs erfasst (vgl. Bild 40). Dabei konnte festgestellt werden, dass die Umgebungstemperatur einen deutlichen Einfluss auf die Ladeleistung hat, und dies besonders bei Temperaturen von unter 10 °C. Umgebungstemperaturen unter 0 °C erhöhen die Ladedauer um rund ein Drittel gegenüber Temperaturen von über 10 °C. Oberhalb von 10 °C ist die Ladeleistung nahezu konstant. Grund hierfür sind die in den heutigen Fahrzeugen verbauten Lithium-Ionen-Akkus. Die dort verwendeten Elektrolyte sind flüssig und werden bei niedrigen Temperaturen zähflüssig. Dadurch verringert sich ihre Leitfähigkeit und somit die Leistung. Diese Zusammenhänge sind zumindest für Ladesäulen im Freien relevant.

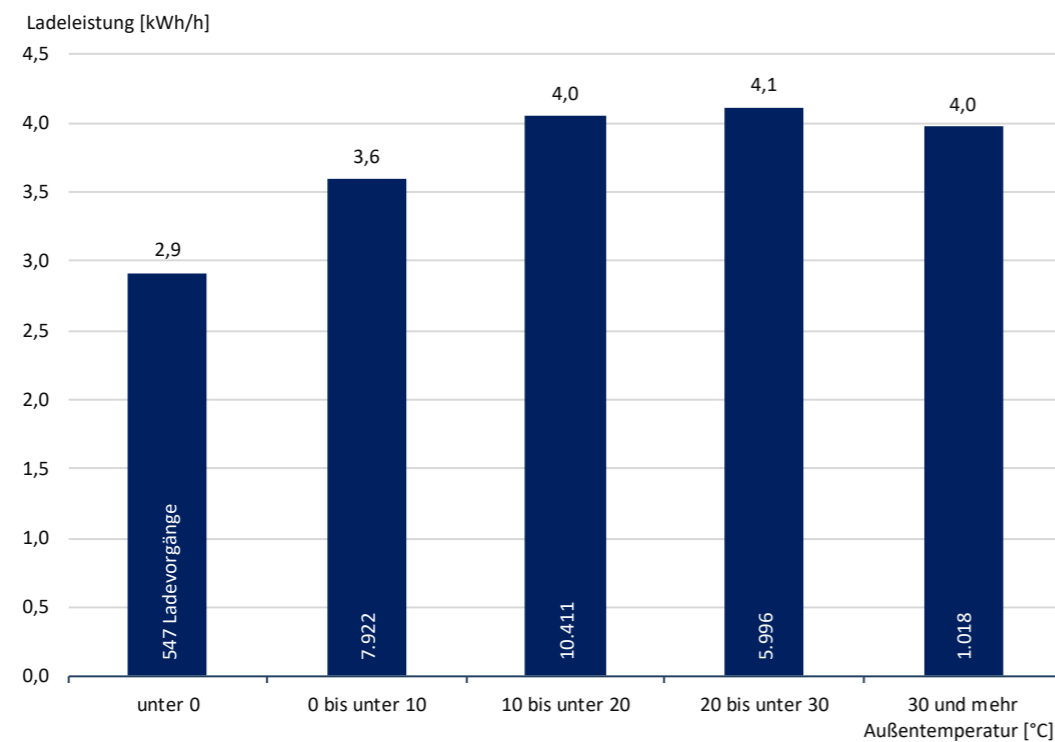


Bild 40:
Mittlere Ladeleistung [kWh/h] (BEV,
2018–2019) (Quelle: eigene Darstellung,
Datengrundlage: ZDM)

Nutzfahrzeuge mittlerer Größe laden durchschnittlich 1,2-mal pro Tag.

Die mittleren Nutzfahrzeuge der KEP-Dienste laden im Mittel 1,2-mal pro Tag und damit seltener als Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (1,5 beziehungsweise 1,6 Ladevorgänge pro Tag). Die Ladevorgänge beginnen größtenteils nach dem Betriebstag zwischen 15 und 17 Uhr. In Einzelfällen ist ein Ladevorgang in den Morgenstunden erkennbar. 60 % aller Ladevorgänge beginnen bei einem SoC größer 50 %. Die Untersuchung der Tagesfahrleistung zeigte bereits, dass die mittleren Nutzfahrzeuge nur etwa die Hälfte der verfügbaren Reichweite nutzen und die untersuchten Fahrzeuge wie beschrieben für den Einsatz bei KEP-Diensten geeignet sind.

4.4 Datenbasis Ladeinfrastruktur

Neben den Fahr- und Ladedaten, die durch Datenlogger in den Elektrofahrzeugen erfasst werden, steht dem ZDM auch eine Datenbasis zu Ladedaten aus geförderter Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Die Ladesäulen erfassen in sogenannten „Charge Detail Records“ (Ladeprotokollen) abrechnungsrelevante Daten von Ladevorgängen. Hierzu zählen neben Informationen zu Start und Ende des Ladevorgangs auch Angaben zu abgegebener Energiemenge und genutztem Stecker. Der Start- und Endzeitpunkt der Ladevorgänge werden über Start und Ende der Verbindung mit dem Fahrzeug erfasst (Stecker rein – Stecker raus). Die Zuordnung zu AC- und DC-Ladevorgängen erfolgt anhand des genutzten Steckers. Informationen zur tatsächlich genutzten Ladeleistung liegen nicht vor. Die Ladeprotokolle werden dem ZDM von allen Projekten aus dem Förderprogramm des BMVI zur Verfügung gestellt, soweit entsprechende Daten vorliegen.

Auch die Datenbasis der Betriebsdaten der Ladeinfrastruktur resultiert aus zwei Erhebungszeiträumen:

Erhebungszeitraum 2012–2017:

Die im ZDM erfassten 407 Ladesäulen (399 AC- und acht DC-Ladesäulen) der Projekte in Modellregionen und Schaufenstern Elektromobilität wurden im Wesentlichen in den Jahren 2012 bis 2017 installiert. Von den 407 Ladesäulen sind 317 öffentlich zugänglich. Daten liegen für 280.000 Ladevorgänge vor, davon 2.600 DC-Ladevorgänge.

Erhebungszeitraum 2018–2019:

Die im ZDM erfassten 207 AC- und 28 DC-Ladesäulen wurden im Standardprogramm gefördert und im Wesentlichen in den Jahren 2018 und 2019 installiert. Wie im ersten Erhebungszeitraum sind auch hier die meisten Ladesäulen öffentlich zugänglich (226 Ladesäulen). Daten liegen für ca. 131.000 Ladevorgänge vor, davon 23.000 DC-Ladevorgänge.

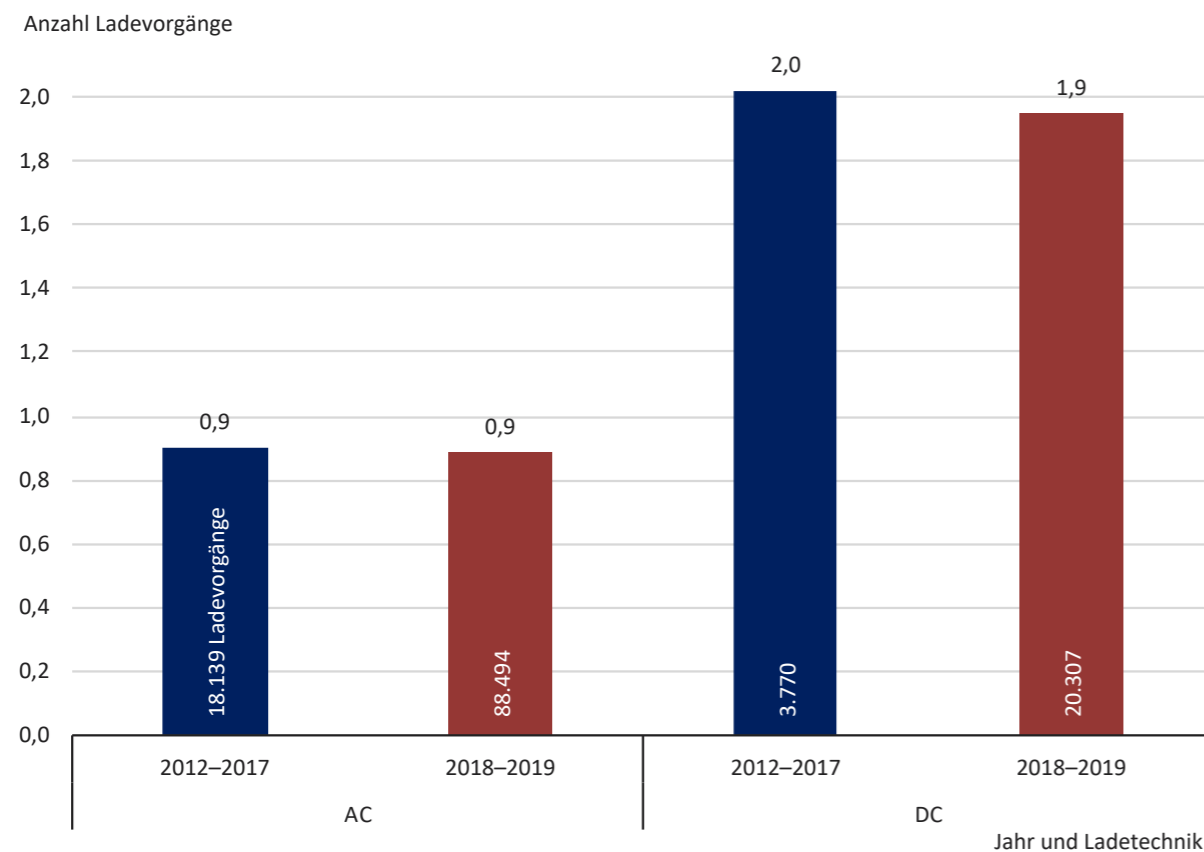
Aus den Ladedaten dieser Ladesäulen resultieren die Erkenntnisse in Kapitel 4.4.

4.5 E-Mobilität in der Praxis – Ladeinfrastruktur

Die Anzahl Ladevorgänge je Ladesäule ist sowohl beim AC-Laden als auch beim DC-Laden unverändert.

Die Anzahl Ladevorgänge je Ladesäule ist sowohl beim AC-Laden als auch beim DC-Laden nahezu unverändert geblieben (vgl. Bild 41). Da gleichzeitig die tägliche Fahrleistung gestiegen ist, lässt dies auf höhere Batteriekapazitäten und/oder eine abnehmende Reichweitenangst schließen. Auch hat sich die Verfügbarkeit von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur deutlich verändert. Während das mittlere Verhältnis von Fahrzeugen zu Ladeinfrastruktur seit Anfang 2016 deutschlandweit nahezu konstant geblieben ist, zeigt sich in vielen Regionen eine deutlich bessere Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur (vgl. Kapitel 2.3).

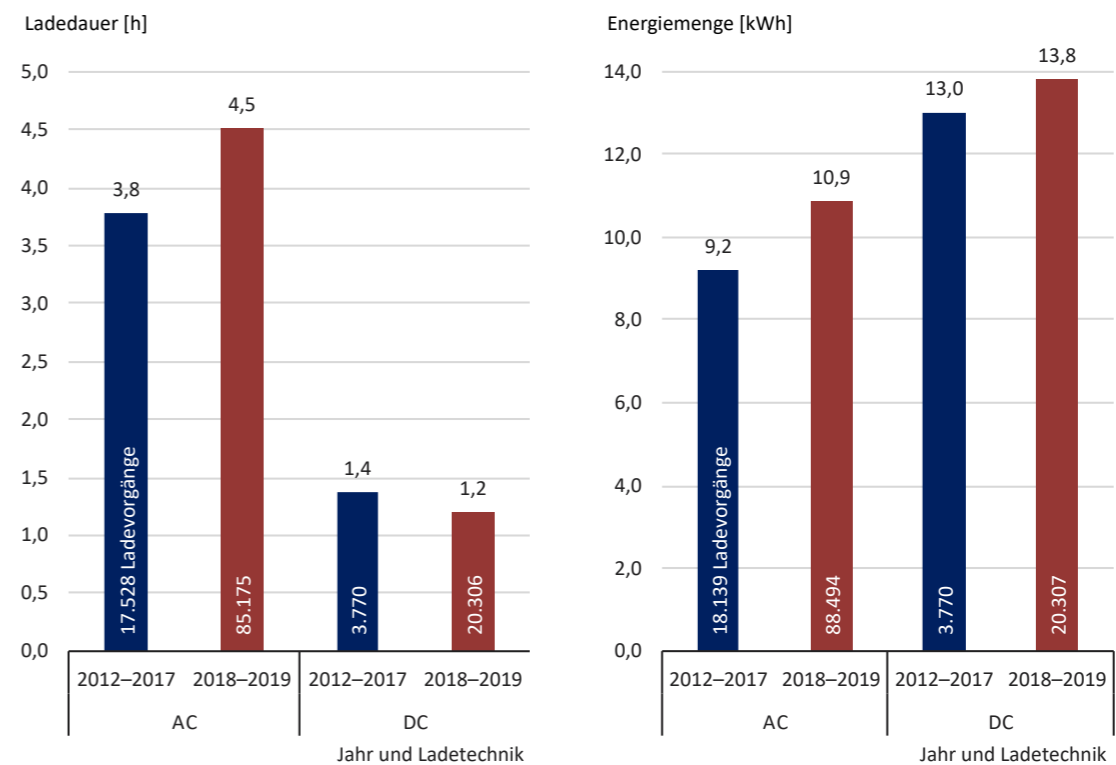
Bild 41:
Mittlere Anzahl Ladevorgänge pro Meldezeitag (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



Die Ladedauer an öffentlicher Ladeinfrastruktur ist leicht gestiegen.

Sowohl die mittlere Ladedauer an öffentlicher Ladeinfrastruktur als auch die abgegebene Energiemenge ist beim AC-Laden angestiegen (vgl. Bild 42). Dies ist insbesondere auf die gestiegenen Fahrtweiten zwischen zwei Ladevorgängen zurückzuführen (vgl. Bild 36). Die Ladedauer beim DC-Laden ist hingegen leicht gesunken. Gleichzeitig ist aber die aufgenommene Energiemenge je Ladevorgang im Mittel gestiegen. Dies lässt auf größere Batteriekapazitäten und Ladeleistungen der Fahrzeuge schließen.

Bild 42:
Mittlere Ladedauer und abgegebene Energiemenge je Ladevorgang an öffentlicher Ladeinfrastruktur (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



Die Unterschiede zwischen Energieabgabe und Energieaufnahme liegen im Mittel bei etwa 20 %.

Die Energieaufnahme des Fahrzeugs wird aus dem SoC bei Ladebeginn und Ladeende berechnet. Die an der Säule abgegebene Energiemenge kann dem Ladeprotokoll der Säule entnommen werden. Die Energieaufnahme des Elektrofahrzeugs liegt deutlich unter der Energieabgabe der Ladesäule. Abhängig von der Ladedauer (Zwischenladen oder Dauerladen) betragen die Ladeverluste zwischen 18 % und 20 % (vgl. Bild 43).¹⁹

¹⁹ Auch der ADAC Ecotest hat die Ladeverluste für verschiedene Fahrzeugmodelle ermittelt. Die Verluste liegen hier, zwischen 10 % und 20 % (vgl. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>).

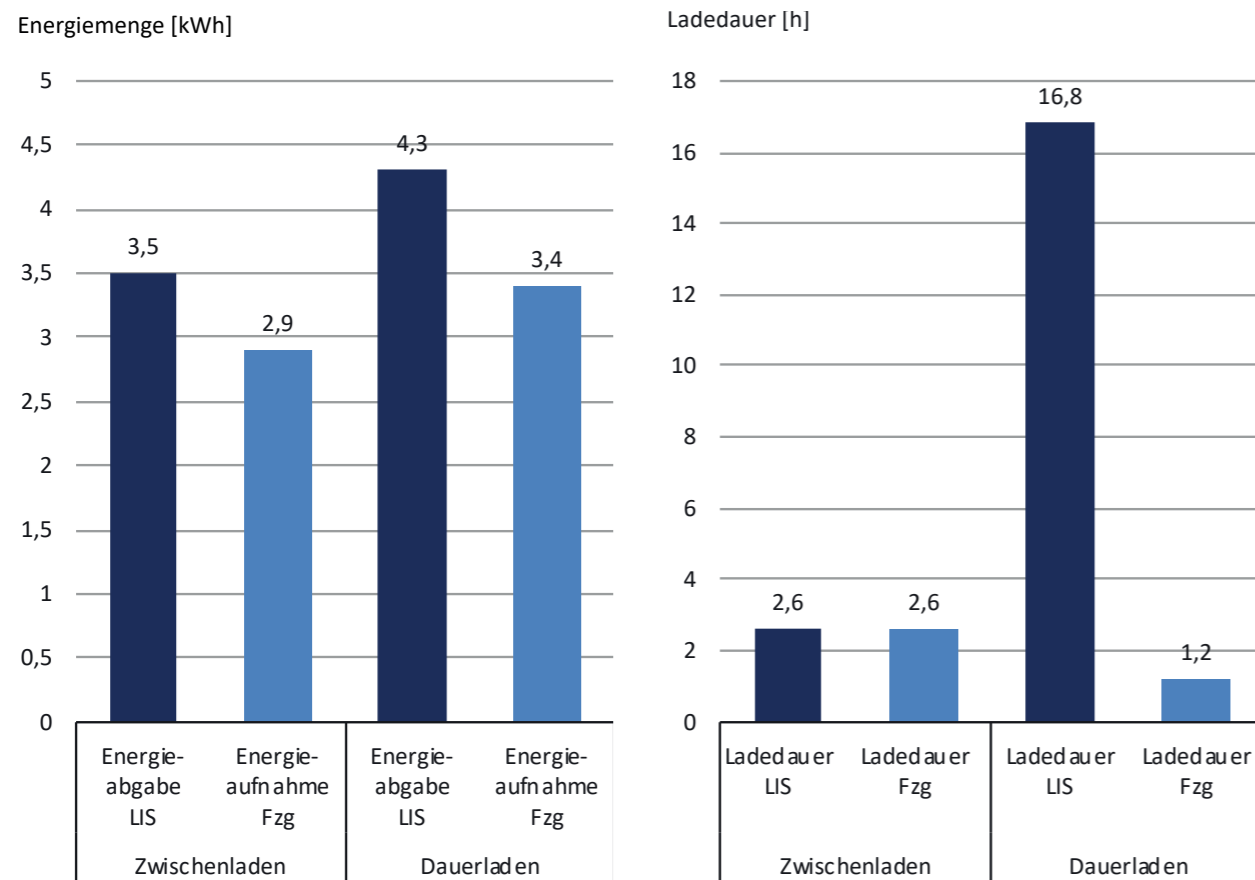


Bild 43:
Vergleich Energiemenge und Ladedauer
(Quelle: eigene Darstellung, Daten-
grundlage: ZDM)

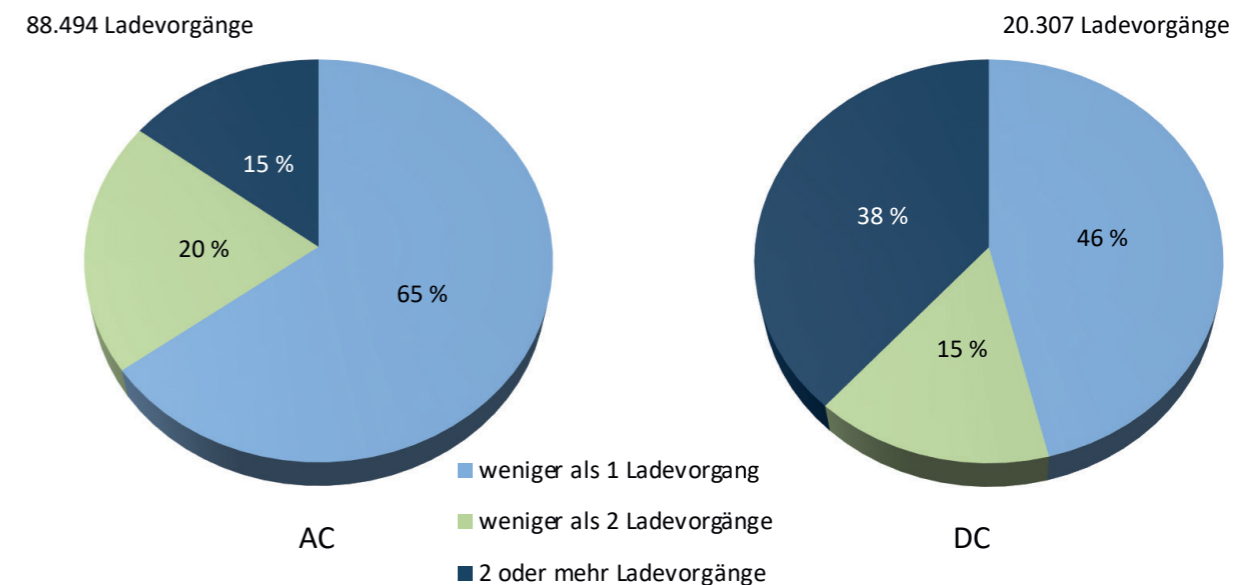
Die Dauer der Energieübertragung liegt beim Zwischenladen im Mittel bei knapp 2,6 Stunden und entspricht der Dauer, die das Fahrzeug mit der Ladesäule verbunden ist (vgl. Bild 43). Beim Dauerladen liegt die Dauer der Energieübertragung im Mittel bei nur 1,2 Stunden, während die Fahrzeuge fast 17 Stunden mit der Ladesäule verbunden sind. Dies bedeutet, dass die Fahrzeuge deutlich länger parken, als für den Ladevorgang notwendig ist, und damit die Ladesäule blockieren. Die Unterschiede zwischen den fahrzeugseitig und ladeinfrastrukturseitig gemessenen Ladedauern resultiert aus den unterschiedlichen Messmethoden (bei Säule: Stecker rein – Stecker raus, bei Fahrzeug: Vergleich SoC Ladebeginn und SoC Ladeende).

Um eine Reichweite von rund 100 km zu erreichen, muss ein Fahrzeug rund 1,5 Stunden an einer AC-Ladesäule mit 11 kW Leistung laden. An einer DC-Ladesäule mit einer Leistung von 50 kW werden für eine Reichweite von rund 100 km lediglich 20-30 Minuten benötigt.

An zwei Drittel der AC-Ladesäulen findet täglich weniger als ein Ladevorgang statt. An mehr als der Hälfte der DC-Ladesäulen wird mindestens einmal pro Tag geladen.

Die vom ZDM erfasste öffentliche Ladeinfrastruktur ist schwach bis sehr schwach ausgelastet (vgl. Bild 44). Das deutet zum einen darauf hin, dass Ladevorgänge vielfach nicht an öffentlichen Ladesäulen stattfinden, sondern auf dem eigenen Gelände. Ein solches Ladeverhalten ist in Anbetracht der Förderschwerpunkte (kommunale und gewerbliche Nutzung der Elektrofahrzeuge) erwartbar. Zum anderen muss die öffentliche Ladeinfrastruktur dem Fahrzeugbestand vorausseilen, um der Öffentlichkeit zu vermitteln, dass ausreichende Ladeinfrastruktur vorhanden ist (somit dem Kauf eines E-Fahrzeugs nicht entgegensteht) und nicht dauernd belegt ist (somit im Bedarfsfall nicht zur Verfügung steht).

Bild 44:
Anzahl Ladevorgänge je Tag
differenziert nach AC- und DC-Ladung
(Quelle: eigene Darstellung,
Datengrundlage: ZDM)



Die NPE²⁰ ging im Jahr 2018 bei einem bedarfsgerechten Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur von einem Verhältnis von 1:14 für Normalladen aus (das heißt ein Ladepunkt versorgt bis zu 14 Fahrzeuge). Für die öffentliche DC-Ladeinfrastruktur wird ein Verhältnis von 1:160 empfohlen. Ende 2019 lag das Verhältnis Ladepunkt (AC und DC) zu Fahrzeug bei etwa 1:5. Dieser Verhältniswert erklärt die noch geringe Auslastung öffentlicher Ladeinfrastruktur. Um das Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen zu erreichen, sind laut NPE die Installation von zusätzlich weiteren 70.000 AC-Ladepunkten und 7.100 DC-Ladepunkten notwendig.

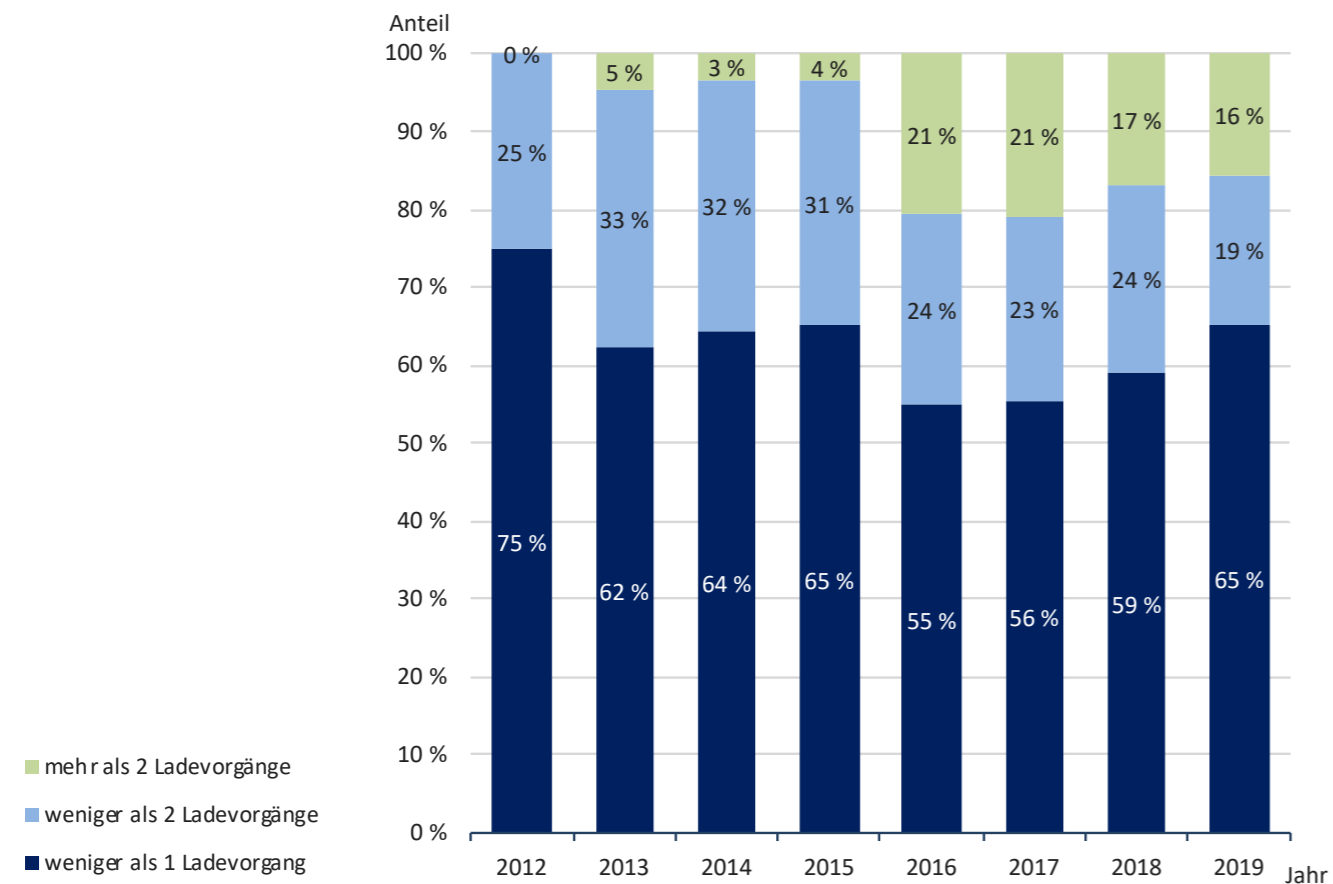
²⁰ vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2018): Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase.

Die häufigere Nutzung von DC-Ladesäulen im Vergleich zu AC-Ladesäulen ist dadurch zu erklären, dass DC-Ladevorgänge typischerweise von kurzer Dauer sind und somit problemlos unterwegs vollzogen werden können. Des Weiteren stehen Schnellladestationen oft an attraktiveren Orten als Normalladestationen (z. B. an POIs) und werden somit natürlicherweise häufiger angefahren.

Der zeitliche Verlauf zeigt eine steigende Auslastung der Ladesäulen.

Der zeitliche Verlauf zeigt für die Jahre 2012–2015 eine sehr geringe Auslastung der öffentlichen Ladeinfrastruktur (vgl. Bild 45). Ab 2016 ist eine deutlich stärkere Auslastung der öffentlichen Ladesäulen zu erkennen. Dabei handelt es sich überwiegend um Ladesäulen aus der zweiten Erhebungsphase.

Bild 45:
Entwicklung der Anzahl Ladevorgänge je Tag an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



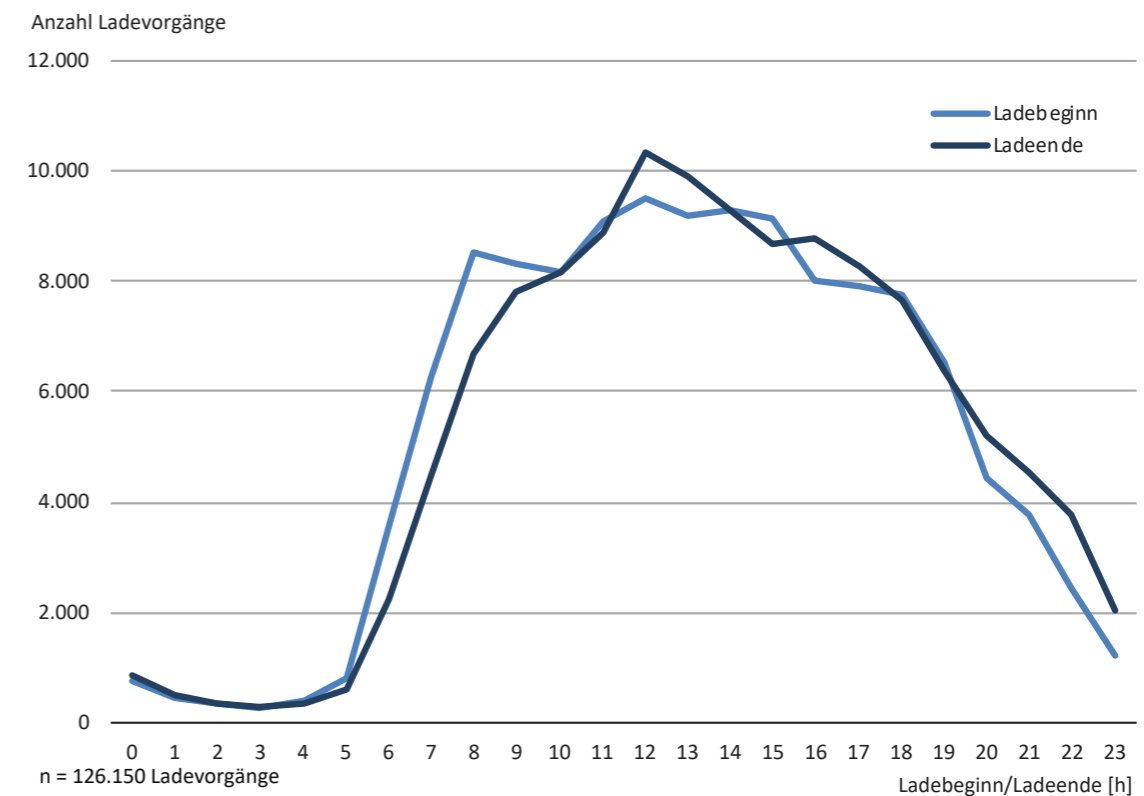
Mit dem fortschreitenden Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur ist ein leichter Rückgang in der Nutzung der Ladesäulen erkennbar. Dies lässt auf eine bessere Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur schließen. Mit einer durchschnittlichen Auslastung von 0,9 Ladevorgängen pro Tag stellt die öffentliche Ladeinfrastruktur zurzeit keinen Engpass für die weitere Verbreitung von Elektrofahrzeugen dar. Damit dies auch so bleibt, ist ein konsequenter und bedarfsgerechter Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur

erforderlich. Das BMVI hat dazu eine Internetplattform in Auftrag gegeben, mit deren Hilfe der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in Deutschland bedarfsgerecht geplant werden kann (www.standorttool.de, siehe auch Kapitel 2.3).

Die Ladevorgänge an einer öffentlichen Ladesäule beginnen bereits am frühen Vormittag. Die Nachfrage lässt gegen Abend deutlich nach.

Die meisten Ladevorgänge an einer öffentlichen Ladesäule starten zwischen 7.00 und 15.00 Uhr (vgl. Bild 46). Am Abend lässt die Nachfrage deutlich nach. Zwischen 23.00 Uhr abends und 5.00 Uhr morgens finden an öffentlichen Ladesäulen nur sehr wenige Ladevorgänge statt.

Bild 46:
Mittlere Anzahl Ladevorgänge im Tagesverlauf über alle Ladepunkte (AC- und DC-Laden) (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

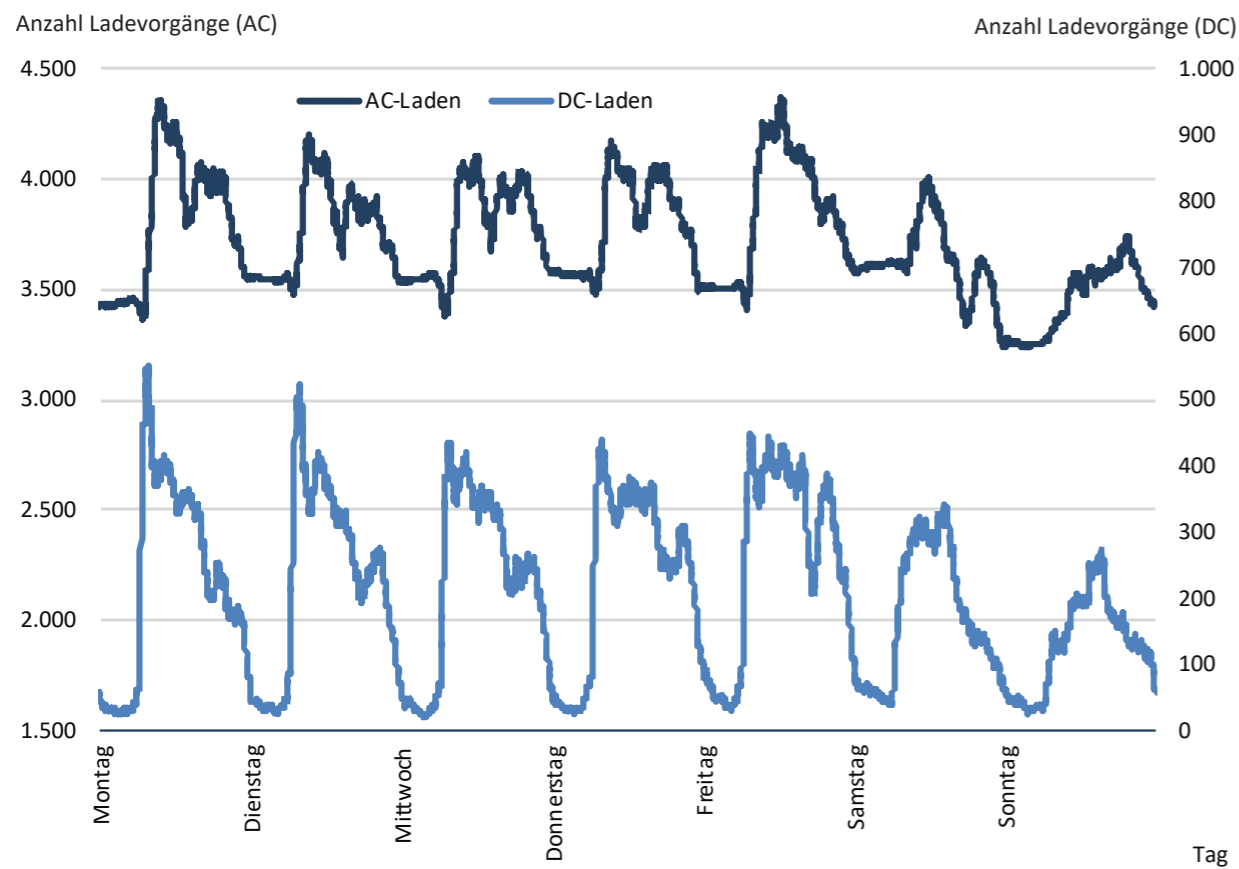


DC-Ladesäulen werden vormittags am meisten genutzt. AC-Ladesäulen sind wesentlich gleichmäßiger ausgelastet.

An DC-Ladesäulen beginnen besonders viele Ladevorgänge bereits gegen 6.00 Uhr, während sie an AC-Ladesäulen relativ gleichmäßig zwischen 8.00 und 15.00 Uhr starten. Die Wochenganglinie der Nutzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur zeigt Bild 47. Das Ladeverhalten ist an Werktagen (Montag–Freitag) recht ähnlich. Auffallend ist, dass AC-Ladesäulen über den Tag aufgrund der längeren Ladedauer eine hohe Grundauslastung aufweisen und dadurch wesentlich gleichmäßiger ausgelastet sind als DC-Ladesäulen. DC-Ladesäulen zeigen einen deutlichen Peak am frühen Morgen, der zumindest Montag bis Donnerstag im Tagesverlauf beinahe stetig abfällt. Dies wird ganz wesentlich auf die relativ hohe und für die gegenwärtige Nutzung völlig ausreichende Reichweite von schnellladefähigen Elektrofahrzeugen zurückgeführt.

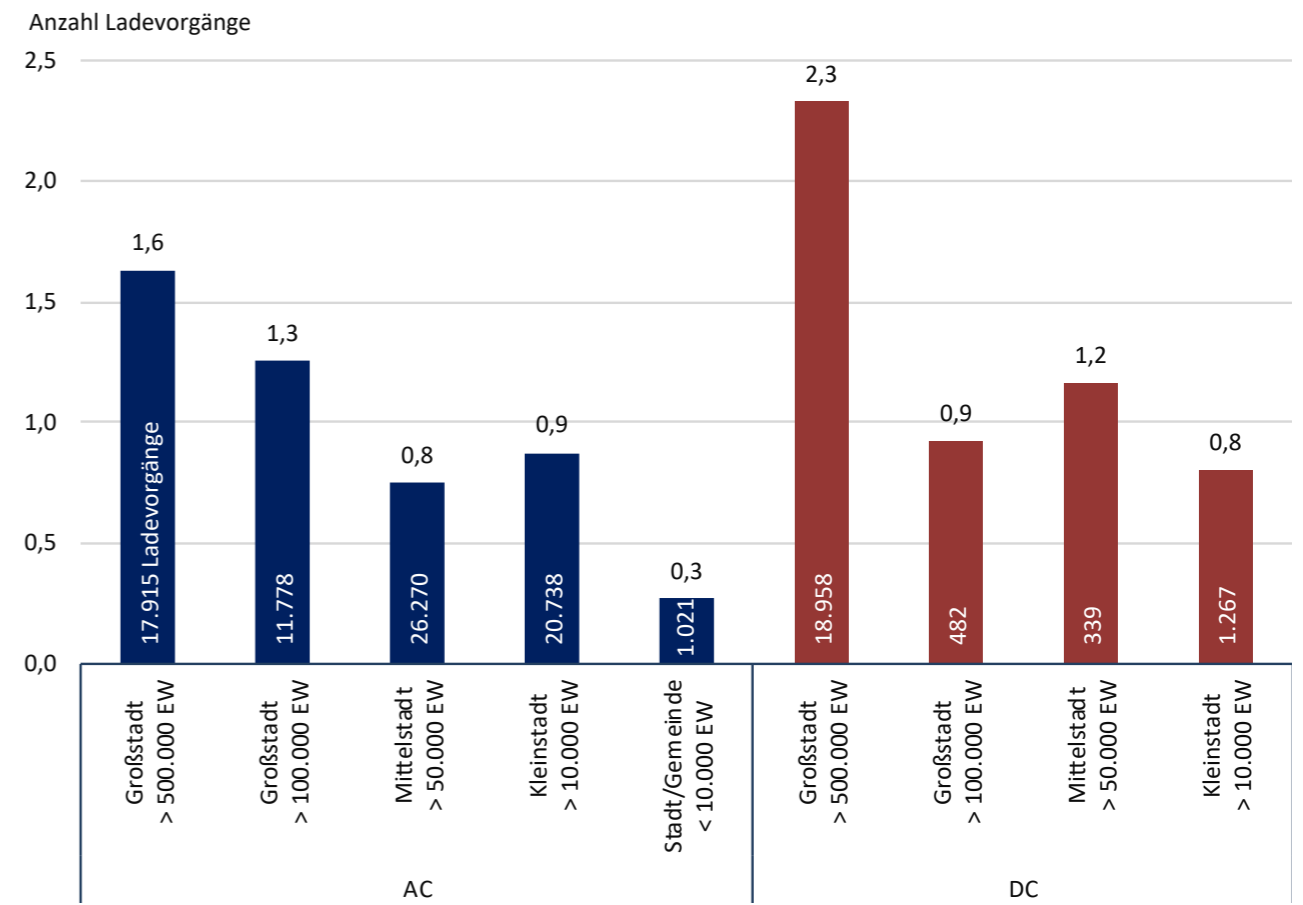
Je bevölkerungsreicher eine Stadt ist, umso mehr wird Ladeinfrastruktur nachgefragt. So wird zum Beispiel ein DC-Ladepunkt in einer Großstadt mit über 500.000 Einwohner im Mittel zweimal pro Tag genutzt, in einer Kleinstadt jedoch nur 0,8-mal.

Bild 47: Wochenganglinie der Nutzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)



Die Auslastung eines Ladepunkts hängt zusätzlich stark vom Standorttyp ab. So ist eine höhere Auslastung von AC-Ladepunkten (> 2 Ladevorgänge pro Tag) dort vorzufinden, wo Einkäufe oder Besorgungen getätigt werden, zum Beispiel in direkter Nähe zur Innenstadt oder an Einkaufszentren beziehungsweise größeren Supermärkten. Eine höhere Auslastung von DC-Ladepunkten (> 2 Ladevorgänge pro Tag) ist zum Beispiel in Zonen für Kurzzeitparker an Bahnhöfen oder Flughäfen zu erkennen.

Bild 48: Anzahl Ladevorgänge je Tag an öffentlicher Ladeinfrastruktur differenziert nach Raumtyp sowie AC- und DC-Ladung (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

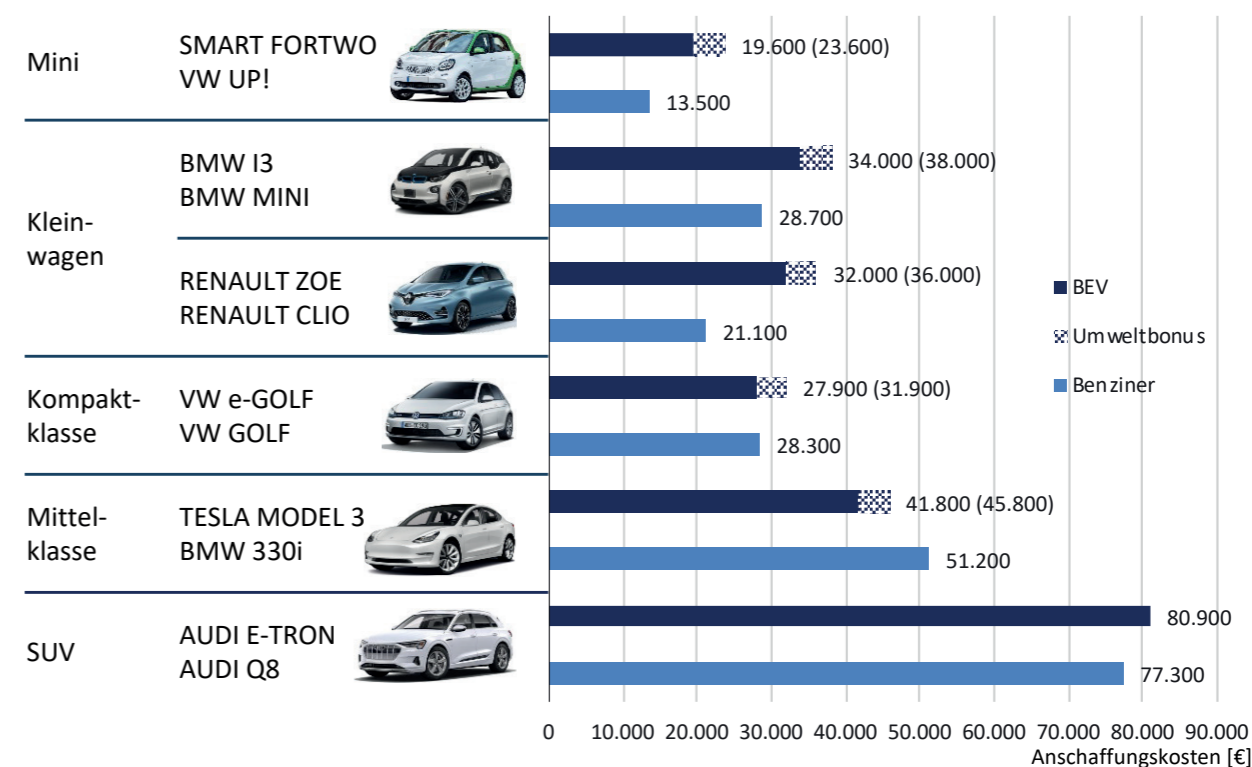


5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Aus der Alltagsperspektive gesehen, erbringen die vorstehenden Kapitel den Nachweis, dass Elektromobilität bereits heute in vielen Einsatzkontexten alltags- und praxistauglich ist. Dennoch entscheiden sich Fahrzeugkäufer vielfach gegen ein Elektrofahrzeug. Als wichtige Gründe gegen den Kauf werden oftmals Reichweite, Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur und Kosten/Wirtschaftlichkeit genannt. In der Tat sind viele E-Fahrzeuge in der Anschaffung teurer als ein vergleichbarer Verbrenner, im Wesentlichen wegen der derzeit hohen Batteriekosten.

Dies ist Anlass, die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen in diesem Kapitel näher zu beleuchten. Im Folgenden werden deshalb die Anschaffungskosten der sechs im Jahr 2019 am häufigsten verkauften E-Fahrzeugmodelle im Vergleich zu entsprechenden Pkw mit Verbrennungsmotor betrachtet. Die Vergleichsfahrzeuge wurden analog zum ADAC Kostenvergleich „E-Fahrzeuge + Plug-In Hybride gegen Benzin- und Diesel“²¹ nach vergleichbaren Leistungs- und Ausstattungsmerkmalen ausgewählt. Da nicht für alle Fahrzeugmodelle ein vergleichbarer Verbrenner mit Dieselmotor vorliegt, werden im Folgenden Elektrofahrzeuge nur mit Fahrzeugen mit Benzinmotor verglichen. Als Anschaffungspreis dient der Listenpreis des Herstellers. Der aktuell gültige Umweltbonus wird berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.2).

Bei den Segmenten Mini und Kleinwagen zeigt sich eine besonders große Differenz in den Anschaffungspreisen (vgl. Bild 49). Sowohl der Smart fortwo coupé EQ perfect mit einer Batteriekapazität von 17,6 kWh als auch der Renault ZOE R135 Z.E. 50 mit einer Batteriekapazität von 52 kWh sind selbst unter Berücksichtigung des Umweltbonus fast 50 % teurer als die vergleichbaren Benzin- oder Dieselfahrzeuge. Der BMW i3 (120Ah) mit einer Batteriekapazität von 37,9 kWh weist 20 % höhere Kosten als das Vergleichsfahrzeug mit Benzinmotor auf. Demgegenüber ist in der Kompaktklasse der e-Golf (35,8 kWh) unter Berücksichtigung des Umweltbonus geringfügig günstiger als der Golf mit Benzinmotor. Auch der Tesla Model 3 der Mittelklasse ist trotz einer hohen Batteriekapazität von 53 kWh unter Berücksichtigung des Umweltbonus günstiger als ein vergleichbarer Benzin- oder Dieselfahrzeug (hier BMW 330i). Für den Audi e-tron (86,5 kWh) kann aufgrund des Listenpreises von 80.900 EUR kein Umweltbonus in Anspruch genommen werden. Der Audi e-tron ist auch deshalb teurer als ein vergleichbarer Benzin- oder Dieselfahrzeug.



Unabhängig von Hersteller, Fahrzeugsegment und Modell steigen die Anschaffungskosten grundsätzlich mit zunehmender Batteriekapazität deutlich an. Beispielsweise steigt der Anschaffungspreis des Renault ZOE bei einer Batteriekapazität von 52 kWh anstatt 41 kWh um rund 3.000 EUR (+10 %). Hier gilt es also, zwischen Kosten und Reichweite abzuwägen und einen für den Einsatzkontext passenden Kompromiss zu finden.

Bild 49:
Vergleich der Anschaffungspreise (unter Berücksichtigung des Umweltbonus) von Elektrofahrzeug und Benzin- oder Dieselfahrzeug (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ADAC Kostenvergleich)

Die Wirtschaftlichkeit der Fahrzeuge wird neben den Anschaffungskosten vor allem durch die Betriebskosten geprägt. Hier liegen die Vorteile der E-Fahrzeuge, die deutlich niedrigere Betriebskosten als konventionelle Fahrzeuge aufweisen.

Als Grundlage für die Berechnung der Betriebs- und Fixkosten dienen in allen Fahrzeugsegmenten die durch den ADAC²² ermittelten Kosten für folgende Kostenkomponenten:

- Fixkosten (Haftpflichtversicherung, Vollkaskoversicherung, Kraftfahrzeugsteuer),
- Werkstattkosten (Ölwechsel und Inspektionen, typische Verschleißreparaturen, Reifenersatz) und
- Betriebskosten (Kraftstoffkosten,²³ Nachfüllkosten für Motoröl und AdBlue und einer Pauschale für Wagenwäsche/Pflege).

Für die Berechnung wird für alle Fahrzeuge eine Jahresfahrleistung von 10.000 km angenommen.

²¹ vgl. ADAC Kostenvergleich E-Fahrzeuge + Plug-In Hybride gegen Benzin- und Diesel. Stand: 10.2019. Online-Dokument: https://www.adac.de/_mmm/pdf/e-autosvergleich_260562.pdf (letzter Zugriff am 20.01.2020).

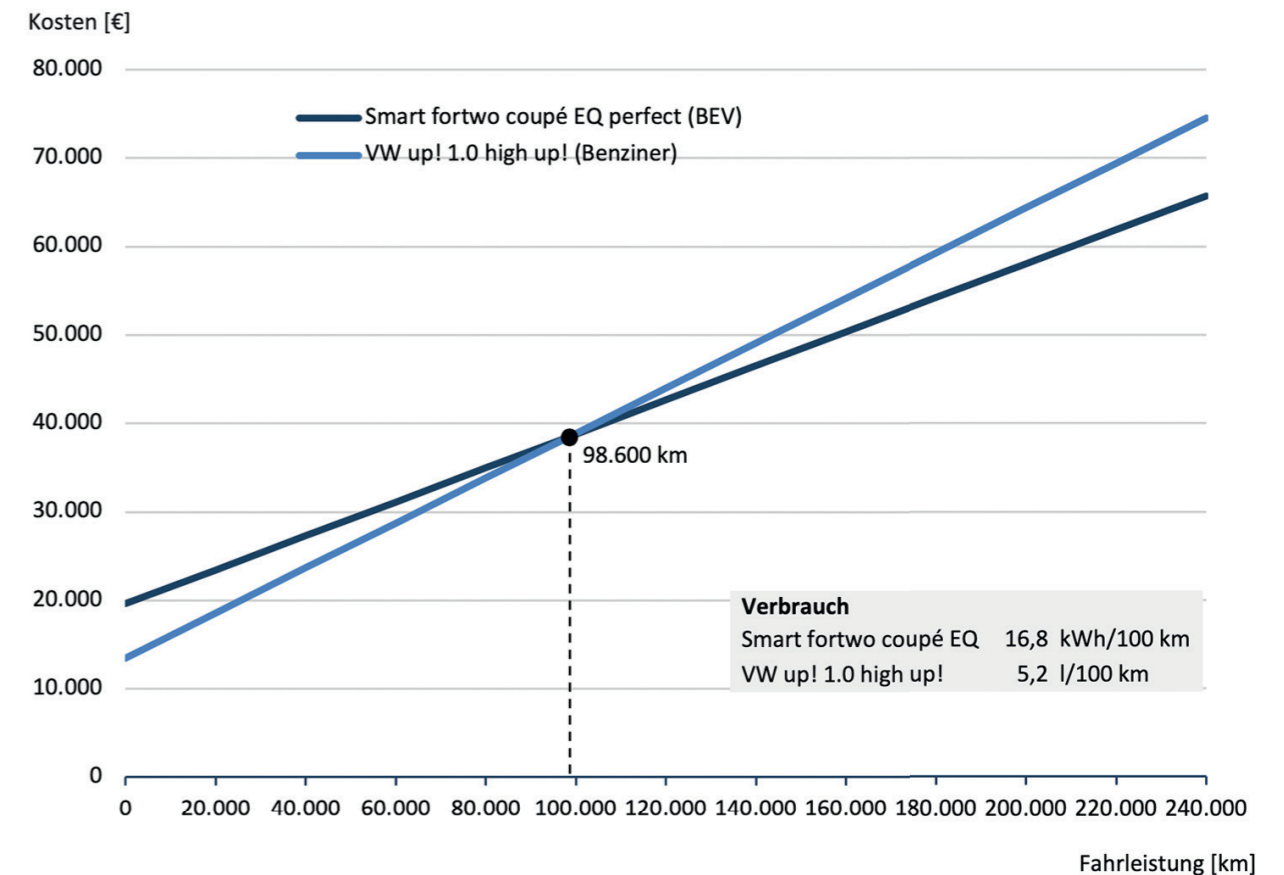
In den Segmenten Mini und Kleinwagen können Elektrofahrzeuge bereits nach 60.000 km wirtschaftlicher sein als vergleichbare Verbrenner.

Der Smart fortwo coupé EQ perfect (17,6 kWh) aus dem Segment Mini kostet in der Anschaffung unter Abzug des Umweltbonus rund 20.000 EUR und damit fast 50 % mehr als der vergleichbare Benziner (VW up! 1.0 high up!).

Bei einem Preis von etwa 0,35 EUR/kWh Strom und einem Verbrauch von etwa 16,8 kWh/100 km ergeben sich für den Smart fortwo Betriebskosten von ca. 5,90 EUR/100 km. Für den vergleichbaren Benziner (VW up! 1.0 high up!) sind dies etwa 7,40 EUR/100 km (Annahmen: Verbrauch 5,2 l Benzin/100 km,²⁴ Benzinpreis 1,43 EUR/l). Laut ADAC Ecotest²⁵ liegt der tatsächliche Verbrauch der Fahrzeuge sowohl bei den Verbrennern als auch bei den Elektrofahrzeugen 20–40 % über den Herstellerangaben.

Zur sachgerechten Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Fahrzeuge müssen alle relevanten Kosten berücksichtigt werden. Neben den Anschaffungs- und Betriebskosten fließen – wie oben bereits erwähnt – auch Fixkosten (Versicherung und Steuer) und Werkstattkosten in die Kostenbetrachtung ein. E-Fahrzeuge sind bei einer Zulassung bis Ende 2020 für zehn Jahre von der Kfz-Steuer befreit. Im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 wurde diese Befreiung bis 2025 verlängert. Auch die Werkstatt- und die Wartungskosten sind bei E-Fahrzeugen günstiger: Im ADAC-Autokostenvergleich liegen sie im Segment Mini/Kleinwagen rund 20 % unter denen eines vergleichbaren Benziners, in der Kompaktklasse sind es fast 30 %.

Die Betriebs- und Fixkosten liegen für den Smart fortwo coupé EQ aktuell bei 19 EUR/100 km, für den VW up! bei 25 EUR/100 km. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen würden die Gesamtkosten des Elektro-Smart somit erst nach einer Fahrleistung von rund 100.000 km unter die Gesamtkosten des vergleichbaren Benziners fallen (vgl. Bild 50). Unter der Annahme einer Jahresfahrleistung von 10.000 km entspricht dies einer Zeitspanne von zehn Jahren.



Im Fahrzeugsegment Kleinwagen übersteigt der Anschaffungspreis des BMW i3 (37,9 kWh) in Höhe von 34.000 EUR inkl. Umweltbonus den für einen vergleichbaren Benziner (BMW Mini Cooper S) um rund 20 %. Der Renault ZOE R135 Z.E. 50 Intens (52 kWh) kostet 32.000 EUR inkl. Umweltbonus und ist damit rund 50 % teurer als das vergleichbare Modell mit Benzinmotor (Renault Clio TCe 130 GPF Intens EDC).

Bild 50:
Vergleich der Gesamtkosten (unter Berücksichtigung des Umweltbonus) im Segment Mini von Elektrofahrzeug und Benziner (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ADAC Kostenvergleich)

²² ADAC Autokosten Herbst/Winter 2019/2020 Kostenübersicht für über 1.600 aktuelle Neuwagen-Modelle. Stand: 10.2019

²³ Diese werden ermittelt aus dem Kraftstoffverbrauch nach WLTP oder NEFZ sowie den aktuell durchschnittlichen Kraftstoffpreisen je Liter beziehungsweise kWh: Normal/Super 1,43 EUR, Super-Plus 1,51 EUR, Strom 0,35 EUR.

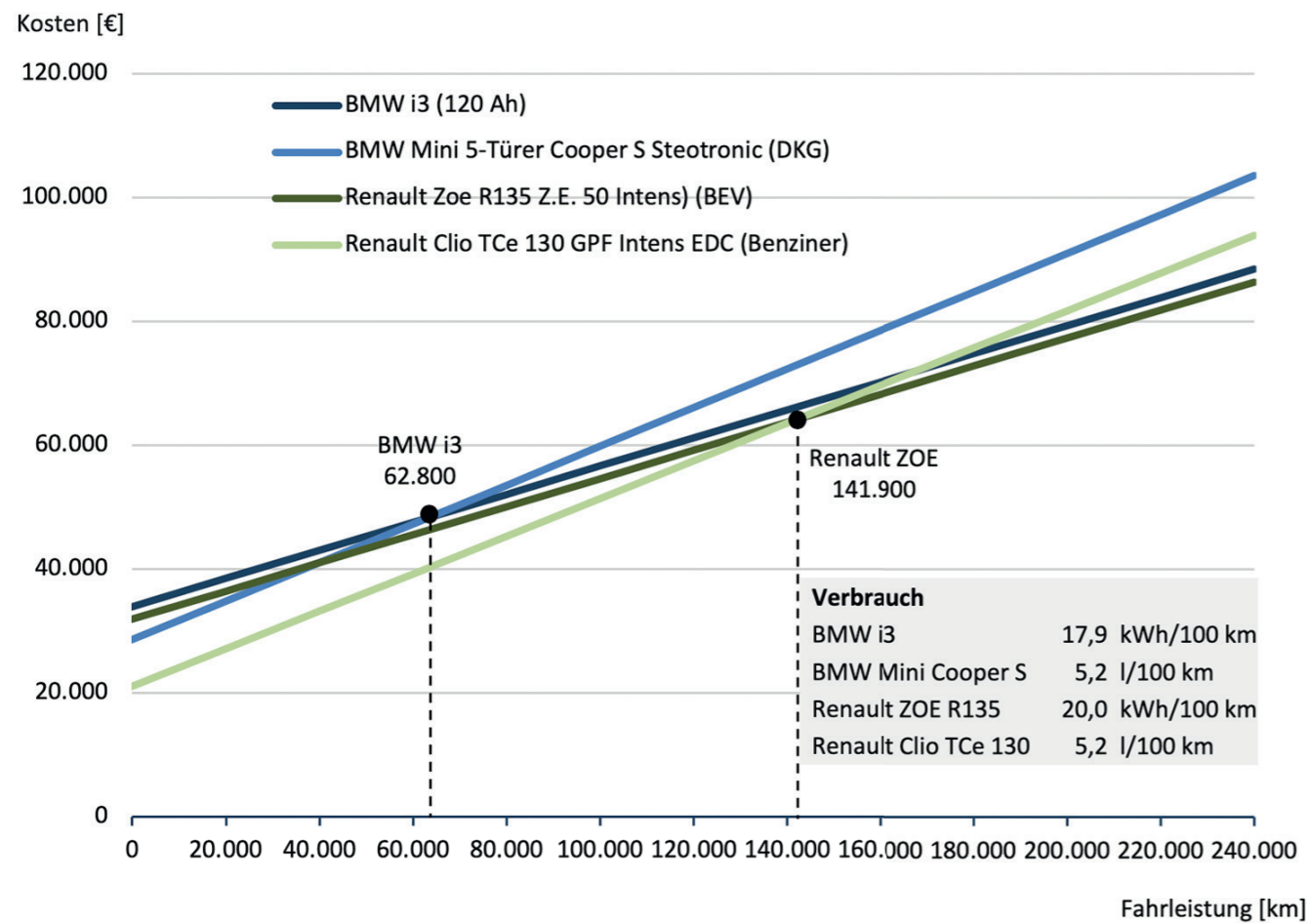
²⁴ Kraftstoffverbrauch nach WLTP/NEFZ

²⁵ Kraftstoffverbrauch nach WLTP/NEFZ

Die Betriebs- und Fixkosten für den BMW i3 liegen bei 23 EUR/100 km. Für den vergleichbaren Benziner (BMW Mini Cooper S) ergeben sich Betriebs- und Fixkosten von etwa 31 EUR/100 km. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen würden die Gesamtkosten des BMW i3 somit bereits nach einer Fahrleistung von rund 60.000 km unter die Gesamtkosten des vergleichbaren Benziners fallen.

Bild 51:
Vergleich der Gesamtkosten (unter Berücksichtigung des Umweltbonus) im Segment Kleinwagen von Elektrofahrzeug und Benziner (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ADAC Kostenvergleich)

Für den Renault ZOE R135 Z.E. 50 ergeben sich Betriebs- und Fixkosten in Höhe von 23 EUR/100 km, für den vergleichbaren Benziner (Renault Clio) in Höhe von 30 EUR/100 km. Aufgrund der großen Preisdifferenz in der Anschaffung gleichen sich die Gesamtkosten hier erst nach etwas mehr als 140.000 km (vgl. Bild 51).

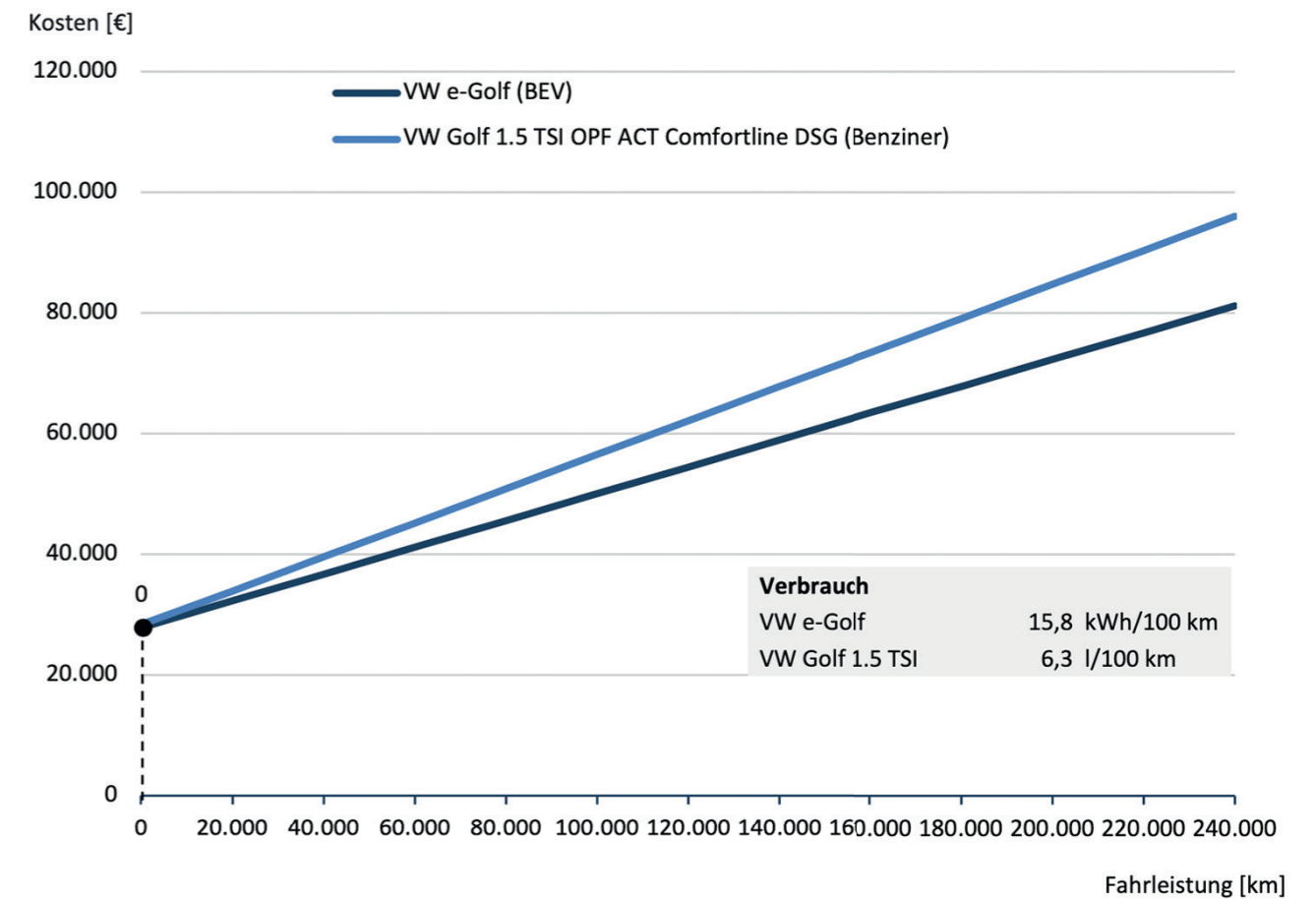


In der Kompaktklasse ist der e-Golf bereits in der Anschaffung nicht teurer als ein vergleichbarer Benziner.

Der e-Golf (35,8 kWh) kostet zurzeit 32.000 EUR (Stand September 2019). Abzüglich des Umweltbonus ergibt sich ein Anschaffungspreis von 28.000 EUR. Das vergleichbare Modell mit Benzinmotor (VW Golf 1.5 TSI) kostet mit ähnlicher Ausstattung ebenfalls etwa 28.000 EUR. Auch der Basispreis des Nachfolgemodells VW ID3 soll unter 30.000 EUR liegen (mit Umweltbonus 26.000 EUR). Der Anschaffungspreis eines e-Golfs liegt damit zurzeit in der Größenordnung des vergleichbaren Benziners.

Die Betriebs- und Fixkosten des e-Golf liegen bei 22 EUR/100 km, beim vergleichbaren Benziner bei 28 EUR/100 km. Aufgrund des nahezu identischen Anschaffungspreises ist der e-Golf vom ersten Tag an günstiger als das Vergleichsfahrzeug mit Verbrennungsmotor (vgl. Bild 52).

Bild 52:
Vergleich der Gesamtkosten (unter Berücksichtigung des Umweltbonus) im Segment Kompaktklasse von Elektrofahrzeug und Benziner (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ADAC Kostenvergleich)



Fahrzeuge aus den Segmenten Mittelklasse/SUV können bereits bei geringer Fahrleistung günstiger sein als vergleichbare Verbrenner.

Der Anschaffungspreis des Tesla Model 3 Standard Range Plus (53 kWh) in Höhe von 41.800 EUR inkl. Umweltbonus liegt rund 20 % unterhalb dem eines vergleichbares Verbrenners (BWM 330i Gran Turismo Sport Line Steptronic). Für den Audi e-tron 55 quattro (86,5 kWh) mit einem Anschaffungspreis von 80.900 EUR kann der Umweltbonus nicht in Anspruch genommen werden. Der Anschaffungspreis liegt trotzdem nur

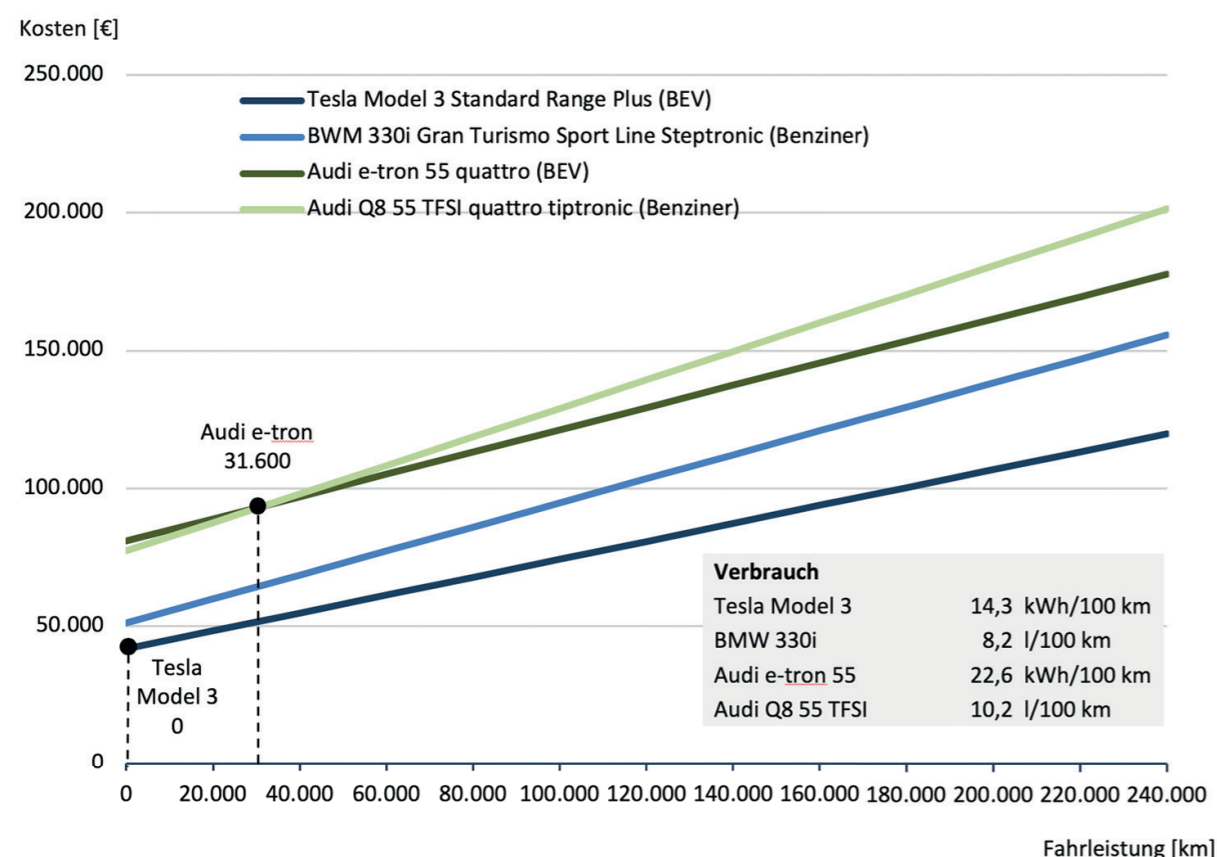


Bild 53:
Vergleich der Gesamtkosten (unter Berücksichtigung des Umweltbonus) im Segment Mittelklasse/SUV von Elektrofahrzeug und Benziner (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ADAC Kostenvergleich)

5 % über dem Preis des vergleichbaren Verbrenners (Q8 55 TFSI quattro tiptronic).

Die Betriebs- und Fixkosten für den BWM 330i Gran Turismo (Benziner) liegen bei rund 44 EUR/100 km, für den Tesla Model 3 jedoch nur bei rund 33 EUR/100 km.

Auch die Betriebs- und Fixkosten des Audi e-tron liegen bei einem Verbrauch von 22,6 kWh/100 km mit 40 EUR/100 km deutlich unter den Kosten für den vergleichbaren Benziner Q8 55 TFSI quattro tiptronic (52 EUR/100 km).

Die betrachteten Elektrofahrzeuge der Segmente Mittelklasse und SUV sind in der Beschaffung nur geringfügig teurer, teilweise sogar günstiger als vergleichbare Verbrenner. Die vergleichsweise geringen Betriebs- und Fixkosten der Elektrofahrzeuge bewirken, dass die Gesamtkosten der E-Fahrzeuge unterhalb der Kosten des jeweils

vergleichbaren Verbrenners liegen (für den Audi e-tron bereits nach 30.000 km, vgl. Bild 53).

Der Umweltbonus wirkt sich deutlich auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge aus.

Im Ergebnisbericht 2018²⁶ des ZDM wurden die Total Cost of Ownership (TCO) für einzelne Fahrzeugmodelle ausgewertet. Die TCO stellen die Lebenszykluskosten der Fahrzeuge über die gesamte Nutzungsdauer dar. Neben den zuvor dargestellten Anschaffungs-, Betriebs- und Fixkosten wird auch der Wertverlust der Fahrzeuge über den Nutzungszeitraum berücksichtigt. Der Auswertung in Bild 54 liegen die gleichen Annahmen aus dem aktuellen ADAC-Kostenvergleich zugrunde wie den vorherigen Auswertungen in diesem Kapitel. In 2018 wurden die Lebenszykluskosten für eine Jahresfahrleistung von 10.000 km untersucht. In der aktuellen Auswertung erfolgt der Kostenvergleich für verschiedene Jahresfahrleistungen zwischen 10.000 km und

Segment	Modell	Kraftstoff/Antrieb	Cent/km nach Kilometerleistung pro Jahr			
			10.000	15.000	20.000	30.000
Mini	Smart fortwo coupé EQ perfect	BEV	49,9	37,4	31	24,9
	VW up! 1.0 high up!	Super	43,3	33,1	28,9	24,0
Kleinwagen	BMW i3 (120 Ah)	BEV	67,0	51,1	42,4	34,0
	BMW Mini 5-Türer Cooper S Steptronic (DKG)	SuperPlus	66,7	50,0	42,7	34,8
	Renault ZOE R135 Z.E. 50 Intens	BEV	66,4	50,4	42,5	34,1
Kompaktklasse	Renault Clio TCe 130 GPF Intens EDC	Super	54,7	41,0	34,9	28,0
	VW e-Golf	BEV	61,2	45,8	38,4	30,4
Mittelklasse/SUV	VW Golf 1.5 TSI OPF ACT Comfortline DSG	Super	69,5	52,0	43,8	35,4
	Tesla Model 3 Standard Range Plus	BEV	79,3	57,7	47,0	37,0
	BMW 330i Gran Turismo Sport Line Steptronic	SuperPlus	114,7	85,4	71,0	57,2
	e-tron 55 quattro	BEV	140,9	102,2	84,5	66,4
	Q8 55 TFSI quattro tiptronic	Super	151	111,7	94,1	76

Bild 54:
Vergleich Total Cost of Ownership (unter Berücksichtigung des Umweltbonus) von Elektrofahrzeug und Benziner (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ADAC Kostenvergleich)

30.000 km. Der ADAC geht dabei von einer Haltedauer von fünf Jahren aus.

Während der Smart (Segment Mini) und der Renault ZOE (Segment Kleinwagen) auch bei einer Jahresfahrleistung von 30.000 km höhere Kosten je Kilometer aufweisen als die vergleichbaren Benziner, zeigt der BMW i3 bereits ab einer Jahresfahrleistung von 20.000 km geringere Gesamtkosten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch der ZDM-Ergebnisbericht 2018. Auch hier lagen die Lebenszykluskosten der betrachteten Elektrofahrzeuge der Segmente Mini und Kleinwagen bei einer Jahresfahrleistung von 10.000 km über den Kosten vergleichbarer Benziner. Anders als in der Untersuchung aus 2018 weisen die Elektrofahrzeuge der Kompakt- und Mittelklasse bereits bei einer Jahresfahrleistung von 10.000 km geringere Gesamtkosten auf als vergleichbare Benziner. Im Rahmen einer früheren Begleitforschung des BMVI-Förderprogramms Elektromobili-

²⁶ vgl. www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/2-modellregionen-elektromobilitaet/zdm-ivv-ergebnisbericht_final.pdf (letzter Zugriff am 17.01.2020).

²⁷ BMVI (2015): Elektromobilität in Flotten – Handlungsleitfaden. Online-Dokument: www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/3-begleitforschung/handlungsleitfaden-elektromobilitaet-in-flotten_web-k.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

tät zum Themenfeld Flottenmanagement²⁷ wurde die Wirtschaftlichkeit von 21 Elektrofahrzeugen im Flottenbetrieb untersucht. In der Kostenbetrachtung wurden Anschaffungskosten, Fixkosten (beinhalten ggf. Batteriemiete, Versicherung, Steuer und weitere Fixkosten) sowie variable Kosten (Kraftstoff- beziehungsweise Stromkosten) berücksichtigt. Nach dieser Studie liegen die Gesamtkosten für ein Elektrofahrzeug des Segments Mini ab einer Jahresfahrleistung von rund 23.000 km unter den Kosten eines vergleichbaren Benziners. Insgesamt unterstreichen alle Kostenbetrachtungen die Bedeutung der Fahrleistung für den wirtschaftlichen Betrieb von Elektrofahrzeugen.

Der Umweltbonus soll im Laufe des Jahres 2020 für rein elektrische Pkw mit einem Listenpreis von unter 40.000 EUR bei 6.000 EUR liegen, für E-Fahrzeuge mit einem Listenpreis von über 40.000 EUR bei 5.000 EUR. Bei Plug-in-Hybriden soll der Zuschuss bei einem Listenpreis bis 40.000 EUR auf 4.500 EUR und bei einem höheren Listenpreis auf 3.750 EUR erhöht werden. Elektrofahrzeuge mit einem Netto-Listenpreis von über 65.000 EUR werden nicht gefördert. Ein erhöhter Umweltbonus hat natürlich auch einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge. Unter dieser Voraussetzung würden bei ansonsten gleichbleibenden Annahmen zu Betriebs- und Fixkosten sowie Jahresfahrleistung die betrachteten Elektrofahrzeuge schon bei wesentlich geringeren Fahrleistungen wirtschaftlicher als vergleichbare Benzinere. Beispielsweise läge der Break-even-Punkt beim Smart bei 66.000 km (vorher 100.000 km) und beim BMW i3 bei 40.000 km (vorher 60.000 km).

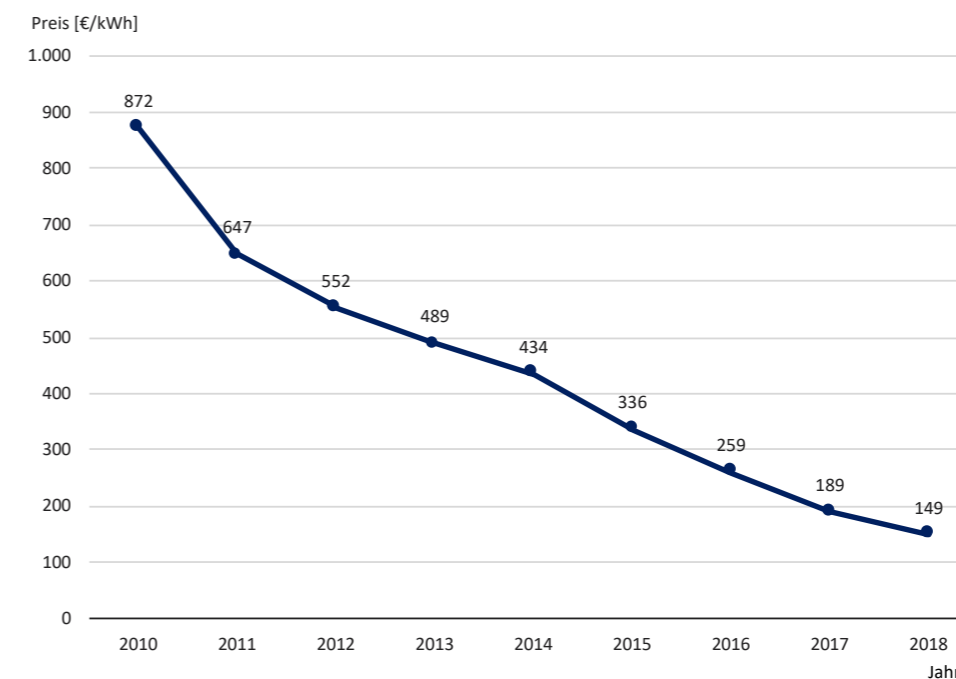
Bei der Beschaffung kommunaler Elektrofahrzeuge liegt die Förderung des BMVI im Rahmen des Förderprogramms Elektromobilität vor Ort aktuell bei bis zu 90 % der Investitionsmehrkosten. Durch die geringen Betriebskosten der Elektrofahrzeuge können hier die Mehrkosten der Fahrzeugbeschaffung bereits nach einer sehr geringen Fahrleistung ausgeglichen werden.

Sinkende Batteriekosten schaffen die Voraussetzung für sinkende Anschaffungspreise von Elektrofahrzeugen.

Ein wichtiger Kostenfaktor bei der Beschaffung eines Elektrofahrzeuges ist der Preis der Batterie. 2019 betragen die Kosten der Batterie für den Käufer eines Elektrofahrzeuges etwa 200–230 EUR je Kilowattstunde. So macht beim e-Golf, der eine Batteriekapazität von etwa 36 kWh aufweist, laut VW die Batterie mit ca. 8.000 EUR etwa 25 % des Gesamtpreises aus. Beim Renault ZOE beträgt der Preisunterschied zwischen dem Modell Life mit und ohne Batterie laut Hersteller etwa 8.000 EUR bei 41 kWh Batteriekapazität. Das entspricht Kosten von rund 200 EUR/kWh. Die Preisdifferenz zwischen dem Renault Kangoo Z.E. 2-Sitzer mit und ohne Batterie beträgt 7.400 EUR, sodass die Kosten der Batterie hier bei 225 EUR/kWh liegen.

Bei Betrachtung der Batteriepreisentwicklung zeigen sich stark sinkende Preise (vgl. Bild 55). So sind die Preise für Lithium-Ionen-Batterien nach Studien von BloombergNEF²⁸ und McKinsey&Company²⁹ seit 2010 um mehr als 80 % gesunken. 2018 lag der durchschnittliche Preis bei umgerechnet 149 EUR/kWh.³⁰ Die in der Studie angegebenen Batteriepreise stellen ein anhand der Verkaufszahlen gewichtetes Mittel der Marktpreise dar. Nach BloombergNEF werden die Preise auch zukünftig sinken. Die Prognose geht für 2024 von einem Preis von umgerechnet 85 EUR/kWh aus. 2030 kann der Preis sogar bei umgerechnet nur noch 56 EUR/kWh liegen. Auch eine Studie von Horváth & Partner³¹ unterstützt diese These und prognostiziert ab 2024 einen

Bild 55:
Entwicklung der Batteriekosten in EUR je kWh (Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: BloombergNEF, 2018)



Preis von 50–70 EUR/kWh.

Es ist davon auszugehen, dass sinkende Batteriepreise mittelfristig Einfluss auf die Kosten von Elektrofahrzeugen haben werden. Durch Änderungen von Angebot und Nachfrage, durch Lerneffekte bei den Herstellern, durch Kostenreduktion infolge Serienfertigung und dem steigenden Wettbewerb dürfte sich die Preisdifferenz zwischen Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor schneller als bislang angenommen reduzieren.

²⁸ BloombergNEF (2019). A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices. Online-Dokument: <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/> (letzter Zugriff am 15.01.2020).

²⁹ McKinsey&Company (2017). Elektromobilität: Mehrheit der deutschen Autokäufer vertraut etablierten Herstellern. Online-Dokument: <https://www.mckinsey.com/de/news/presse/elektromobilitat-mehrheit-der-deutschen-autokauffer-vertraut-etablierten-herstellern> (letzter Zugriff am 15.01.2020).

³⁰ Umgerechnet aus \$/kWh anhand des jeweiligen Wechselkurses des Bezugsjahres.

³¹ Horváth & Partner (2019). Elektroautos trotz sinkender Batteriepreise weiterhin 40 % teurer als Verbrenner. Online-Dokument: https://www.horvath-partners.com/de/presse/detail/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=45&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=500f93f0f1ddc80b930f339e8b0d39a5 (letzter Zugriff am 15.01.2020).

6 Klimabilanz der geförderten Fahrzeuge

Neben der Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen wird auch ihre ökologische Wirkung immer wieder kontrovers diskutiert. Besonders in der Herstellung der Elektrofahrzeuge sind höhere Emissionen festzustellen als bei Verbrennern. Daher gilt es, bei einer Klimabilanz (anders als bei der Klimabilanz des Verkehrssektors) nicht nur die Emissionen während der Nutzungsphase des Fahrzeugs (sogenannte „Tailpipe“-Emissionen), sondern die Emissionen des gesamten Lebenszyklus zu berücksichtigen. Hierzu zählen neben der Nutzung des Elektrofahrzeugs auch Ressourcengewinnung, Herstellung, Transport und die finale Entsorgung. Die Umweltauswirkungen der unterschiedlichen Phasen eines „Fahrzeugslebens“ werden somit sichtbar und können den jeweiligen Fahrzeugen mit ihren verschiedenen Antrieben zugeordnet werden.

Im Abschlussbericht „Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen“ (2016)³² der früheren Begleitforschung „Innovative Antriebe und Fahrzeuge“ sowie im letzten Ergebnisbericht des Zentralen Datenmonitorings (2018)³³ wurden bereits die Betriebsdaten der bis dahin geförderten und mit Datenloggern versehenen Fahrzeuge analysiert und folgende zentrale Aussagen festgehalten:

- Die Herstellung von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) ist ressourcen- und energieintensiver als die Herstellung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, hauptsächlich getrieben durch den Energiebedarf der Batterieproduktion.
- Bei Nutzung eines BEV wird je gefahrenem Kilometer weniger CO₂ freigesetzt als bei Verbrennern, inklusive der Emissionen in der Vorkette der Stromproduktion.
- Je größer die Lebensfahrleistung eines BEV, umso größer ist die CO₂-Ersparnis im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, auch wenn sich, je nach Annahme zu den verschiedenen Parametern, die konkreten Zahlen von Studie zu Studie unterscheiden.
- Strom aus erneuerbaren Energiequellen wirkt sich entsprechend positiv auf die Treibhausgas-Ersparnis aus.

³² vgl. https://now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/3-begleitforschung/now_handbuch_elektrofahrzeuge_web.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

³³ vgl. https://now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/2-modellregionen-elektromobilitaet/zdm-ivv-ergebnisbericht_final.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

Im hier vorliegenden Bericht wird besonderes Augenmerk auf die Betriebsdaten von Elektrofahrzeugen gelegt, die im Zeitraum von 2018 und 2019 erfasst wurden, um neue Entwicklungen zu analysieren.

Für eine umfassende Klimabilanz eines Fahrzeugs werden verschiedenste Daten benötigt, z. B. Daten der Herstellungsprozesse von Fahrzeugkomponenten und Vorketten der genutzten Materialien. Im ZDM werden jedoch nur die Stammdaten sowie umfangreiche Fahr- und Ladedaten aus dem Realbetrieb ausgewählter geförderter Fahrzeuge gesammelt (vgl. Kapitel 1). Der vorliegende Bericht beschränkt sich deswegen auf Beobachtungen bei den geförderten Fahrzeugen und macht keine Aussagen über andere relevante Themen wie z. B. Batterieproduktion. Dieses Kapitel erhebt nicht den Anspruch, eine eigene Klimabilanz zu erstellen, sondern vielmehr gesammelte und relevante Daten zu veröffentlichen und deren Trends und Tendenzen aufzuzeigen. Hierzu wird im Folgenden zunächst die Herstellungs- und schließlich die Nutzungsphase betrachtet. Diese realdatenbasierte Analyse ergänzt bestehende Klimabilanzstudien in besonderem Maße.

Die Klimabilanz der BEV wird in der Herstellungsphase im Wesentlichen von der Batterieherstellung geprägt

Hintergrund

Die Klimabilanz der Herstellung von BEV unterscheidet sich von vergleichbaren Verbrennern hauptsächlich durch die zusätzlichen Emissionen der Batterieherstellung. Während für die Herstellung des Rumpfes und Antriebs eines Kompaktklassefahrzeugs knapp über 7 t CO₂-Äquivalent emittiert werden, schlägt eine Batterie mit einer Kapazität von 35 kWh mit rund 5 t CO₂-Äquivalent zu Buche, Batterien mit 60 kWh Kapazität werden mit 8,7 t bilanziert.³⁴ Die wichtigsten Parameter der Batterieklimateilbilanz sind mit absteigender Gewichtung die Batteriegröße (Kapazität Energiespeicher), ihre Energiedichte (Energieinhalt bezogen auf das Gewicht), der Energiebedarf für die Herstellung und die Zellchemie.³⁵

³⁴ vgl. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2019/Klimabilanz_Batteriefahrzeugen/32_Klimabilanz_strombasierten_Antrieben_Kraftstoffen_WEB.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

³⁵ vgl. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

Einblicke Datenbasis ZDM

Die in den Fahrzeug-Stammdaten des ZDM erfassten Batteriekapazitäten der Fahrzeuge (jeweils für das Jahr ihrer Zulassung/Erfassung) sind in Bild 56 dargestellt. Hierbei ist außer im Segment Mini eine Vergrößerung der Batteriekapazitäten im Verlauf der letzten Jahre festzustellen.

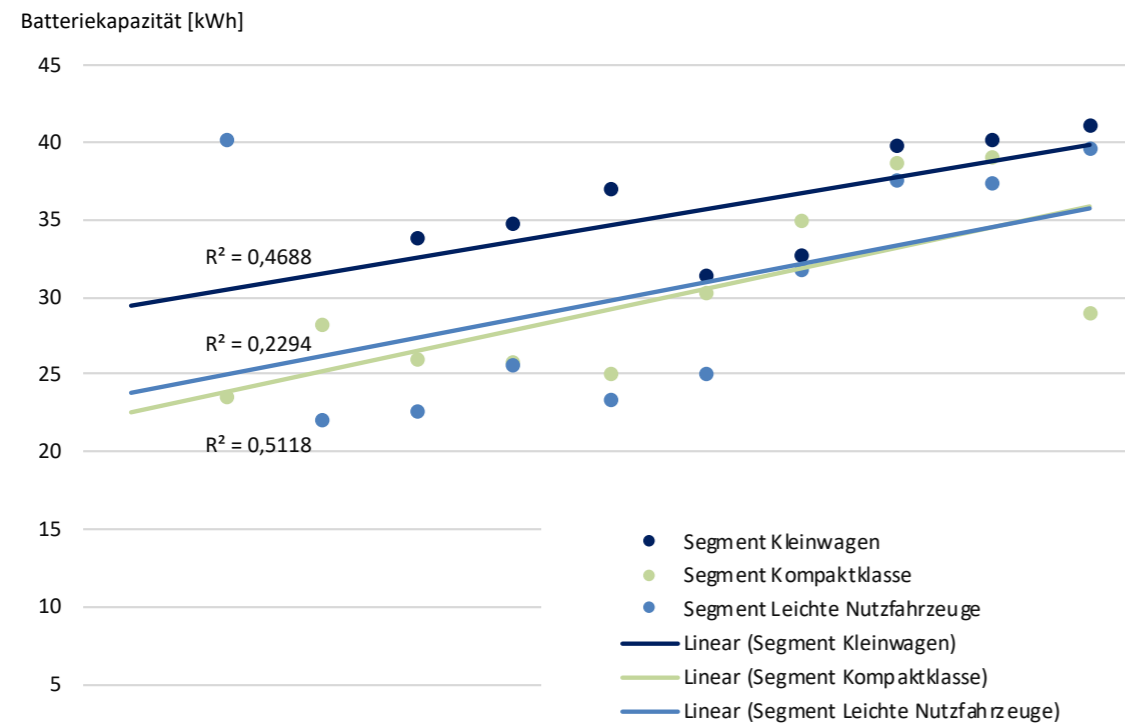


Bild 56:
Entwicklung der durchschnittlichen Batteriekapazitäten (in kWh) der im ZDM erfassten Fahrzeuge
(Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage: ZDM)

Dieser Trend spiegelt die Entwicklung am europäischen Markt im gleichen Zeitraum³⁶ wider und scheint sich auch in den Ankündigungen zukünftiger Modelle fortzusetzen.³⁷ Prinzipiell bedeutet dies eine sich verschlechternde Klimabilanz von BEV, wenn nicht gleichzeitig die anderen Parameter der Batterieklimateilbilanz gesenkt werden. Bisher wurden Energiedichte und Zellchemie der verbauten Batterien nicht explizit im ZDM erfasst. Perspektivisch ist allerdings davon auszugehen, dass sich die Energiedichte der verbauten Fahrzeugbatterien erhöhen wird und sich die Klimaauswirkungen dadurch verringern werden. Eine höhere Batteriedichte ermöglicht kleinere Batterien und somit einen geringeren Rohstoff- und Energiebedarf bei der Herstellung. Der Einfluss der Zellchemie auf die Klimabilanz lässt sich nicht pauschal abschätzen, sondern müsste im Detail modelliert werden. Um den Einfluss dieser beiden Parameter auf die Klimabilanz von BEV in Zukunft genauer beobachten zu können, ist es sinnvoll, die dafür notwendigen Daten in das ZDM aufzunehmen.

³⁶ vgl. https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV_Government_WhitePaper_20180514.pdf (Letzter Zugriff am 30.01.2020).

³⁷ z. B. <https://www.volkswagen.de/de/modelle-und-konfigurator/id3.html#e-Technologie>

Letztlich ist der Energiebedarf für die Herstellung der Batterie eines BEV von großer Bedeutung für die Klimabilanz. Allerdings ist dies kein Indikator, welcher im ZDM anhand der Fahrzeugstammdaten erfasst werden kann. Es ist anzunehmen, dass heute wie auch zukünftig energieeffiziente Herstellungsprozesse aus Kostengründen favorisiert werden. Auch die Emissionen der Strombereitstellung für die Produktion sind von hoher Relevanz. Deswegen sind Initiativen von Batterieherstellern zur Versorgung ihrer Werke mit Strom aus regenerativer Erzeugung begrüßenswert.

Elektrofahrzeuge haben in der Nutzungsphase keine direkten CO₂-Emissionen und kompensieren im Laufe ihrer Nutzung die höheren Emissionen der Batterieproduktion.

Hintergrund

Bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor wird in der Nutzungsphase durch die Verbrennung des zumeist fossilen Kraftstoffes CO₂ freigesetzt, was bei Elektrofahrzeugen nicht der Fall ist. Betrachtet man die Klimabilanz allerdings aus einer Lebenszyklusperspektive, wird in der Nutzungsphase auch die Bereitstellung der Energie (geladener Strom) für das Fahrzeug berücksichtigt. Selbst in diesem Falle sind die Klimagasemissionen eines BEV pro Kilometer niedriger als die eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor.^{38,39} Das bedeutet: Im Laufe ihrer Nutzung kompensieren BEV die höheren Emissionen der Batterieproduktion. Je nach Annahmen zu den Klimagasemissionen des geladenen Stroms und dem Energieverbrauch der Fahrzeuge gibt es einen sogenannten Break-even-Punkt, ab dem ein BEV gegenüber einem vergleichbaren Verbrenner eine bessere Klimabilanz aufweist. In einer aktuellen Studie⁴⁰ zu Pkw der Kompaktklasse wurde dieser Break-even-Punkt im Vergleich zu Benzin-Fahrzeugen bei 60.000 km und im Vergleich zu Diesel-Fahrzeugen bei 80.000 km erreicht.⁴¹

³⁸ vgl. BMWI (2016): Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen. Online-Dokument: https://now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/3-begleitforschung/now_handbuch_elektrofahrzeuge_web.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

³⁹ vgl. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2019/WP02-2019_Treibhausgasemissionsbilanz_von_Fahrzeugen.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

⁴⁰ https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

⁴¹ In der 2016 veröffentlichten Studie „Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen“ lagen diese Break-even-Punkte bei 60.000 km für Benzin-ICEVs und 125.000 km für Diesel-ICEVs. Der erhebliche Unterschied liegt daran, dass in dieser Studie mit NEFZ-Werten gerechnet wurde, welche in Agora Verkehrswende (2019) durch Daten aus dem ADAC Ecotest ergänzt wurden. Ein anderer Unterschied ist in den zugrunde gelegten Klimagasemissionen des geladenen Stroms, welche bei Agora Verkehrswende (2019) fortschreitende Verbesserung im Zuge der Energiewende annehmen. Diese Anpassungen und detaillierten Modellierungen werden hier übernommen.

Einblicke ZDM: Fahrleistung der Fahrzeuge

Entsprechend erreicht ein BEV nach dem Überschreiten dieser Break-even-Punkte mit steigender Lebensfahrleistung größere Klimavorteile gegenüber einem vergleichbaren Verbrenner. Zentraler Parameter im ZDM in Bezug auf die Nutzungsphase des Lebenszyklus ist daher die bereits in Kapitel 4.2 beschriebene Jahresfahrleistung der geförderten Fahrzeuge. Für die damit verbundenen Einsatzkontexte der Elektrofahrzeuge lässt sich bestimmen, nach wie vielen Jahren ein BEV gegenüber dem vergleichbaren Verbrenner Klimagasemissionen einspart. In der Periode 2018–2019 wurden (jeweils im Mittel) Dienstwagen 8.650 km/Jahr, Pkw-Flotte (Firmen) 7.179 km/Jahr und Pkw-Flotte (kommunal) 5.990 km/Jahr gefahren (siehe Bild 28). Bei Berücksichtigung dieser tatsächlichen Jahresfahrleistungen innerhalb des Förderprogramms werden die Break-even-Punkte bei den Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Diesel bzw. Benzin/Ottomotoren jeweils nach folgenden Jahren überschritten: Dienstwagen nach 9,2/6,9 Jahren, Pkw-Flotte (Firmen) nach 11,1/8,4 Jahren und Pkw-Flotte (kommunal) nach 13,4/10,0 Jahren.

Prinzipiell sind BEV hervorragend für den Einsatz in kommunalen Flotten geeignet, es werden aber relativ kurze Strecken im urbanen Raum zurückgelegt, wofür geringere Batteriekapazitäten nötig sind und die Luftreinhaltung hohe Priorität besitzt. Daher sollte nach Möglichkeiten gesucht werden, kommunale E-Fahrzeuge insgesamt stärker auszulasten und damit wesentlich höhere Jahresfahrleistungen zu erreichen. Dies kann zum Beispiel durch verbessertes Flottenmanagement und – damit einhergehend – Verkleinerung von Flotten erreicht werden. Technische Ansätze, die das unternehmensübergreifende Teilen von Flotten mit verschiedenen gewerblichen Nutzern ermöglichen, werden z. B. aktuell im F&E-Projekt „Smart eFleets“ im Rahmen der Förderrichtlinie „Elektromobilität vor Ort“ entwickelt und erprobt.⁴²

Die hier vorgenommene Analyse zeigt auch die Wichtigkeit, die Batteriekapazität dem Einsatzkontext anzupassen: Urbane kommunale und gewerbliche Flotten sowie KEP-Dienste benötigen keine größeren Batterien, als derzeit in Gebrauch.

Tatsächlich wurde eine leichte Zunahme der Jahresfahrleistungen der im ZDM untersuchten Fahrzeuge in allen Nutzungskontexten zwischen 2012 und 2019 festgestellt (siehe Seite 45). Dies verdeutlicht beispielsweise, dass die Fahrzeuge aus dem früher eher forschungsseitigen Einsatz (F&E-Forschungswelt bis 2015/16) mittlerweile in den realen Flottenbetrieb integriert werden und das Förderprogramm seine Vorteile beim Endnutzer ausspielt. Der Energieverbrauch ist ein weiterer die Klimabilanz beeinflussender Parameter. Dieser hängt von Antriebsart, Größe bzw. Gewicht des Fahrzeugs und dem angenommenen Fahrzyklus ab und kann durch direkte Messungen am Fahrzeug ermittelt werden.

⁴² vgl. <https://www.smartfleets.berlin/> (letzter Zugriff am 30.01.2020).

Der Energieverbrauch pro 100 gefahrenen Kilometern der im ZDM erfassten Fahrzeuge wurde in Bild 33 mit seinen temperaturabhängigen Schwankungen im Jahresverlauf dargestellt. Dieser liegt im Jahresmittel bei 16,3 kWh/100 km, was eine Verbesserung zu den im ZDM-Zwischenbericht 2018 ermittelten 17 kWh/100 km darstellt. Zum Vergleich werden in der Studie von Agora Verkehrswende 16 kWh/100 km für einen Kompaktklassewagen mit gemischtem Fahrprofil⁴³ angenommen.

In der weiteren Entwicklung der Elektromobilität wird es wichtig sein, den Energieverbrauch verschiedener Fahrzeugarten und -klassen zu beobachten, um diesen so effizient wie möglich zu halten. Dies muss zum einen direkt in den Fahrzeugen geschehen, wie zum Beispiel den Batteriemanagementsystemen. Zum anderen muss aber auch das Augenmerk auf die Reduzierung von Ladeverlusten gelegt werden, um sicherzustellen, dass die Gesamtkette von Energieübertragung auf das Fahrzeug und letztendlich auf die Straße so effizient wie möglich gestaltet wird.

Die Klimabilanz von Elektrofahrzeugen kann durch die Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom noch verbessert werden.

Aus Sensitivitätsanalysen verschiedener Klimabilanzen von Elektrofahrzeugen^{44, 45} ist ersichtlich, dass die Break-even-Punkte wesentlich früher erreicht werden, wenn regenerativ erzeugter Strom geladen wird. Es ist daher zur Bedingung der geförderten Ladeinfrastruktur gemacht, dass diese mit regenerativ erzeugtem Strom versorgt wird, was in der Regel über „Ökostromverträge“ mit Energieversorgern geschieht.

In Klimabilanzen von elektrischen Fahrzeugen wird grundsätzlich mit den durchschnittlichen Klimagasemissionen der Stromerzeugung (z. B. deutscher Strommix) gerechnet, um durch diesen konservativen Ansatz eine mehrfache Anrechnung derselben Menge von regenerativ erzeugtem Strom über mehrere Studien hinweg zu vermeiden.⁴⁶ Strom aus erneuerbaren Quellen kann jedoch unter bestimmten Umständen in Klimabilanzen geltend gemacht werden: Eine Möglichkeit ist, sicherzustellen, dass der geladene Strom direkt aus einer speziell dafür bestimmten regenerativen Anlage kommt. Alternativ müsste nachgewiesen werden, dass der Strombedarf des Fahrzeugs aus zusätzlich für diesen Zweck neu in Betrieb genommenen Generatoren am Netz gedeckt wird, was in der Praxis schwierig ist.

Die im ZDM gesammelten Daten mit Relevanz für die Klimabilanz von BEV spiegeln weitestgehend Entwicklungen am Gesamtmarkt oder Annahmen in prominenten Studien wider.

⁴³ Gewichtet: 30 % innerorts, 40 % außerorts und 30 % Autobahn

⁴⁴ vgl. BMVI (2016): Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen.

⁴⁵ vgl. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf (letzter Zugriff am 30.01.2020).

⁴⁶ vgl. ebenda.

7 Neue Erkenntnisse und Ausblick

Das Zentrale Datenmonitoring (ZDM) ist zentraler Baustein der Programm-Begleitforschung im Rahmen des Förderprogramms Elektromobilität des BMVI. Über einen mehrjährigen Zeitraum hat das ZDM systematisch, strukturiert und detailliert reale Fahr- und Ladedaten (Betriebsdaten) von etwa 1.400 Elektrofahrzeugen erfasst. Zusätzlich liegen für etwa 12.000 Elektrofahrzeuge Stammdaten aus den vom BMVI geförderten Projekten vor. Um den Markthochlauf der Elektrofahrzeuge zu beobachten, werden zusätzlich noch KBA-Zahlen systematisch ausgewertet und der Aufbau der Ladeinfrastruktur vom ZDM gemonitort.

Im Vergleich zum ZDM-Ergebnisbericht von 2018 haben sich nicht nur die Rahmenbedingungen bei der Elektromobilität verändert (neue Fahrzeuggeneration, Anstieg der verfügbaren Fahrzeugmodelle, spürbare Zunahme der Marktdynamik), sondern es sind in den letzten beiden Jahren erneut Datenlogger in Elektrofahrzeugen aus den Förderprojekten verbaut worden. Diese aktuellen Betriebsdaten bieten die außerordentliche Möglichkeit, Vergleiche zwischen verschiedenen Fahrzeuggenerationen und Einsatzkontexten (Forschungs- und Entwicklungsprojekte, Demonstration und praktische Alltagsnutzung bei kommunalen und gewerblichen Flotten) vorzunehmen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der durch das ZDM vorgenommenen Auswertungen und Analysen analog zu den Kapiteln des Berichtes nochmals kurz zusammengefasst und ein Ausblick auf die weitere Entwicklung des zentralen Datenmonitorings gegeben.

Entwicklung Bestand und Marktsituation

Der deutsche Fahrzeugmarkt hat sich seit 2016 deutlich verändert. Der Dieselskandal und die damit verbundene Debatte über Fahrverbote in Innenstädten sowie das Thema Klimaschutz haben nicht nur zu einem deutlichen Rückgang der Neuzulassungen beim Diesel geführt, sondern auch alternativen Antrieben Auftrieb gegeben. **Ende 2019 waren fast 10 % aller neu zugelassenen Fahrzeuge mit einem alternativen Antrieb ausgestattet.** Batterie- und Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge haben dabei ihren Marktanteil von 0,8 % im Jahr 2016 auf aktuell 2,9 % gesteigert.

Diese zunehmende Dynamik zeigt sich auch beim Blick auf den E-Fahrzeugmarkt. Im Oktober 2019 stiegen die Neuzulassungszahlen erstmals auf über 12.000 E-Fahrzeuge pro Monat. **Zum 01.01.2020 kann zudem von einem Bestand von etwa 280.000 Elektrofahrzeugen (alle Fahrzeugklassen) in Deutschland ausgegangen werden.** Bei der Analyse der Zulassungsbezirke zeigt sich, dass Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen immer präsenter werden. Sie sind inzwischen nicht mehr vorwiegend in Großstädten und Ballungsgebieten gemeldet, sondern zunehmend regional verteilt.

Wie statistisch nachgewiesen werden kann, haben Fördermaßnahmen, gesellschaftliche Debatten und die Verfügbarkeit von Fahrzeugen einen statistisch nachweisbaren Einfluss auf den Markthochlauf der Elektromobilität. Schreibt man die aktuelle Dynamik fort und berücksichtigt man die beschlossene Intensivierung der Förderung und die verbesserte Fahrzeugverfügbarkeit, lässt sich ein weiterer deutlicher Zuwachs an Elektrofahrzeugen in den nächsten Jahren erwarten. **Das Ziel von einer Million zugelassenen Elektrofahrzeugen bis Ende 2022 scheint nicht unmöglich zu sein.**

Während der Erstmarkt bei Elektrofahrzeugen deutlich von gewerblichen Käufern dominiert wird, liegt der Anteil der privaten Käufer auf dem Zweitmarkt bei 75 %. Grundsätzlich zeigt sich, dass die Zahl der Ummeldungen derzeit noch bei weniger als einem Viertel der Neuzulassungen liegt. Beim Verbrenner sind es konstant etwas mehr als doppelt so viele Ummeldungen wie Neuzulassungen.

Die Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur hat sich, auch dank der Förderung des BMVI, seit 2016 etwa verfünffacht. Laut ZDM-Erhebung gibt es Anfang 2020 über 19.000 öffentlich zugängliche Ladestationen mit 46.000 Ladepunkten. **Im Mittel steht zurzeit für acht E-Pkw eine öffentlich Ladestation in Deutschland zur Verfügung.**

Programmatische Entwicklung

Die Analyse der Antragsteller im Rahmen der Beschaffungsförderung der BMVI-Förderlinie Elektromobilität zeigt, dass 25 % der Elektrofahrzeuge von Kommunen und 75 % von kommunalen und gewerblichen Unternehmen beantragt wurden. Zum hohen gewerblichen Beschaffungsanteil tragen Leasinggesellschaften bei, die im Mittel 300 E-Fahrzeuge beantragt haben. Die Auswertung der Stammdatenabfrage zeigt zudem, dass im Mittel 9 % der Fahrzeuge in kommunalen Flotten durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden. Der Anteil der E-Fahrzeuge ist somit deutlich erkennbar.

Die Förderprogramme des Bundes haben wesentlich zur Etablierung der Elektromobilität in Deutschland beigetragen. **Allein das BMVI hat seit 2010 im Rahmen der verschiedenen Förderprogramme zur Elektromobilität 20.600 Elektrofahrzeuge und 10.400 Ladestationen** gefördert und damit den Markthochlauf angeschoben. Rechnet man den Umweltbonus hinzu, sind rund 60 % aller neuzugelassenen Elektrofahrzeuge mit Bundesmitteln gefördert worden.

E-Mobilität in der Praxis

Die Vermutung, die Fahrleistung der E-Fahrzeuge habe im Vergleich zum früheren Erhebungszeitraum zugenommen, hat sich als nicht zutreffend erwiesen. **Trotz einer neuen Fahrzeuggeneration (größere Batterien/höhere Reichweite) ist die mittlere Tagesfahrleistung der erfassten BEV in kommunalen und gewerblichen Flotten nahezu konstant bei unter 40 km geblieben. Damit liegt diese Tagesfahrleistung der BEV bei nur rund 20 % ihrer Reichweite. Wie der Vergleich mit Tagesfahrleistungen von konventionellen Fahrzeugen zeigt, ist dieses Nutzungsverhalten typisch für urbane Flotten.** Die festgestellten steigenden Jahresfahrleistungen lassen jedoch erkennen, dass Elektrofahrzeuge inzwischen im Alltag regelmäßiger genutzt werden. Sie erweisen sich bereits heute für den Einsatz in kommunalen und gewerblichen Flotten als besonders geeignet. Ähnliche Ergebnisse zeigen die Auswertungen bei Nutzfahrzeugen, deren Betriebsdaten erstmalig miterhoben wurden. **Die Anforderungen an ein Fahrzeug bei Kurier-, Express- und Paket-Diensten (KEP) erfüllen aktuell verfügbare elektrische Nutzfahrzeuge im hohen Maße (Reichweite, über Nacht laden).**

Wenn PHEV konsequent geladen und elektrisch gefahren werden, ist ihre ökologische Wirkung vergleichbar mit der eines reinen Elektrofahrzeuges.

Dies zeigt sich bei den 19 Plug-in-Hybriden, deren Betriebsdaten vom ZDM erfasst wurden. Bei diesen liegt der mittlere elektrische Fahranteil bei erstaunlichen 65 %. Dabei erreichen die PHEV eine ähnliche Jahresfahrleistung wie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Falls PHEV-Nutzer nicht so konsequent elektrisch fahren, sind deutliche Kraftstoffmehrerbräuche zu erwarten. Hier gilt es beim Flottenmanagement günstige Voraussetzungen zu schaffen und die richtigen Anreize zu setzen.

Die Anzahl Ladevorgänge pro Tag ist in den letzten Jahren leicht zurückgegangen. Das mag an den höheren Batteriekapazitäten liegen, die höhere Fahrleistungen ermöglichen. Wahrscheinlich ist aber auch eine entspanntere Nutzung der BEV, indem nicht mehr jede Gelegenheit zur Zwischenladung ausgeschöpft wird.

Etwa 90 % der Ladevorgänge finden an Ladesäulen des Fahrzeugstandortes statt. Das scheint bei dem kommunalen und gewerblichen Nutzungskontext einerseits und der in Bezug auf die festgestellte Fahrleistung ausreichenden elektrischen Reichweite andererseits nicht überraschend.

Die Anzahl der Ladevorgänge je öffentlicher Ladesäule, wie die Untersuchungen zeigen, ist sowohl beim AC-Laden als auch beim DC-Laden unverändert gering. **So findet an mehr als der Hälfte der AC-Ladesäulen täglich weniger als ein Ladevorgang statt. Dagegen wird an zwei Drittel der DC-Ladesäulen mindestens 1-mal pro Tag geladen. Die Auslastung eines Ladepunktes hängt aber stark vom Standorttyp ab.** So ist eine höhere Auslastung von AC-Ladepunkten (> 2 Ladevorgänge/Tag) dort vorzufinden, wo Einkäufe und Besorgungen getätigt werden (Einkaufszentren, Innenstadt). Eine höhere Auslastung von DC-Ladepunkten (> 2 Ladevorgänge/Tag) ist zum Beispiel für Kurzzeitparker an Bahnhöfen und Flughäfen zu erkennen.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Elektrofahrzeuge sind in der Anschaffung heute zumeist noch teurer als vergleichbare Verbrennerfahrzeuge. Dazu tragen im Besonderen die hohen Batteriekosten bei. Die Wirtschaftlichkeit eines Fahrzeuges wird neben den Anschaffungskosten vor allem durch die Betriebskosten geprägt. Hier liegen die Vorteile aber auf Seiten der E-Fahrzeuge, die deutlich geringere Kraftstoff- und Wartungskosten als konventionelle Fahrzeuge aufweisen.

Bei einer Gegenüberstellung der Wirtschaftlichkeit von E-Fahrzeugen mit in Bezug auf Leistung und Ausstattung vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren kann gezeigt werden, dass heute einige elektrische Fahrzeugmodelle sogar vom Kauf weg schon wirtschaftlicher sind als ihr konventionelles Gegenstück. Der Break-even ist mit 100.000 km oder mehr nur bei Elektrofahrzeugen aus den Segmenten Mini und Kleinwagen besonders hoch. Bei den Berechnungen ist die Kaufprämie („Umweltbonus“) für Elektrofahrzeuge immer

mitberücksichtigt worden. Die von der Bundesregierung angekündigte Erhöhung des Umweltbonus auf 6.000 EUR für E-Fahrzeuge mit einem Anschaffungspreis von bis zu 40.000 EUR unterstützt die relativ gesehen besonders teuren E-Fahrzeuge aus dem Mini- und Kleinwagensegment. Die Erhöhung wird sich auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrofahrzeuge positiv auswirken.

Auch die stark sinkenden Batteriepreise tragen zur steigenden Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen bei. So sind die Preise für Lithium-Ionen-Batterie schon seit 2010 um mehr als 80 % gesunken. 2018 lag der Preis bei 149 EUR/kWh. Studien gehen davon aus, dass der Preis bis 2024 weiter auf 85 EUR/kWh fallen oder sogar darunter liegen wird.

Klimabilanz der geförderten Fahrzeuge

Mit den vom ZDM erhobenen Daten kann keine umfassende Klimabilanz aufgestellt werden. In diesem Bericht wurde von daher mit Blick auf die Herstellungsphase die Entwicklung der durchschnittlichen Batteriekapazitäten der im ZDM erfassten Fahrzeuge analysiert. Ausgenommen vom Segment Mini ist bei den beschafften Elektrofahrzeugen eine Vergrößerung der Batteriekapazitäten im Verlauf der letzten Jahre festzustellen. Angesichts der Tatsache, dass die Herstellung der Batterie mit einem hohen Rohstoff- und Energiebedarf verbunden ist und dass die Elektrofahrzeuge in den betrachteten Einsatzkontexten die potenziell vorhandene elektrische Reichweite nicht annähernd nutzen, muss diese Entwicklung aus ökologischer Sicht kritisch gesehen werden. **Eine größere Batterie scheint sowohl aus betrieblicher Sicht oft nicht notwendig und ökologisch auch nicht sinnvoll. Die Batteriekapazität sollte vielmehr immer dem Einsatzkontext angepasst werden.**

Im Laufe ihrer Nutzung kompensieren BEV die höheren Emissionen der Batterieproduktion. Es wird kein CO₂ durch die Verbrennung fossiler Kraftstoff freigesetzt. Der ökologische Break-even-Punkt wird in der Kompaktklasse, so eine aktuelle Studie, im Vergleich zu Benzin-Fahrzeugen bei 60.000 km und im Vergleich zu Diesel-Fahrzeugen bei 80.000 km erreicht. Bei der ausschließlichen Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom und bei der Verbesserung der Energieeffizienz des Elektrofahrzeuges kann der Break-even-Punkt nach vorne verschoben werden. **Entscheidend ist zudem die Jahresfahrleistung des Elektrofahrzeuges. Und die ist aus ökologischer Sicht mit deutlich unter 10.000 km bei den vom ZDM erfassten Anwendungskontexten zu gering. Daher sollte nach Möglichkeiten gesucht werden, kommunale und gewerbliche E-Fahrzeuge insgesamt stärker auszulasten. Dies kann zum Beispiel durch verbessertes Flottenmanagement, die Freigabe der Flottenfahrzeuge für Privatfahrten am Wochenende oder die Integration der Fahrzeuge in Sharingangebote erreicht werden.**

In der weiteren Entwicklung der Elektromobilität wird es wichtig sein, den Energieverbrauch verschiedener Fahrzeugarten und -klassen zu beobachten, um diesen so effizient wie möglich zu halten. Dies muss zum einen direkt in den Fahrzeugen geschehen, wie zum Beispiel dem Batteriemanagementsystemen. Zum anderen muss aber auch das Augenmerk auf die Reduzierung von Ladeverlusten gelegt werden, um sicherzustellen, dass die Gesamtkette von Energieübertragung auf das Fahrzeug und letztendlich auf die Straße so effizient wie möglich gestaltet wird.

Ausblick

Die Förderprogramme des Bundes haben wesentlich zur Etablierung der Elektromobilität in Deutschland beigetragen. Allein das BMVI hat im Rahmen der verschiedenen Förderprogramme zur Elektromobilität seit 2010 mit über 20.000 geförderten Elektrofahrzeugen wichtige Impulse für den Marktentwicklung gesetzt und Kommunen als Multiplikatoren der Marktentwicklung gestärkt. Mit dem im Oktober 2019 beschlossenen Klimaschutzplan 2030 und dem darin enthaltenen Bündel an Fördermaßnahmen wird sich der Markthochlauf weiter beschleunigen.

Trotzdem ist der Bestand an Elektrofahrzeugen mit deutlich weniger als einem Prozent der in Deutschland zugelassenen Fahrzeuge noch relativ gering. Der Markthochlauf der Elektromobilität und der Transformationsprozess hin zu einer nachhaltigen Mobilität stehen noch am Anfang und viele Fragen zur Entwicklung sind noch ungeklärt.

Hier können die Programmbegleitforschung des BMVI im Allgemeinen und das Zentrale Datenmonitoring im Besonderen wichtige Erkenntnisse für die Ausgestaltung der zukünftigen Förderpolitik und die Steuerung des Transformationsprozesses liefern. Von besonderer Bedeutung sind dabei die über viele Jahre vom ZDM gesammelten realen Fahr- und Ladedaten von Elektrofahrzeugen, die auch zukünftig erhoben werden sollen. Diese sollen im Sinne der Politikberatung zukünftig verstärkter verfügbar gemacht werden. Eine der anstehenden Aufgaben wird es sein, das ZDM für neue Anwendungsbereiche weiterzuentwickeln und zu nutzen. Insbesondere bietet sich hier das Segment der elektrischen Nutzfahrzeuge an, das im Vergleich zu den Pkw noch am Anfang der Entwicklung steht. Neben der Verbreiterung des Fokus wird es auch um die Vertiefung der für die Elektromobilität relevanten Fragen gehen. Themen wie Energieverbrauch der Fahrzeuge, Energieeffizienz, Ladeverluste und ökologische Wirkung sollten adressiert werden. Dies kann auch über die Verknüpfung mit anderen Datenbeständen geschehen.

IMPRESSUM

ANSPRECHPARTNER/HERAUSGEBER

NOW GmbH
Nationale Organisation
Wasserstoff- und
Brennstoffzellentechnologie
Fasanenstraße 5
10623 Berlin

GEFÖRDERT DURCH

Bundesministerium für Verkehr und digitale
Infrastruktur (BMVI)
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

ERSTELLT DURCH

Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG

AUTOREN

Dr. Stephan Krug, Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG
Oliver Krey, Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG
Birte Ohm, Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG
Marc Weider, NOW GmbH
Sabine Ziem-Milojevic, NOW GmbH
Oliver Braune, NOW GmbH

LAYOUT & SATZ

Wolf/Osmanković
wolfosmankovic.de

BILDNACHWEIS

Alle Bilder: NOW GmbH
Ergänzend lizenzierte Motive: istockphoto.com

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



N O W - G M B H . D E

Erstellt durch:



Ingenieurgruppe für
Verkehrswesen und
Verfahrensentwicklung