

Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf

Studie im Auftrag des BMVI

Nationale

 **LEITSTELLE**

Ladeinfrastruktur





Auf einen Blick

Ladeinfrastruktur nach 2025/2030

Studie im Auftrag des BMVI

Nationale

 **LEITSTELLE**
Ladeinfrastruktur

Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf

00

Zusammenfassung**4**

01

Einleitung und Motivation**6**

02

Methodik**12**

2.1 Datengrundlage

16

2.2 Durchführung von Stakeholder-Dialogen und Cleanroom-Gesprächen

22

2.3 Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland

28

2.4 Untersuchte Szenarien

35



Informationen

Verweis auf Kapitel
innerhalb der StudieVerweis auf
QuellenangabenVerweis auf Tabellen
und Anhang

Verweis auf Grafiken

03

Ergebnisdarstellung und Auswertung 38

3.1 Stakeholder-Dialoge und Cleanroom-Gespräche	40
3.2 Ermitteltes Ladeverhalten der Nutzenden im Tagesverlauf	50
3.3 Ladevorgänge an privater und öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur	55
3.4 Anzahl der benötigten Ladepunkte bis zum Jahr 2025/2030	56
3.5 Verhältnis zwischen E-Fahrzeugen und öffentlich zugänglichen Ladepunkten	65
3.6 Verladene Energiemenge je Lade-Use-Case sowie Ladepunkte in Deutschland	67

04

Kritische Würdigung und Ausblick 70

05

Abbildungsverzeichnis	78
Tabellenverzeichnis	79
Abkürzungsverzeichnis	80
Literaturverzeichnis	81
Anhang	86

Zusammenfassung

Zum Schutz des Klimas ist die Elektrifizierung des Straßenverkehrs unverzichtbar. Dafür muss eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur zur Verfügung stehen. Wo und wie viel Ladeinfrastruktur aufgebaut werden muss, hängt von vielen Entwicklungen ab und wird in der Fachöffentlichkeit derzeit breit diskutiert. Um den Bedarf in Deutschland zu bestimmen, hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) über die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur unter dem Dach der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) die hier vorliegende Studie „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf“ beim Reiner Lemoine Institut (RLI) in Auftrag gegeben.

Für eine valide Prognose sind detaillierte Informationen aus erster Hand zum aktuellen Nutzerverhalten und zum Bestand an E-Fahrzeugen bis zum Jahr 2030 notwendig. Das Studienteam hat deshalb intensive Stakeholder-Dialoge mit den relevanten Akteuren und vertrauliche Cleanroom-Gespräche mit den in Deutschland aktiven Automobilherstellern geführt. Mit der so entwickelten Datengrundlage konnten die Forschenden anschließend das Mobilitäts- sowie Ladeverhalten der Haushalte mit E-Fahrzeugen simulieren und daraus den Bedarf an Ladeinfrastruktur ableiten.

Eine wichtige Erkenntnis aus den Stakeholder-Dialogen ist, dass die Nutzenden das Laden an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur auf Kundenparkplätzen sowie an Lade-Hubs als sehr attraktiv einschätzen. Als besonders attraktiv bewerten sie zudem das Laden an privater Ladeinfrastruktur, was deren zentrale Rolle beim Aufbau von Ladeinfrastruktur in Deutschland unterstreicht. Auf Grundlage der Stakeholder-Dialoge hat das Studienteam berechnet, dass in Abhängigkeit vom prognostizierten Bestand an E-Fahrzeugen bis zum Jahr 2030 zwischen 5,4 und 8,7 Mio. private Ladepunkte am Wohnort verfügbar sein werden. Für den Arbeitsplatz ergibt sich ein Bedarf an etwa 2,5 bis 2,7 Mio. Ladepunkten.

In den vertraulichen Cleanroom-Gesprächen wurden die in Deutschland aktiven Automobilhersteller zu geplanten Zulassungszahlen sowie technischen Daten ihrer E-Fahrzeuge befragt. Die teilnehmenden Hersteller decken dabei etwa 80 Prozent der aktuellen Pkw-Neuzulassungen in Deutschland ab. Die Ergebnisse zeigen, dass der Bestand an E-Fahrzeugen im Jahr 2030 deutlich größer sein kann, als viele Fachleute derzeit annehmen. Bis zum Jahr 2030 könnte der Bestand demnach auf insgesamt 14,8 Mio. E-Fahrzeuge (batterieelektrische Fahrzeuge und Plug-in-Hybridfahrzeuge), darunter ca. 9,6 Mio. batterieelektrische Fahrzeuge, ansteigen.

Für sechs Entwicklungsszenarien haben die Forschenden die Bedarfe an Ladeinfrastruktur in Deutschland bestimmt. Die Szenarien spiegeln dabei verschiedene Annahmen zum Nutzerverhalten, zum unterschiedlich schnellen Aufbau von privater Ladeinfrastruktur sowie zur Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur wider. Je nach Entwicklung werden im Jahr 2030 zwischen mindestens 440.000 und 843.000 öffentlich zugängliche Ladepunkte benötigt. Schreitet der Aufbau von privater Ladeinfrastruktur vergleichsweise langsam voran, fällt der Bedarf an öffentlichen Ladepunkten mit 843.000 Einheiten entsprechend hoch aus. Steigt die Auslastung von Ladepunkten und werden künftig verstärkt Lade-Hubs mit HPC-Ladepunkten genutzt, ist mit mindestens 440.000 Ladepunkten der Bedarf deutlich geringer.

In Deutschland werden im Jahr 2030 insgesamt etwa 30.000 GWh an Energie verladen. Je nach Entwicklungsszenario entfallen davon zwischen 7.600 und 12.300 GWh auf öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur. Im Jahr 2030 könnte an ca. 61 Prozent der privaten Stellplätze am Wohnort ein Ladepunkt zur Verfügung stehen. An diesen 7,1 Mio. zur Verfügung stehenden Ladepunkten werden ca. 41 Prozent der gesamten Energiemenge verladen. Ergänzende öffentlich zugängliche Ladepunkte sind daher zwingend notwendig und decken etwa 32 Prozent der verladenen Energiemenge ab. Die restlichen 27 Prozent werden an Ladepunkten auf Firmenparkplätzen verladen. Damit ist jeder Lade-Use-Case für den künftigen Ausbau von Ladeinfrastruktur relevant.

Je nach Entwicklungsszenario wird der Anteil privater Ladevorgänge 2030 zwischen 76 und 88 Prozent liegen, der Anteil öffentlicher Ladevorgänge erreicht demnach 12 bis 24 Prozent. Das Verhältnis von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland wird den Berechnungen nach von 11 : 1 im Jahr 2021 auf 20 : 1 im Jahr 2030 ansteigen. Grund dafür sind die bessere Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur und die steigende Ladeleistung von E-Fahrzeugen. Je nach Raumtyp fällt das Verhältnis für 2030 dabei unterschiedlich aus. So hat das Studienteam für den urbanen Raum ein Verhältnis von 14 : 1 und für den suburbanen und ländlichen Raum von 23 : 1 ermittelt.

Die Ergebnisse und die Methodik dieser Studie bieten eine gute Grundlage, um den Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung zu überarbeiten und den gezielten Aufbau von Ladeinfrastruktur wissenschaftlich zu begleiten.

01

Einleitung und Motivation



01

Einleitung und Motivation



¹ EK 2019;
² BMU 2020

Im Dezember 2019 hat die Europäische Kommission den europäischen „Green Deal“ vorgestellt. Dieser soll die Wirtschaft in der Europäischen Union nachhaltiger machen und die Netto-Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 auf null senken.¹ Parallel dazu hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, die CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 um 55 Prozent zu reduzieren.²



³ BMU 2020

Im Jahr 2019 sind die CO₂-Emissionen in Deutschland im Vergleich zum Vorjahr insgesamt um 6,3 Prozent gesunken. Gegenüber 1990 ist das eine Reduktion um 36 Prozent.³ Die CO₂-Emissionen des Verkehrs machten dabei etwa 20 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland aus. Im Vergleich zum Vorjahr stiegen diese jedoch entgegen dem allgemeinen Trend um etwa 0,7 Prozent.³ Um das Ziel der Bundesregierung zu erreichen, müssen auch die Emissionen im Verkehrssektor deutlich sinken. Möglich ist das nur mit einer breiten Elektrifizierung des Verkehrs.



⁴ NPM 2020

Der Verband der deutschen Automobilindustrie (VDA) geht davon aus, dass der Anteil elektrischer Fahrzeuge (E-Fahrzeuge) an den Pkw-Neuzulassungen in Deutschland in den kommenden Jahren deutlich ansteigen wird. Der VDA rechnet dabei bis 2030 mit insgesamt 10,5 Mio. E-Fahrzeugen im Bestand. Davon werden etwa 7,2 Mio. Pkws batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) sein.⁴



⁵ BMU 2019

Die Bundesregierung will im Zuge des Klimaschutzprogramms 2030 die dafür nötige Ladeinfrastruktur schaffen. Das Ziel: Bis zum Jahr 2030 sollen insgesamt 1 Mio. öffentlich zugängliche Ladepunkte zur Verfügung stehen.⁵



⁶ EP 2014

Dieses Ziel folgt der europäischen Richtlinie „Alternative Fuels Infrastructure Directive“ (AFID), die ein Verhältnis von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten von 10:1 empfiehlt.⁶



⁷ BDEW 2019

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) geht hingegen davon aus, dass für die Energieversorgung von 10,5 Mio. E-Fahrzeugen eine deutlich geringere Zahl von nur 350.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten nötig ist.⁷ Diese sehr unterschiedlichen Einschätzungen zeigen, dass für kommende Planungen und Entscheidungen dringend eine gute wissenschaftliche Basis nötig ist.

ABBILDUNG 01: UNTERSCHIEDLICHE LADE-USE-CASES ZUR LADUNG DES EIGENEN E-FAHRZEUGS



Ladesäulen

1 Eigenheim

Garage bzw. Stellplatz
beim Eigenheim

2 Mehrfamilienhaus

Parkplätze (z. B. Tiefgarage
von Wohnanlagen,
Mehrfamilienhäusern)

3 Arbeitgeber

Firmenparkplätze auf
privatem Gelände

4 Lade-Hub innerorts

Lade-Hub innerorts, Tankstelle

5 Lade-Hub an Achsen

Lade-Hub an Achsen (z. B. Autohof,
Raststätte, Autobahnparkplätze)

6 Kundenparkplatz

Kundenparkplätze bzw.
Parkhäuser
(z. B. Einkaufszentren)

7 Straßenraum

Straßenraum, öffentliche
Parkplätze

Die vorliegende Studie schafft genau diese Basis. Sie klärt die Frage, welche Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2030 aufgebaut werden muss, um den Bedarf zu decken. Die Analyse berücksichtigt dabei neue technische Entwicklungen wie das Laden mit höheren Leistungen (HPC-Laden) und stellt die Bedürfnisse der Nutzenden ins Zentrum.

Alle wesentlichen Akteure wurden im Rahmen intensiver Stakeholder-Dialoge eingebunden. Erstmals fließen in eine Studie zur Ladeinfrastruktur auch die geplanten Zulassungszahlen sowie technischen Eigenschaften zukünftig verfügbarer E-Fahrzeuge ein. Dazu wurden im BMVI vertrauliche Cleanroom-Gespräche mit den in Deutschland aktiven Automobilherstellern geführt.

Für die Einteilung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur verwendet die vorliegende Studie dieselben sieben Lade-Use-Cases, die auch im „Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung“ sowie von der Arbeitsgruppe 5 (AG5) der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) verwendet werden (Abbildung 01).



Siehe Abbildung 01, S. 9

Weitere Ziele der Studie sind:

- Etablierung eines engen Austauschs mit allen Akteuren, um in regelmäßigen Abständen neue Entwicklungen und Erkenntnisse integrieren zu können
- Erarbeitung und Implementierung einer Methodik zur Aktualisierung der Berechnungen

01 |

02

03

04

05

02

Methodik

2.1 Datengrundlage **16**

- 2.1.1 Auswertung der Mobilität in Deutschland 16
- 2.1.2 Auswertung des aktuellen Fahrzeugbestands 21

2.2 Durchführung von Stakeholder-Dialogen und Cleanroom-Gesprächen **22**

- 2.2.1 Aufbau und Inhalt der Stakeholder-Dialoge 22
- 2.2.2 Verzögerungen beim Aufbau von privater Ladeinfrastruktur 23
- 2.2.3 Struktur und Auswertung der vertraulichen Cleanroom-Gespräche 26

2.3 Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland **28**

- 2.3.1 Zuordnung von E-Fahrzeugen zu Haushalten 29
- 2.3.2 Simulation des Mobilitäts- sowie Ladeverhaltens 30
- 2.3.3 Bestimmung des Bedarfs an Ladepunkten je Lade-Use-Case 33

2.4 Untersuchte Szenarien **35**

02

Methodik

Um den Bedarf an Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2025/2030 in Deutschland zu bestimmen, wird das Mobilitäts- und Ladeverhalten der Haushalte mit E-Fahrzeug simuliert und ausgewertet. Die dafür notwendigen Annahmen wurden in enger Abstimmung mit relevanten Akteuren in Stakeholder-Dialogen und Cleanroom-Gesprächen erarbeitet (Top-down-Ansatz). Ergebnisse der Umfrage „Mobilität in Deutschland“ (MiD) sowie Daten des Kraftfahrt-Bundesamts (KBA) bilden die zentrale Datengrundlage dieser Studie und erweitern den Top-down um einen Bottom-up-Ansatz. Abbildung 02 stellt das methodische Vorgehen schematisch dar.

Auf Grundlage der MiD-Daten werden zunächst insgesamt 18 Haushaltstypen definiert. Diese bilden die breite Vielfalt der Nutzenden in Deutschland ab und unterscheiden sich nach Raumtyp, Fahrzeugsegment des vorhandenen Pkw sowie der Verfügbarkeit eines privaten Stellplatzes. Ausgehend von der aktuellen Verteilung des Fahrzeugbestands wird dann die bis 2030 immer weiter zunehmende Anzahl der Haushalte mit E-Fahrzeug bestimmt und den 18 Haushaltstypen zugeordnet. Danach werden typenspezifische Fahrprofile entwickelt, um das künftige Mobilitäts- und Ladeverhalten aller Haushalte simulieren zu können.



Die in dieser Studie verwendete Methodik ermöglicht eine deutschlandweite Analyse des gesamten Ladebedarfs für elektrische Fahrzeuge bis zum Jahr 2030 und quantifiziert erstmals die Wechselwirkungen zwischen den möglichen Lade-Use-Cases. Eine exakte Verortung oder Auslastung einzelner Ladepunkte ist nicht möglich.

Mithilfe der Simulation können dann alle wichtigen Kennzahlen berechnet werden. Darunter etwa:

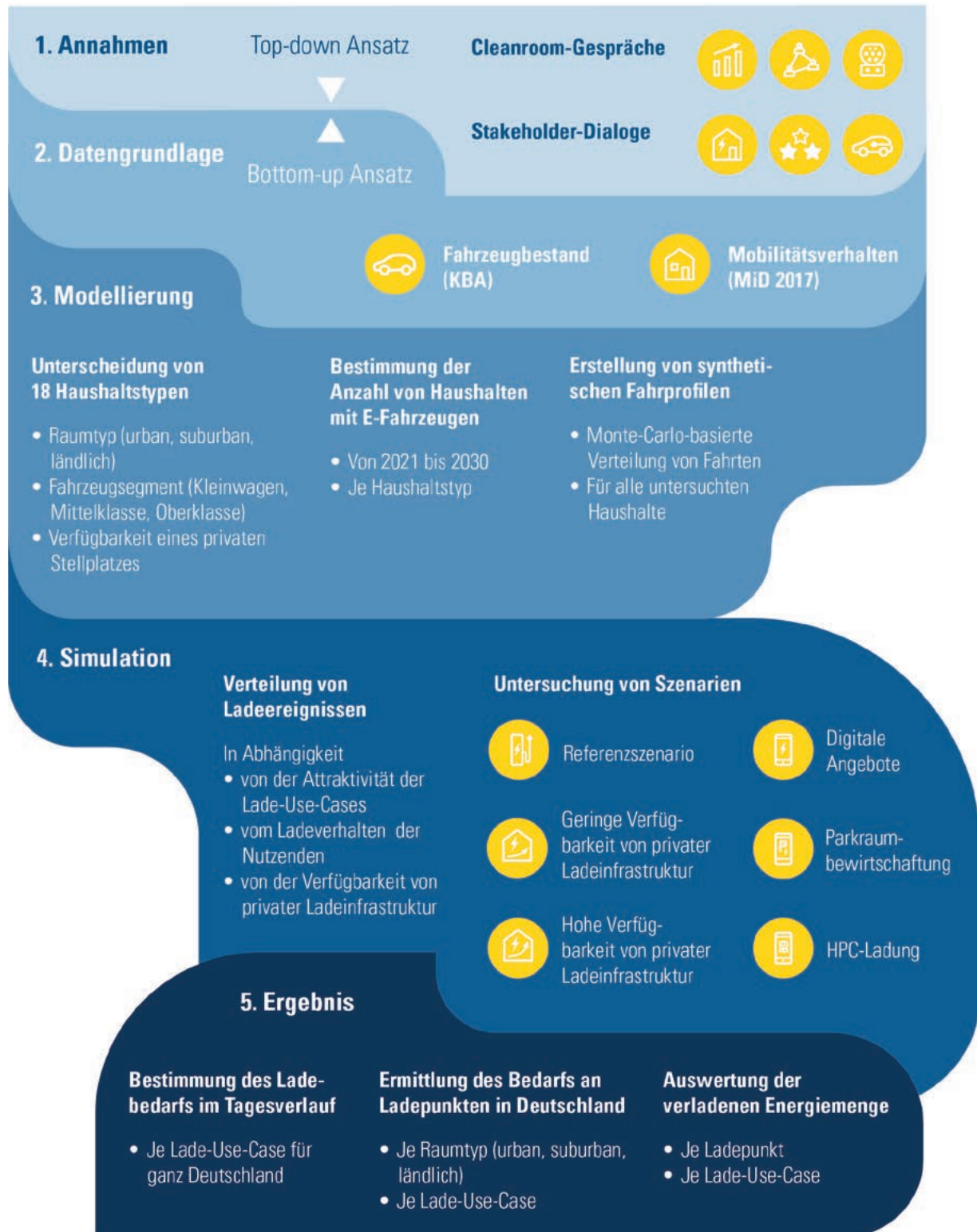
- Anzahl der Ladepunkte, die in Deutschland im Tagesverlauf an den Lade-Use-Cases gleichzeitig durch E-Fahrzeuge belegt sind
- Menge der Energie, die an den Lade-Use-Cases pro Monat sowie an einzelnen Ladepunkten durchschnittlich pro Tag verladen wird
- Anzahl von Ladevorgängen im privaten/öffentlich zugänglichen Raum

Im Rahmen dieser Studie werden sechs Szenarien untersucht, in denen die Auslastung von öffentlich zugänglichen Ladepunkten, die Nutzung des öffentlichen Straßenraums und das Ladeverhalten der Nutzenden von E-Fahrzeugen variieren (siehe Kapitel 2.4).



Siehe Kapitel 2.4, S. 35

ABBILDUNG 02: DAS METHODISCHE VORGEHEN DER STUDIE



2.1 Datengrundlage

Die Modellierung der Haushalte mit E-Fahrzeug sowie die anschließende Simulation des Mobilitätsverhaltens erfordert eine breite Datengrundlage. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die MiD- sowie die KBA-Daten ausgewertet und zusammengeführt werden.

Auf Basis der MiD-Daten werden insgesamt 18 repräsentative Haushaltstypen definiert. Anschließend werden alle in der MiD angegebenen Fahrwege eines Haushaltstyps dokumentiert, um damit synthetische Fahrprofile erstellen zu können. Die Auswertung der KBA-Daten liefert die aktuelle Verteilung des Fahrzeugbestands je Raumtyp und Fahrzeugsegment in Deutschland und dient als Grundlage für die Prognose der zukünftigen Verteilung.

2.1.1 Auswertung der Mobilität in Deutschland

Teil der vom BMVI in Auftrag gegebenen und von infas, DLR, IVT sowie infas 360 durchgeführten Studie „Mobilität in Deutschland“ war eine Umfrage zum Mobilitätsverhalten in Deutschland. Die Ergebnisse dieser Umfrage (in der Version „B1-Standard Datensatzpaket“) sind eine Grundlage für die Bestimmung des Ladeinfrastrukturbedarfs.



⁸ BMVI 2019

In der MiD 2017 wurden insgesamt 156.420 Haushalte in Deutschland zu ihrem Mobilitätsverhalten an einem bestimmten Stichtag befragt.⁸ Folgende Umfragedaten werden in dieser Studie verarbeitet:

- Anzahl der den Haushalten zur Verfügung stehenden Pkw
- Fahrzeugsegment der Pkw (klein, kompakt, mittel, groß)
- Raumtyp des Haushaltes (nach RegioStaR 7)
- Gebäudetyp (Ein- bis Zweifamilienhaus, Mehrfamilienhaus etc.)
- Verfügbarkeit eines eigenen Stellplatzes



Siehe Tabelle 01, S. 17

Zur besseren Einordnung der Ergebnisse werden die vier Fahrzeugsegmente in drei Segmenten zusammengefasst: Kleinwagen (klein und kompakt), Mittelklasse (mittel) und Oberklasse (groß). Außerdem werden die sieben Raumtypen der MiD-Daten in drei Typen (urban, suburban, ländlich) überführt (Tabelle 01).

TABELLE 01: ZUORDNUNG DER REGIOSTAR-7-RAUMTYPEN

Raumtyp der Studie	Raumtyp nach RegioStaR 7
Urban	71 Stadtregion – Metropole
	72 Stadtregion – Regiopole und Großstadt
Suburban	73 Stadtregion – Mittelstadt, städtischer Raum
	75 Ländliche Region – zentrale Stadt
	76 Ländliche Region – Mittelstadt, städtischer Raum
Ländlich	74 Stadtregion – kleinstädtischer, dörflicher Raum
	77 Ländliche Region – kleinstädtischer, dörflicher Raum

Anschließend werden 18 repräsentative Haushaltstypen definiert. Diese unterscheiden sich in ihrem Raumtyp (urban, suburban, ländlich), im Segment der dem Haushalt zur Verfügung stehenden Pkws (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) sowie in der Möglichkeit zum Abstellen des eigenen E-Fahrzeugs auf einem privaten Stellplatz (vorhanden, nicht vorhanden).

Die MiD-Umfrage enthält für die hier angenommenen Haushaltstypen insgesamt 439.049 dokumentierte Fahrwege. Jeder Weg wurde mit Angaben zu Wochentag, Zweck des Weges, gefahrener Distanz, Start- und Ankunftszeit sowie Standdauer am Zielort zusammen mit den Angaben zum Haushalt in einer Datenbank abgelegt. Für jeden dieser 18 Haushaltstypen lassen sich auf Basis dieser Datenbank synthetische Fahrprofile erzeugen. Das ermöglicht die Simulation des Mobilitätsverhaltens einzelner Haushalte nach Raum, Fahrzeugsegment und Verfügbarkeit eines eigenen Stellplatzes.

Die Aufteilung der untersuchten Haushaltstypen sowie die Anzahl der repräsentativen Haushalte und der zur Verfügung stehenden Wege der MiD sind in Abbildung 03 dargestellt.



Siehe Abbildung 03, S. 18

ABBILDUNG 03: AUFTEILUNG UND ANZAHL DER UNTERSUCHTEN HAUSHALTSTYPEN INKLUSIVE DER ZUR VERFÜGUNG STEHENDEN WEGE

HAUSHALTE								
 Haushalte: 139.579			 Wege: 439.049					
URBAN			SUBURBAN			LÄNDLICH		
 42.336			 66.554			 30.689		
 111.231			 220.143			 107.675		
Klein wagen	Mittel klasse	Ober klasse	Klein wagen	Mittel klasse	Ober klasse	Klein wagen	Mittel klasse	Ober klasse
 20.717  49.893	 13.473  43.077	 5.710  18.261	 28.075  85.043	 23.508  95.293	 10.333  39.807	 11.768  38.307	 11.706  50.393	 4.757  18.975
Mit p.S.	Mit p.S.	Mit p.S.	Mit p.S.	Mit p.S.	Mit p.S.	Mit p.S.	Mit p.S.	Mit p.S.
 9.140	 7.723	 3.489	 29.807	 33.995	 14.615	 14.938	 20.365	 7.699
Ohne p.S.	Ohne p.S.	Ohne p.S.	Ohne p.S.	Ohne p.S.	Ohne p.S.	Ohne p.S.	Ohne p.S.	Ohne p.S.
 40.753	 35.354	 14.772	 55.236	 61.298	 25.192	 23.369	 30.028	 11.276

p. S. = privater Stellplatz



Siehe Tabelle 02, S. 19

Alle zurückgelegten Fahrwege wurden in der MiD in zehn unterschiedlichen Wegzwecken zusammengefasst. Für die weitere Auswertung wird jedem dieser Wegzwecke ein Lade-Use-Case zugewiesen. In einigen Fällen kann ein Wegzweck nicht eindeutig einem Lade-Use-Case zugeordnet werden. So kann etwa eine dienstliche Fahrt am Lade-Use-Case 3 (Firmenparkplatz) enden, bei langer Wegstrecke aber auch eine zwischenzeitliche Ladung am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) beinhalten (Tabelle 02).

TABELLE 02: ZUORDNUNG DER WEGZWECKE ZU DEN LADE-USE-CASES

Wegzweck der MiD	Beschreibung des Wegzwecks	Zugeordneter Lade-Use-Case	Anteil an allen Wegen in %
1	Erreichen des Arbeitsplatzes	3	9,9 %
2	Dienstlich/geschäftlich	3 4	2,8 %
3	Erreichen der Ausbildungsstätte/Schule	7	1,6 %
4	Einkauf	6	12,2 %
5	Private Erledigungen	6 7	10,8 %
6	Bringen/Holen/Begleiten von Personen	6	6,7 %
7	Freizeitaktivität	4 6 7	14,4 %
8	Nach Hause	1 2 7	39,3 %
10	Anderer Zweck	7	2,3 %

Fahrwege von Haushalten ohne eigenen Stellplatz, die nach Hause führen, werden dem Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) zugeordnet. Ist ein eigener Stellplatz vorhanden, entscheidet der Gebäudetyp über die Zuordnung zu Lade-Use-Case 1 (Eigenheim) oder Lade-Use-Case 2 (Mehrfamilienhaus). Die Zuordnung der Untergruppen von Wegzweck 5 (private Erledigungen) und 7 (Freizeitaktivität) der MiD zu den Lade-Use-Cases ist im Anhang A1 dokumentiert.



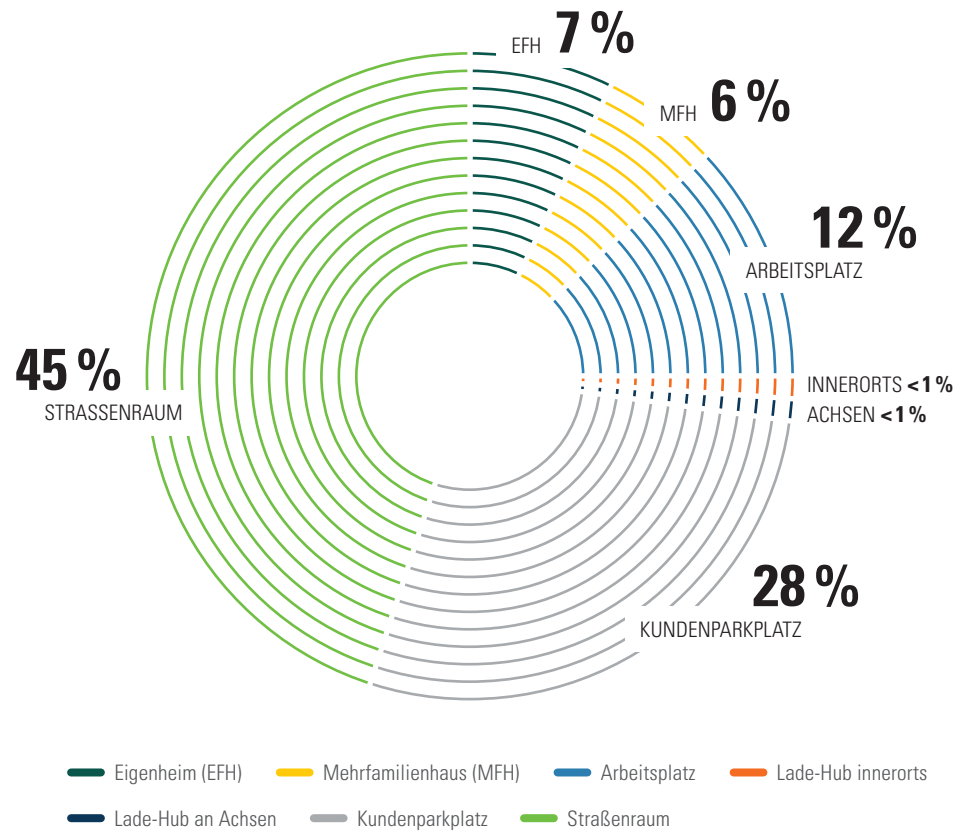
Siehe Anhang A1, S. 86



Siehe Abbildung 04, S. 20

Abbildung 04 stellt den Zusammenhang zwischen den Lade-Use-Cases und den dort endenden Wegen der MiD dar. Insgesamt 1.558 Wege der MiD lassen sich keinem Lade-Use-Case zuordnen und werden im Verlauf der Untersuchung nicht weiter betrachtet.

ABBILDUNG 04: FAHRWEGE DER MID-DATEN VERTEILT AUF LADE-USE-CASES



Etwa 73 Prozent der Wege enden am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) oder Lade-Use-Case 7 (Straßenraum).

Etwa 45 Prozent aller Wege enden am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum). Auf Kundenparkplätzen werden dagegen etwa 28 Prozent aller Wege beendet und die E-Fahrzeuge anschließend dort abgestellt. Den Lade-Use-Cases 4 (Lade-Hub innerorts) und 5 (Lade-Hub an Achsen) können an dieser Stelle der Methodik nicht alle Wege zugeordnet werden, bei denen der Lade-Use-Case tatsächlich von den Haushalten angefahren wird. Die Nutzung dieser Lade-Use-Cases hängt stark vom Ladezustand der Batterie sowie von der maximalen Ladeleistung des E-Fahrzeugs ab. Diese Parameter werden erst im späteren Verlauf der Untersuchung ermittelt beziehungsweise einzelnen E-Fahrzeugen zugeordnet.

2.1.2 Auswertung des aktuellen Fahrzeugbestands

Um die Verteilung des Bestands an E-Fahrzeugen auf die Haushalte in Deutschland zu bestimmen, wird der Fahrzeugbestand des Jahres 2019 hinsichtlich des Fahrzeugsegments (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) und des Raumtyps (RegioStaR 7) ausgewertet. Für die weiteren Berechnungen wird angenommen, dass die Verteilung von Fahrzeugen eines Segments innerhalb eines Raumtyps auch bis zum Jahr 2030 weiterhin fortbesteht. In Deutschland waren am 01.01.2020 insgesamt 47.715.977 Pkw zugelassen.⁹



⁹ KBA 2020

Auf Grundlage des Energieverbrauchs werden dem in dieser Studie definierten Fahrzeugsegment Kleinwagen, die KBA-Fahrzeugsegmente Kleinwagen und Mini zugeordnet. Der Mittelklasse werden die KBA-Fahrzeugsegmente Mittelklasse, Kompaktklasse, Mini-Van und Sonstige zugeordnet. Die hier definierte Oberklasse schließt die Fahrzeugsegmente obere Mittelklasse, Geländewagen, Großraum-Van, Oberklasse, SUV, Sportwagen, Utilities sowie Wohnwagen ein.

Die Auswertung des Fahrzeugbestands nach Raumtyp zeigt, dass etwa 24 Prozent der Pkw im urbanen Raum, knapp 34 Prozent im suburbanen Raum und 42 Prozent im ländlichen Raum zugelassen sind. Bei den Fahrzeugsegmenten entfallen 52 Prozent des Bestands auf die Mittelklasse, 27 Prozent zählen zur Oberklasse und 21 Prozent sind Kleinwagen. Dieses Verhältnis wird auch für den zukünftigen Bestand an E-Fahrzeugen in Deutschland angenommen.

2.2 Durchführung von Stakeholder-Dialogen und Cleanroom-Gesprächen

Die Grundannahmen und die Methodik der Untersuchungen wurden in enger Zusammenarbeit mit den relevanten Akteuren entwickelt. Dazu wurden Stakeholder-Dialoge und Cleanroom-Gespräche geführt. Die Mitwirkung der Akteure soll auch in Zukunft stattfinden, etwa bei der Aktualisierung der Ergebnisse dieser Studie.

2.2.1 Aufbau und Inhalt der Stakeholder-Dialoge

In vier Stakeholder-Dialogen wurden die zentralen Einflussfaktoren auf das Ladeverhalten der Nutzenden identifiziert. Gespräche wurden geführt mit Akteuren aus den Bereichen Automobilindustrie, Energiewirtschaft, Elektrotechnikindustrie, Ladeinfrastrukturbetreiber und -hersteller, Netzbetreiber, Einzelhandel, Tank- und Raststellenbetreiber sowie mit der Vertretung von Verbrauchern und Verbraucherinnen. Die Themen der vier Dialoge waren:

- Normalladung am Wohnort
- Normalladung beim Arbeitgeber
- Normal- und Schnellladung im öffentlich zugänglichen Raum
- HPC-Laden

Darüber hinaus wurden alle Teilnehmenden zur Attraktivität der Lade-Use-Cases für bestimmte Haushaltstypen befragt. Mögliche Einflussfaktoren auf die Attraktivität eines Lade-Use-Cases sind:

- die anfallenden Kosten der Ladung des E-Fahrzeugs (Energie, Standzeit)
- die Aufenthaltsdauer
- die Verfügbarkeit weiterer Lade-Use-Cases in der Umgebung
- die Häufigkeit des Aufenthalts am Lade-Use-Case

Die Attraktivität der Lade-Use-Cases wurde separat für Haushalte mit eigenem Stellplatz sowie Haushalte ohne eigenen Stellplatz erhoben und hat einen Einfluss auf die Häufigkeit des Auftretens von Ladevorgängen (siehe Kapitel 2.3.2). Um die Attraktivität der Lade-Use-Cases zur Verteilung von Ladevorgängen verwenden zu können, wird diese in eine Wahrscheinlichkeit der Ladung am Lade-Use-Case überführt (siehe Kapitel 3.1.1).



Siehe Kapitel 2.3.2, S. 30



Siehe Kapitel 3.1.1, S. 41

Zudem wurden die Teilnehmenden zu sieben Thesen befragt, um die Annahmen der Studie zu präzisieren. Es wurden Thesen zu Ladeverhalten, Attraktivität und typischen Ladeleistungen von Lade-Use-Cases sowie zur Energiemenge, die mindestens an unterschiedlichen Lade-Use-Cases verladen wird, diskutiert. Die Thesen befinden sich im Anhang A2. Eine Auswertung der Diskussion erfolgt in Kapitel 3.1.1.



Siehe Anhang A2, S. 88

2.2.2 Verzögerungen beim Aufbau von privater Ladeinfrastruktur

Für Nutzende gilt das private Laden im häuslichen Umfeld als höchst attraktiv. Deshalb ist die private Ladeinfrastruktur eine zentrale Säule für den künftigen Bestandszuwachs von E-Fahrzeugen in Deutschland. Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) geht davon aus, dass rund 85 Prozent aller Ladevorgänge am Wohnort oder Arbeitsplatz stattfinden.¹⁰ Aufgrund des hohen Anteils gewerblicher Pkw-Zulassungen von etwa 66 Prozent an den jährlichen Neuzulassungen (Stand 01.01.2020) sowie der angepassten Dienstwagensteuer für E-Fahrzeuge ist davon auszugehen, dass der Anteil an E-Fahrzeugen in Unternehmensflotten in den kommenden Jahren steigen wird.¹¹ Wegen der vergleichsweise langen Standzeit von Fahrzeugen am Arbeitsplatz kann ein großer Teil der für die täglichen Wege benötigten Energie während der Arbeitszeit nachgeladen werden.



¹⁰ NPM 2019



¹¹ KBA 2020 B

Für einen prognostizierten Bestand an 2,1 bis 3,1 Mio. E-Fahrzeugen in Deutschland im Jahr 2025 werden nach Berechnungen der NPM etwa 2,4 bis 3,5 Mio. private Ladepunkte benötigt.¹² Im Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung wird angenommen, dass auch zukünftig der überwiegende



¹² NPE 2019



¹³ BUND 2019

Teil der Ladevorgänge im privaten Bereich stattfinden wird. Je nach Entwicklung des Aufbaus von Ladeinfrastruktur wird das prozentuale Verhältnis von privater zu öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur laut Masterplan im Bereich von 60 : 40 bis 85 : 15 liegen.¹³

Angeichts dieser Bedeutung wird in der vorliegenden Studie untersucht, welche Hindernisse beim Aufbau von privater Ladeinfrastruktur auftreten können und welchen Einfluss diese auf öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur haben. Für unterschiedliche Entwicklungsszenarien wird berechnet, welches Verhältnis von Ladevorgängen im privaten und öffentlich zugänglichen Raum sich einstellt und welche öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur nötig ist, um den Bedarf zu decken.

In engem Austausch mit dem Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) sowie dem Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) wird weiterhin ein Faktor entwickelt, der beschreibt, wie viele Ladepunkte bei Haushalten mit E-Fahrzeug in den kommenden Jahren tatsächlich zur Verfügung stehen könnten.

Abhängig vom Zustand der elektrischen Anlagen sowie von bereits durchgeführten vorbereitenden Maßnahmen können die Kosten der Installation eines Ladepunkts am Wohnort stark variieren. Deshalb haben Fachleute für diese Studie ermittelt, wie groß die Bereitschaft zur Installation eines Ladepunkts bei Haushalten mit E-Fahrzeug unter den verschiedenen Voraussetzungen ist. Dabei wurde auch das geänderte Wohnungseigentumsgesetz (WEG) berücksichtigt, mit dem den Mietparteien von Mehrfamilienhäusern zu Beginn des Jahres 2020 bereits Erleichterungen beim Aufbau von Ladepunkten in Aussicht gestellt wurden.



¹⁴ ZVEI 2015

Auf Basis der Studie des ZVEI „Erhebung des Zustands elektrischer Anlagen für Gebäude“¹⁴ wird bestimmt, bei welchem Anteil der Gebäude in Deutschland erheblicher, mittlerer oder kein Nachrüstaufwand für die Installation eines Ladepunkts besteht.

Für die Installation eines Ladepunkts in Gebäuden mit erheblichem Nachrüst Aufwand fallen nach Einschätzung der Fachleute bei Einfamilienhäusern zusätzliche Kosten von bis zu 6.000,– Euro und bei Mehrfamilienhäusern von über 7.000,– Euro an. Wurden im Gebäude bereits Arbeiten zur Vorbereitung durchgeführt (mittlerer Nachrüst Aufwand), sinken die zusätzlichen Kosten der Installation eines Ladepunkts auf bis zu 2.000,– Euro für Einfamilienhäuser bzw. 3.000,– Euro für Mehrfamilienhäuser. Ist ein Gebäude bereits vollständig vorbereitet, kann der Ladepunkt ohne zusätzliche Kosten für Nachrüstung installiert werden.¹⁵



¹⁵ ZVEI 2018

Für die Quantifizierung der Bereitschaft zur Installation eines Ladepunkts in Abhängigkeit vom Nachrüst Aufwand wurden folgende Annahmen getroffen:

- Bis zum Jahr 2030 werden E-Fahrzeuge in allen Fahrzeugsegmenten und damit auch im Volumenmarkt angeboten.
- Für die Abschätzung der Investitionsbereitschaft dient das mittlere statistische Einkommen in Deutschland.
- Die möglichen Mehrkosten von bis zu 7.000,– Euro für die Installation eines Ladepunkts im häuslichen Umfeld wiegen bei einem geringen Einkommen schwerer als bei einem hohen Einkommen. Gerade im Zusammenhang mit dem Anschaffungspreis des E-Fahrzeugs bedeutet das für viele Haushalte eine besonders hohe finanzielle Hürde.
- Die Bereitschaft, zusätzliche Kosten zu tragen, ist bei den heutigen Käufern von E-Fahrzeugen ausgeprägter, da sich aktuell eher Haushalte mit höherem Einkommen ein E-Fahrzeug kaufen.



Siehe Tabelle 03, S. 26

Anschließend wurden die getroffenen Annahmen dokumentiert (Tabelle 03) und der jährliche Verfügbarkeitsfaktor von privater Ladeinfrastruktur im häuslichen Umfeld nach Gleichung 1 bestimmt. Gleichung 2 stellt eine beispielhafte Berechnung des Verfügbarkeitsfaktors für das Jahr 2021 vor.

TABELLE 03: BEISPIELHAFTE ANNAHMEN ZUR BESTIMMUNG DES VERFÜGBARKEITSAKTORS FÜR LADEINFRASTRUKTUR AM WOHNORT

Jahr	Gebäudetyp: Nachrüstung ohne Vorbereitung		Gebäudetyp: Nachrüstung mit Vorbereitung		Gebäudetyp: Bereits vollständig vorbereitet	
	Gebäude-Anteil am Bestand	Bereitschaft zur Installation	Gebäude-Anteil am Bestand	Bereitschaft zur Installation	Gebäude-Anteil am Bestand	Bereitschaft zur Installation
2021	97 %	25 %	2 %	90 %	1 %	100 %

Verfügbarkeitsfaktor (Jahr) (Gleichung 1) =

$$\sum_i \text{Gebäudetypen} (\text{Gebäudeanteil am Bestand} \times \text{Bereitschaft zur Installation})$$

Verfügbarkeitsfaktor (2021) (Gleichung 2) =

$$(0,97 \times 0,25) + (0,02 \times 0,9) + (0,01 \times 1) = 0,27$$



Siehe Anhang A6, S. 93

Die vollständigen Annahmen zur Bestimmung der Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur am Wohnort im Szenario „Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ sind dem Anhang A6 zu entnehmen.



Siehe Kapitel 3.1.2, S. 46

Auch am Arbeitsplatz ist mit einem verzögerten Aufbau von Ladeinfrastruktur zu rechnen. Der entsprechende Verfügbarkeitsfaktor wurde dabei maßgeblich auf Basis der Ergebnisse der Stakeholder-Dialoge und ohne eine ausführliche Analyse von Gebäudedaten bestimmt (siehe Kapitel 3.1.2).

2.2.3 Struktur und Auswertung der vertraulichen Cleanroom-Gespräche



¹⁶ PA Cons. 2020

Im Jahr 2020 wurde der neue CO₂-Flottengrenzwert der Europäischen Union in Höhe von 95 g CO₂/km für Pkw sowie leichte Nutzfahrzeuge verpflichtend und gilt zunächst für 95 Prozent der Fahrzeugflotte eines Herstellers. Jeder Hersteller hat zudem in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Gewicht seiner Fahrzeugflotte eine individuelle Zielvorgabe.¹⁶ Ab dem kommenden

Jahr 2021 gilt der gewichtsabhängige CO₂-Flottengrenzwert für die gesamte Flotte eines Herstellers. Um die Überschreitung des CO₂-Flottengrenzwerts zu vermeiden, können sich Hersteller auch in Emissionsgemeinschaften zusammenschließen.¹⁷ Für die Jahre 2025 bis 2029 ist eine weitere CO₂-Minderung von 15 Prozent im Vergleich zum Jahr 2021 vorgesehen. Darüber hinaus will die Europäische Kommission bis 2030 eine CO₂-Minderung von 37,5 Prozent gegenüber dem Jahr 2021 erreichen.¹⁸ Diese Zielmarken können nur mit einer mehr oder weniger starken Elektrifizierung der Fahrzeugflotten erreicht werden.



¹⁷ EUR PARL 2019



¹⁸ BMU 2020 C

Die Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland ist nur mit detaillierten Informationen zum Bestand und zu den technischen Eigenschaften der bis zum Jahr 2030 zugelassenen E-Fahrzeuge möglich. Deshalb wurden für diese Studie erstmals vertrauliche Cleanroom-Gespräche zwischen den in Deutschland aktiven Automobilherstellern sowie dem BMVI, der NOW und dem RLI durchgeführt. Die zweiteiligen Einzelgespräche wurden im Beisein eines Rechtsanwalts der Rechtsanwaltskanzlei Becker Büttner Held (bbh) durchgeführt. Im ersten Teil wurden Treiber des E-Fahrzeug-Hochlaufs, zukünftige Batterietechnologien und die Verfügbarkeit von Daten besprochen (siehe Anhang A3).



Siehe Anhang A3, S. 88

In einem zweiten Teil haben die jeweils befragten Hersteller Informationen mit jährlicher Auflösung und aufgeteilt auf die Antriebstechnologien (BEV, PHEV, FCEV) sowie Fahrzeugsegmente (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) zusammengestellt und ausschließlich an die Rechtsanwaltskanzlei bbh weitergegeben. Zu diesen Informationen zählen die geplanten Zulassungszahlen, maximalen Ladeleistungen, Batteriekapazitäten und der Verbrauch an elektrischer Energie von E-Fahrzeugen sowie die Anzahl der geplanten Modelle. Die Rechtsanwaltskanzlei bbh hat die Angaben anschließend über alle befragten Hersteller aggregiert, anonymisiert und vertraulich an das RLI zur Auswertung übergeben. Auf Grundlage dieser Informationen wurden dann die Anzahl sowie die technischen Eigenschaften der E-Fahrzeuge im Bestand bis zum Jahr 2030 bestimmt (siehe Kapitel 3.1.3).



Siehe Kapitel 3.1.3, S. 48

2.3 Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland



Siehe Kapitel 2.1, S. 16

Die im Kapitel 2.1 vorgestellte Datengrundlage ist die Basis für die Modellierung unterschiedlicher Haushaltstypen und die Simulation des Mobilitätsverhaltens in Deutschland. Die in den Stakeholder-Dialogen und Cleanroom-Gesprächen ermittelten Annahmen ermöglichen die Verteilung von Ladevorgängen. Unter der zusätzlichen Annahme, dass ein Ladepunkt mit Beginn eines Ladevorgangs während der gesamten Aufenthaltsdauer an einem Lade-Use-Case belegt ist, kann der zeitliche (Wochentag, Stunde, Minute) und örtliche (Lade-Use-Case) Ladebedarf aller Nutzenden berechnet werden. Anschließend wird aus dem Ladebedarf die dafür nötige Ladeinfrastruktur abgeleitet.

Damit das Mobilitätsverhalten aller Haushalte mit E-Fahrzeug realistisch simuliert werden kann, muss die Auswertung der MiD- und KBA-Daten mit dem jährlichen Bestand an E-Fahrzeugen in Deutschland zusammengeführt werden. Der Bestand gibt vor, wie viele Fahrzeuge je Fahrzeugsegment (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) zugelassen und mit welcher Antriebstechnologie und Technik diese ausgestattet sind. Anschließend wird ermittelt, wie viele Haushalte der unterschiedlichen Haushaltstypen untersucht werden müssen, um den Bestand an E-Fahrzeugen in Deutschland abzubilden.

Unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten Annahmen werden in der Simulation Ladevorgänge verteilt, die durch einen Haushalt mit E-Fahrzeug im Tages- beziehungsweise Wochenverlauf verursacht werden. Die Annahmen betreffen die mindestens verladenen Energiemengen, den Ladezustand der Batterie, die Distanz eines Weges und die Wahrscheinlichkeit der Ladung an einem Lade-Use-Case. Der untersuchte Betrachtungszeitraum beträgt drei Monate. Dieser Zeitraum ist ein Kompromiss aus möglichst kurzer Berechnungszeit der Simulation und möglichst hoher Aussagekraft der Ergebnisse.

2.3.1 Zuordnung von E-Fahrzeugen zu Haushalten

Zunächst wird der prognostizierte Bestand an E-Fahrzeugen je Antriebstechnologie und Fahrzeugsegment anhand der KBA-Daten (siehe Kapitel 2.1.2) auf die Raumtypen verteilt. Es wird angenommen, dass sich die aktuelle Verteilung auf die Fahrzeugklassen sowie Raumtypen der Fahrzeuge im Bestand bis zum Jahr 2030 nicht ändert. Die Anzahl der repräsentativen Haushalte jedes Haushaltstyps wird anschließend durch den prognostizierten Bestand an E-Fahrzeugen je Fahrzeugsegment und Raumtyp sowie die Verhältnisse zwischen befragten Haushalten in der MiD und Haushalten in Deutschland bestimmt.



Siehe Kapitel 2.1.2, S. 21

Um die auftretenden Ladevorgänge in der Simulation korrekt abzubilden, werden neben den technischen Daten der E-Fahrzeuge auch die maximalen Ladeleistungen der Ladepunkte berücksichtigt. Die tatsächliche Ladeleistung eines Ladevorgangs hängt von der maximalen Ladeleistung des E-Fahrzeugs sowie des Ladepunkts ab. Eine vom Ladezustand der Batterie beeinflusste Ladekurve wird nicht berücksichtigt. Außerdem wird angenommen, dass die Ladeleistung während des gesamten Ladevorgangs konstant bleibt. Ein batterieelektrisches Fahrzeug mit einer maximalen DC-Ladeleistung von 100 kW lädt auch an einem DC-Ladepunkt mit 350 kW durchgängig nur mit 100 kW. Im Verlauf der Studie wurden Akteure in Stakeholder-Dialogen zur maximalen Ladeleistung an den sieben Lade-Use-Cases befragt. Des Weiteren wurden aktuelle Entwicklungen des innerstädtischen Ladens berücksichtigt, um das Konzept des Lade-Hubs zu integrieren. Für die aktuelle Untersuchung werden den Lade-Use-Cases die in Tabelle 04 festgelegten Ladeleistungen zugeordnet.

TABELLE 04: IN DER BERECHNUNG ANGENOMMEN LADELEISTUNG JE LADE-USE-CASE

	Privat					Öffentlich	
							
	1	2	3	4	5	6	7
	Eigenheim	Mehr-familienhaus	Arbeitgeber	Lade-Hub innerort	Lade-Hub an Achsen	Kunden-parkplatz	Straßenraum
Ladeleistung	11 kW	11 kW	22 kW	150 kW	350 kW	22 kW	22 kW

2.3.2 Simulation des Mobilitäts- sowie Ladeverhaltens

Um das Mobilitätsverhalten der Haushalte zu simulieren, werden aus den MiD-Daten synthetische Fahrprofile über einen Betrachtungszeitraum von drei Monaten erstellt. Die in der MiD enthaltenen Haushalte wurden immer nur zu einem einzelnen Stichtag befragt. Das synthetische Fahrprofil eines über drei Monate simulierten Haushalts setzt sich daher aus mehreren Fahrten von unterschiedlichen Haushalten eines Haushaltstyps zusammen. Für jeden Wochentag wird zufällig ein Haushalt des betrachteten Haushaltstyps ausgewählt. Dessen Fahrten werden dann im Fahrprofil hinterlegt. Aufgrund der begrenzten Datengrundlage kann es dazu kommen, dass die täglichen Wege eines in der MiD befragten Haushalts mehrfach in den synthetischen Fahrprofilen genutzt werden.

Dieses Vorgehen ermöglicht die Abbildung des wöchentlichen Mobilitätsverhaltens eines repräsentativen Haushalts und beinhaltet alle in der MiD dokumentierten Fahrten. Ein erhöhtes Aufkommen von Urlaubsfahrten im Sommer oder weitere saisonale Effekte werden nicht untersucht, da die Anzahl der in der MiD befragten Haushalte je Kalendertag für eine saisonale Analyse nicht ausreicht. Die Ankunftszeit von 93 Prozent der 439.049 hier untersuchten Wege wurde von den befragten Haushalten in 5-Minuten-Schritten angegeben. Um eine unrealistische Häufung von Ladeereignissen zu verhindern, wird die Ankunftszeit beim Übertrag in das Fahrprofil zufällig um bis zu 15 Minuten zeitlich nach vorn oder hinten verschoben. Das so erstellte Fahrprofil wird anschließend vom E-Fahrzeug des Haushalts virtuell abgefahren.

Um den Bedarf an Ladeinfrastruktur aller deutschen Haushalte mit E-Fahrzeug zu bestimmen, wird zunächst der zeitliche sowie örtliche Bedarf aller einzelnen Haushalte ermittelt. Um Ladevorgänge zeitlich zuzuordnen, wurden die 24 Stunden eines Tages in 15-Minuten-Zeitfenster aufgeteilt. Während der Dauer des Aufenthalts eines Fahrzeugs am jeweiligen Lade-Use-Case kann es zu einem Ladevorgang kommen. Wenn ein Ladevorgang in dieser Zeit stattgefunden hat, wird dieser den entsprechenden 15-Minuten-Zeitfenstern zugeordnet. Nach einer Zusammenführung der Bedarfe aller Haushalte kann die Anzahl der gleichzeitig belegten Ladepunkte in Deutschland je Lade-Use-Case bestimmt und im zeitlichen Verlauf dargestellt werden.

Grundlegende Annahmen zum Ladeverhalten

Während das E-Fahrzeug in der Simulation der Reihe nach alle Wege des Fahrprofils abfährt, werden in Abhängigkeit von Annahmen zum Ladeverhalten Ladevorgänge verteilt. Die Verteilung von Ladevorgängen an unterschiedliche Lade-Use-Cases wird so lange wiederholt, wie der Ladezustand der Batterie über den gesamten Betrachtungszeitraum nicht unter null fällt. Aufgrund der Verfügbarkeit eines zweiten Energiespeichers wird angenommen, dass PHEVs und FCEVs nicht zwingend aufgeladen werden müssen. Ein Ladevorgang findet bei diesen E-Fahrzeugen nur dann statt, wenn die Ladung am entsprechenden Lade-Use-Case wahrscheinlich genug ist (siehe Kapitel 3.1.1). Weitere Annahmen zum Ladeverhalten (siehe Anhang A4) haben einen starken Einfluss auf das Auftreten eines Ladevorgangs und betreffen folgende Bereiche:



Siehe Kapitel 3.1.1, S. 41



Siehe Anhang A4, S. 90

Der Ladezustand der Batterie am Ende eines Weges (obere Grenze) – überschreitet der Ladezustand der Batterie am Ende eines Weges die obere Grenze, wird an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur kein Ladevorgang begonnen. Bei bereits gestarteten Ladevorgängen wird das E-Fahrzeug so voll wie möglich geladen und die obere Grenze wird nicht weiter berücksichtigt.

Der Ladezustand der Batterie am Ende eines Weges (untere Grenze) – dieses Kriterium gilt nur für batterieelektrische Fahrzeuge. Ist der Ladezustand der Batterie am Ende eines Weges kleiner als die untere Grenze, wird ein Ladevorgang ausgelöst. Wenn das E-Fahrzeug im privaten Raum abgestellt wird und dort kein Ladepunkt verfügbar ist, wird der Ladevorgang am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) durchgeführt. Bei einer Ankunft im öffentlich zugänglichen Raum wird die Ladung am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) durchgeführt, wenn dieser für den Haushalt attraktiv genug ist. In allen anderen Fällen wird der Ladevorgang am Aufenthaltsort am Ende des Weges gestartet.

Die Energiemenge, die von Nutzenden an einem Lade-Use-Case mindestens verladen wird – kann die Mindestenergiemenge aufgrund der Kombination aus Ladezustand der Batterie am Ende eines Weges sowie Standzeit und Ladeleistung an einem Lade-Use-Case nicht verladen werden, findet dort kein Ladeereignis statt.



In der Simulation wird zunächst versucht, alle Ladebedarfe allein durch die Nutzung privater Ladeinfrastruktur abzudecken. Kann die Mobilität des Haushalts so nicht aufrechterhalten werden, wird auch die Ladung an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur mit einbezogen. Die Ladevorgänge lassen sich anschließend zeitlich (Wochentag, Stunde, Minute) sowie örtlich (Lade-Use-Case) zuordnen.

Der Ladezustand zu Beginn und Ende einer HPC-Ladung – die Ladung an HPC-Ladeinfrastruktur erfolgt aufgrund der verwendeten Ladetechnologien und der Ladekurven der aktuellen E-Fahrzeuge nur durch batterieelektrische Fahrzeuge sowie in einem bestimmten Bereich des Ladezustands der Batterie. Für Ladungen am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) liegt dieser Bereich zwischen 0 und 80 Prozent des Ladezustands der Batterie. Am Lade-Use-Case 5 (Lade-Hub an Achsen) wird zwischen 20 und 80 Prozent des Ladezustands der Batterie geladen.

Die Distanz eines Weges – überschreitet die Distanz eines Weges die maximale Reichweite des E-Fahrzeugs oder beträgt sie mehr als 350 km, wird eine Fahrt entlang von Achsen oder auf Fernstraßen angenommen. In Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie zu Beginn des Weges werden im Verlauf gleichmäßig HPC-Ladevorgänge am Lade-Use-Case 5 (Lade-Hub an Achsen) durchgeführt.

Die Attraktivität eines Lade-Use-Cases – wenn die bereits genannten Annahmen zum Auftreten eines Ladevorgangs erfüllt sind, das Fahrzeug aufgrund des Ladezustands der Batterie jedoch nicht geladen werden muss, entscheidet die Attraktivität des Lade-Use-Cases darüber, wie wahrscheinlich ein Ladevorgang ist. In diesem Fall findet in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit sowie einer Zufallszahl ein Ladevorgang statt oder nicht.

2.3.3 Bestimmung des Bedarfs an Ladepunkten je Lade-Use-Case

Aufgrund der begrenzten Anzahl der in der MiD befragten Haushalte sowie der vereinfachten Angaben zur Ankunftszeit (siehe Kapitel 2.3.2) kann es in der Simulation zu einem zeitlich stark verdichteten Auftreten von Ladevorgängen kommen. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass Ladevorgänge durch Reservierungs- und weitere intelligente Nutzungsfunktionen von den Nutzenden in Zukunft auch vor Fahrtantritt beziehungsweise während der Fahrt geplant werden. Anreize dafür könnten nach Anschlusszeit gestaffelte Parkgebühren oder dynamische Energiepreise sein. Mit einer gezielten Planung von Ladevorgängen lassen sich Ladungen zu Stoßzeiten vermeiden. Im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen und den hier verwendeten MiD-Daten können sich Aufenthalte an Lade-Use-Cases bei der Nutzung von E-Fahrzeugen zeitlich verschieben und so die Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur erhöhen.⁴



Siehe Kapitel 2.3.2, S. 30



⁴ NPM 2020

Diese Sachverhalte müssen bei der Bestimmung des Bedarfs an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur berücksichtigt werden. Wie häufig die gleichzeitige Belegung von Ladepunkten im Betrachtungszeitraum auftritt, kann in einer Dauerlinie dargestellt und anschließend ausgewertet werden. Eine solche Dauerlinie ist in Abbildung 05 beispielhaft für den Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) im Jahr 2025 dargestellt. Die dargestellte Dauerlinie zeigt, dass in 40 Prozent aller 15-Minuten-Zeitfenster mindestens 42.000 Ladepunkte gleichzeitig belegt sind.



Siehe Abbildung 05, S. 34

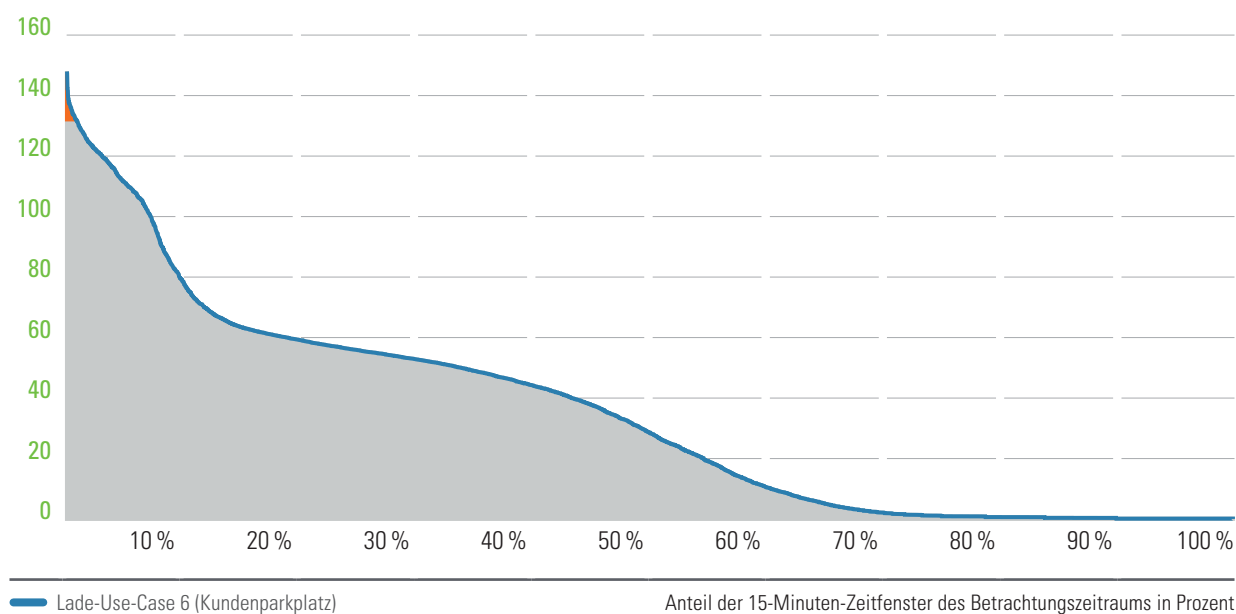
Der für Deutschland ermittelte Bedarf an Ladeinfrastruktur wird nicht ausschließlich anhand der maximalen Anzahl gleichzeitig belegter Ladepunkte bestimmt. Der Bedarf entspricht einer von einem Schwellenwert (Quantil) abhängigen Abdeckung der untersuchten 15-Minuten-Zeitfenster im Betrachtungszeitraum (grau markiert).

Wenn Ladeinfrastruktur an diesem Lade-Use-Case für das 99-Prozent-Quantil des Ladebedarfs der 15-Minuten-Zeitfenster aufgebaut wird, dann reduziert sich die Anzahl der benötigten Ladepunkte von etwa 148.000 auf ca. 130.000. Der Ladebedarf in 1 Prozent der 15-Minuten-Zeitfenster des Betrachtungszeitraums kann teilweise nicht abgedeckt werden (orange markiert).

Je nach untersuchtem Szenario und den Annahmen zur Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur variiert der Schwellenwert zur Abdeckung der untersuchten 15-Minuten-Zeitfenster für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur zwischen dem 99- und dem 96,5-Prozent-Quantil (siehe Kapitel 2.4).

ABBILDUNG 05: DAUERLINIE VON GLEICHZEITIG BELEGTEN LADEPUNKTEN

Anzahl der gleichzeitig belegten Ladepunkte in Tausend



2.4 Untersuchte Szenarien

01

02 |

03

04

05

Der tatsächliche Bedarf an Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2030 in Deutschland ist von vielen Einflussfaktoren abhängig. Diese können einen ganz unterschiedlichen Effekt auf die benötigte Anzahl von Ladepunkten je Lade-Use-Case haben.

- Werden mehr E-Fahrzeuge zugelassen als prognostiziert, muss mehr Energie an den Lade-Use-Cases verladen werden. Dies bedeutet einen erhöhten Bedarf an Ladeinfrastruktur.
- Wenn die Auslastung je Ladepunkt erhöht werden kann oder Nutzende vermehrt an Lade-Hubs mit hoher Ladeleistung laden, kann der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur sinken.
- Ist die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur geringer, fällt der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur höher aus.

Um die Auswirkungen dieser Einflussfaktoren zu untersuchen, werden sechs Szenarien betrachtet. Es werden Parameter variiert, die einen starken Einfluss auf das Ladeverhalten der Nutzenden, die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur und die Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur haben. Der prognostizierte Bestand an E-Fahrzeugen wird nicht variiert.

Die in den Szenarien verwendeten Parameter werden in Kapitel 3.1 ausführlich beschrieben. Eine Übersicht über die Parameter, die in den unterschiedlichen Szenarien konstant bleiben, ist im Anhang A4 aufgeführt. Mit den variablen Parametern können unterschiedliche Entwicklungen abgebildet und in den folgenden Szenarien untersucht werden:



Siehe Kapitel 3.1, S. 40



Siehe Anhang A4, S. 90



Siehe Kapitel 3.1.2, S. 46



Referenzszenario – dieses Szenario basiert auf den Annahmen, die im Verlauf der Studie und in enger Zusammenarbeit mit den Akteuren erarbeitet wurden.



Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur – dieses Szenario geht im Vergleich zur Referenz von einer geringen Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur aus (siehe Kapitel 3.1.2). Folglich könnte der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur steigen.



Hohe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur – dieses Szenario untersucht, welche Auswirkungen ein zügiger Ausbau von privater Ladeinfrastruktur auf die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur hat. Hier wird angenommen, dass die Rahmenbedingungen zum Aufbau von privater Ladeinfrastruktur verbessert und die vorhandenen Hemmnisse an Wohnort und Arbeitsplatz abgebaut werden. Im Vergleich zum Referenzszenario könnte der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur deutlich sinken.



Digitale Angebote – Grundlage für dieses Szenario ist das Referenzszenario. Anders als in der Referenz wird jedoch die Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ab dem Jahr 2025 schrittweise bis zum Jahr 2030 erhöht. Bereits heute wird die Standzeit an Ladepunkten reglementiert. Deshalb ist davon auszugehen, dass sich das Ladeverhalten der Nutzenden durch Reservierungsfunktionen oder finanzielle Anreize in Zukunft verändert. Durch die erhöhte Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur und die Vermeidung von Ladevorgängen zu Stoßzeiten sinkt der Schwellenwert zur Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur. Die vom Schwellenwert abhängige Abdeckung der untersuchten 15-Minuten-Zeitfenster sinkt entsprechend vom 99-Prozent-Quantil im Jahr 2025 schrittweise auf das 96,5-Prozent-Quantil im Jahr 2030. Im Vergleich zum Referenzszenario könnte der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur sinken.



Parkraumbewirtschaftung – aufgrund einer verstärkten Parkraumbewirtschaftung und einer veränderten Nutzung des Straßenraums im Zuge der Mobilitäts- und Verkehrswende können sich Anzahl und Verfügbarkeit von Parkplätzen reduzieren. In dieser Erweiterung des Szenarios „Digitale Angebote“ wird daher zusätzlich angenommen, dass sich die Attraktivität des Lade-Use-Cases 7 (Straßenraum) halbiert und Nutzende von E-Fahrzeugen weniger häufig am Straßenrand oder auf öffentlichen Parkplätzen laden. Gleichzeitig wird eine erhöhte Nutzung von Lade-Hubs (innerorts) unterstellt und die Attraktivität des Lade-Use-Cases 4 (Lade-Hub innerorts) um 50 Prozent erhöht. Der Bedarf an Ladeinfrastruktur am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) könnte im Vergleich zum Szenario „Digitale Angebote“ drastisch sinken.



HPC-Ladung – auf Grundlage des Szenarios „Digitale Angebote“ wird hier zusätzlich untersucht, welchen Einfluss eine starke Nutzung von Lade-Hubs (innerorts) auf die Anzahl der benötigten öffentlich zugänglichen Ladepunkte hat. Es wird angenommen, dass sich die Attraktivität der Ladung des eigenen E-Fahrzeugs am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) und Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) halbiert. Gleichzeitig wird die Attraktivität am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) um 50 Prozent erhöht. Durch die Verlagerung von Ladevorgängen auf den Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) könnten viele Ladepunkte der Normalladeinfrastruktur wegfallen.

03

Ergebnisdarstellung und Auswertung

3.1 Stakeholder-Dialoge und Cleanroom-Gespräche 40

3.1.1 Auswertung der Stakeholder-Dialoge 41

3.1.2 Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur 46

3.1.3 Auswertung der Cleanroom-Gespräche 48

3.2 Ermitteltes Ladeverhalten der Nutzenden im Tagesverlauf 50

3.3 Ladevorgänge an privater und öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur 55

3.4 Anzahl der benötigten Ladepunkte bis zum Jahr 2025/2030 56

3.5 Verhältnis zwischen E-Fahrzeugen und öffentlich zugänglichen Ladepunkten 65

3.6 Verladene Energiemenge je Lade-Use-Case sowie Ladepunkt in Deutschland 67

03

Ergebnisdarstellung und Auswertung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie dargestellt. Zunächst werden die Stakeholder-Dialoge ausgewertet. Dann werden die Wahrscheinlichkeit der Ladung an unterschiedlichen Lade-Use-Cases und die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur ermittelt. Anschließend werden die Ergebnisse der vertraulichen Cleanroom-Gespräche vorgestellt und der zukünftige Bestand an E-Fahrzeugen in Deutschland berechnet. Die Auswertung des Ladeverhaltens im Tagesverlauf ermöglicht die Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur sowie der Verteilung von Ladevorgängen an privater und öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. Des Weiteren wird untersucht, wie viel Energie an den Lade-Use-Cases pro Jahr sowie an einzelnen Ladepunkten pro Tag verladen wird.

3.1 Stakeholder-Dialoge und Cleanroom-Gespräche



Siehe Kapitel 2.2.1, S. 22

In insgesamt vier Stakeholder-Dialogen wurden 28 Akteure aus unterschiedlichen Branchen zum Thema Ladeinfrastruktur und zu relevanten Annahmen der Studie befragt (siehe Kapitel 2.2.1). In sieben Thesen wurden Richtlinien, aktuelle Prognosen sowie Trends thematisiert und anschließend diskutiert. Außerdem wurden mögliche Hindernisse beim Aufbau von Ladeinfrastruktur an den unterschiedlichen Lade-Use-Cases identifiziert und die Annahmen der Studie diskutiert. In vertraulichen Cleanroom-Gesprächen wurden die Anzahl und die technischen Daten der in Deutschland neu zugelassenen E-Fahrzeuge erhoben. Die Ergebnisse der Stakeholder-Dialoge und Cleanroom-Gespräche haben einen wesentlichen Einfluss auf den Bedarf an Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2025 und 2030.

01

02

03 |

04

05

3.1.1 Auswertung der Stakeholder-Dialoge

Die Teilnehmenden wurden zu sieben Thesen befragt und diese anschließend diskutiert. Der Aufbau der Gespräche und die Bereiche der eingebundenen Stakeholder wurden in Kapitel 2.2.1 beschrieben. Im Folgenden sind die Thesen sowie die dazugehörige Auswertung und Interpretation gelistet:



Siehe Kapitel 2.1.1, S. 16

Auswertung der Thesen

- 1 **Im Jahr 2030 werden sich mindestens 85 Prozent der benötigten Ladepunkte auf privaten Stellplätzen am Wohnort oder Arbeitsplatz befinden.**

Dieser These stimmten insgesamt **45 Prozent** der Teilnehmenden zu. Es wurde deutlich, dass das zukünftige Ladeverhalten der Nutzenden sowie die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur einen Einfluss auf die Verteilung haben. Beides lässt sich jedoch nicht genau vorhersagen.

- 2 **Nutzende von E-Fahrzeugen ohne privaten Stellplatz rechnen mehrheitlich mit der Möglichkeit zur wohnungsnahen Ladung ihres Fahrzeugs über Nacht.**

Mit etwa **60 Prozent** stimmte eine leichte Mehrheit der Teilnehmenden dieser These zu. Etwa 40 Prozent der Teilnehmenden stimmten dieser These nicht zu und machten deutlich, dass sich das Ladeverhalten und die Rolle des Ladens im Straßenraum durchaus ändern könnten. Aufgrund dieses Teilergebnisses wird mit dem Szenario „Parkraumbewirtschaftung“ untersucht, welchen Einfluss eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Ladung des eigenen E-Fahrzeugs am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) auf öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur hat.



Siehe Kapitel 3.4, S. 56

3 Das Verhältnis zwischen E-Fahrzeugen und notwendigen öffentlichen Ladepunkten beträgt auch bis zum Jahr 2030 weiterhin 10:1.

Dieser These haben nur **10 Prozent** der Teilnehmenden zugestimmt. Diese starke Ablehnung macht deutlich, dass ein für alle Ladepunkte, Räume und Regionen gleiches und starres Verhältnis von 10:1 sehr unwahrscheinlich ist. Deshalb wird das Verhältnis von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten in dieser Studie für unterschiedliche Raumtypen (urban, suburban, ländlich) analysiert (siehe Kapitel 3.4).

4 Das Laden an HPC-Ladepunkten wird auch bis zum Jahr 2030 nur für das Premiumfahrzeugsegment relevant sein.

Nur knapp **5 Prozent** der Teilnehmenden haben dieser These zugestimmt. Da einige Hersteller bereits E-Fahrzeuge mit einer DC-Ladeleistung von mehr als 150 kW für das Mittelklassensegment angekündigt haben, ist die geringe Zustimmung nachvollziehbar. Das Ergebnis macht deutlich, wie wichtig die HPC-Technologie auch für Volumenhersteller ist. Eine erhöhte Wahrscheinlichkeit der Ladung des eigenen E-Fahrzeugs an HPC-Ladepunkten wird in mehreren Szenarien dieser Studie untersucht.

5 Nutzende von Elektrofahrzeugen laden ihr Fahrzeug im öffentlichen Raum nicht länger, als ihr Aufenthalt dauert.

Dieser These haben etwa **60 Prozent** der Teilnehmenden zugestimmt. Es ist daher zu erwarten, dass die Nutzenden von E-Fahrzeugen ihre Aufenthaltszeit an den Lade-Use-Cases im Rahmen eines Ladevorgangs nicht deutlich verlängern.

01

02

03

04

05

6 Auf Parkplätzen des Einzelhandels ist Normalladeinfrastruktur in der Regel vollkommen ausreichend.

Nur knapp **38 Prozent** der Teilnehmenden haben der These zugestimmt. Dies verdeutlicht die Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Rolle des Einzelhandels. Bei der Aktualisierung der Ergebnisse dieser Studie sollte daher auch der Aufbau von Schnell- sowie HPC-Ladeinfrastruktur auf Parkplätzen des Einzelhandels berücksichtigt werden.

7 Die zeitliche Beschränkung der Standdauer beim HPC-Laden an Lade-Hubs innerorts wird zukünftig aus planerischer Sicht notwendig sein.

Dieser These haben **86 Prozent** der Teilnehmenden zugestimmt. Die zeitliche Beschränkung der Standdauer beim Laden gilt als wichtiges Instrument, um die Auslastung der Ladepunkte zu erhöhen. Auch die Arbeitsgruppe 5 der NPM kommt zu diesem Schluss und geht von einer erhöhten Auslastung ab dem Jahr 2025 aus. Mit den Szenarien „Digitale Angebote“, „Parkraumbewirtschaftung“ sowie „HPC-Ladung“ wird deshalb eine erhöhte Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur untersucht.

Attraktivität von Lade-Use-Cases

Die Verteilung von möglichen Ladevorgängen einzelner Haushalte mit E-Fahrzeug hängt stark vom Faktor „Attraktivität“ eines Lade-Use-Cases ab. Je attraktiver ein Lade-Use-Case ist, desto eher entschließt sich ein Haushalt, bei Bedarf hier zu laden. Bei der Bewertung der Attraktivität einzelner Lade-Use-Cases macht es zudem einen erheblichen Unterschied, ob ein Haushalt über einen eigenen Stellplatz verfügt oder nicht. Deshalb wurden bei der Befragung Haushalte mit und ohne eigenen Stellplatz unterschieden. Die Attraktivität der einzelnen Lade-Use-Cases wird im Folgenden als Wahrscheinlichkeit der Ladung ausgedrückt. Wurde also ein bestimmter Lade-Use-Case



Siehe Kapitel 2.3.2, S. 30

von allen Teilnehmenden als sehr attraktiv eingestuft, liegt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Ladung bei 100 Prozent. Sind alle übrigen Randbedingungen (siehe Kapitel 2.3.2) erfüllt, kommt es zur Ladung an diesem Lade-Use-Case. Tabelle 05 zeigt die in dieser Studie ermittelte Wahrscheinlichkeit der Ladung des eigenen E-Fahrzeugs an unterschiedlichen Lade-Use-Cases.

TABELLE 05: WAHRSCHEINLICHKEIT DER LADUNG AN EINEM LADE-USE-CASE AUF GRUNDLAGE DER STAKEHOLDER-DIALOGS

	Privat					Öffentlich	
	 1 Eigenheim	 2 Mehr-familienhaus	 3 Arbeitgeber	 4 Lade-Hub innerorts	 5 Lade-Hub an Achsen	 6 Kundenparkplatz	 7 Straßenraum
Haushalt							
ohne Stellplatz	—	—	100 %	56 %	56 %	61 %	30 %
mit Stellplatz	100 %	100 %	48 %	27 %	68 %	34 %	6 %

Deutlich zeigt sich die überwiegend hohe Wahrscheinlichkeit der Ladung an privater Ladeinfrastruktur. Für Haushalte ohne eigenen Stellplatz wird die Wahrscheinlichkeit der Ladung an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts), 5 (Lade-Hub an Achsen) und 6 (Kundenparkplatz) als eher hoch bewertet. Als weniger wahrscheinlich wird die Ladung an Ladepunkten im Straßenraum eingeschätzt. Im Vergleich zu Haushalten ohne eigenen Stellplatz wird die Wahrscheinlichkeit der Ladung am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) und 6 (Kundenparkplatz) für Haushalte mit eigenem Stellplatz als geringer, am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) sogar als deutlich geringer bewertet.

Das Öko-Institut hat in einer Studie die Akzeptanz und die Perspektiven von Elektromobilität in Südhessen untersucht. Dabei wurde unter anderem für 106 Lade-Standorte mit Ladeinfrastruktur die Auslastung im Jahresverlauf analysiert. Im Ergebnis wurde dabei festgestellt, dass öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur in ländlichen Regionen im Vergleich zu städtischen Regionen weniger intensiv genutzt wird.¹⁹ Demnach ist der Anteil an Haushalten mit



¹⁹ ÖKO 2020

01

02

03

04

05

eigenem Stellplatz in ländlichen Regionen üblicherweise deutlich größer als im städtischen Raum, was die Ergebnisse der Stakeholder-Dialoge bestätigt. Das Öko-Institut hat zudem auch die direkte Umgebung des Lade-Standorts untersucht. Das Ergebnis: Sind Einkaufs- oder Freizeiteinrichtungen im fußläufigen Umfeld eines Lade-Standorts vorhanden, steigt die Auslastung der Ladeinfrastruktur um 27 Prozent und damit im Vergleich zu anderen untersuchten Merkmalen am stärksten.¹⁹ Dieses Ergebnis bekräftigt die in Tabelle 06 aufgeführte vergleichsweise hohe Wahrscheinlichkeit der Ladung des eigenen E-Fahrzeugs auf Kundenparkplätzen.


¹⁹ ÖKO 2020


Siehe Kapitel 2.4, S. 35

Die in Kapitel 2.4 beschriebenen Szenarien analysieren den Einfluss eines geänderten Ladeverhaltens auf den Ladebedarf an den unterschiedlichen Lade-Use-Cases. Tabelle 06 stellt die Variation der Wahrscheinlichkeit der Ladung des eigenen E-Fahrzeugs an den Lade-Use-Cases in den untersuchten Szenarien dar. Die Wahrscheinlichkeit der Ladung am Lade-Use-Case 5 (Lade-Hub an Achsen) wird maßgeblich von anderen Randbedingungen (Ladezustand der Batterie, Distanz der Fahrt) beeinflusst.

TABELLE 06: ANGENOMMENE WAHRSCHEINLICHKEIT DER LADUNG AN DEN LADE-USE-CASES FÜR HAUSHALTE MIT/OHNE EIGENEN STELLPLATZ IN DEN UNTERSUCHTEN SZENARIEN

Untersuchte Szenarien	Haushalte mit/ohne eigenen Stellplatz						
	 1 Eigenheim	 2 Mehr-familienhaus	 3 Arbeitgeber	 4 Lade-Hub innerort	 5 Lade-Hub an Achsen	 6 Kunden-parkplatz	 7 Straßenraum
Referenzszenario	100 % 0 %	100 % 0 %	48 % 100 %	27 % 56 %	68 % 56 %	34 % 61 %	6 % 30 %
Geringe Verfügb. private LP	100 % 0 %	100 % 0 %	48 % 100 %	27 % 56 %	68 % 56 %	34 % 61 %	6 % 30 %
Hohe Verfügb. private LP	100 % 0 %	100 % 0 %	48 % 100 %	27 % 56 %	68 % 56 %	34 % 61 %	6 % 30 %
Digitale Angebote	100 % 0 %	100 % 0 %	48 % 100 %	27 % 56 %	68 % 56 %	34 % 61 %	6 % 30 %
Parkraum-bewirtschaftung	100 % 0 %	100 % 0 %	48 % 100 %	41 % 84 %	68 % 56 %	34 % 61 %	3 % 15 %
HPC-Laden	100 % 0 %	100 % 0 %	48 % 100 %	41 % 84 %	68 % 56 %	17 % 30 %	3 % 15 %

3.1.2 Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur

Am Wohnort

Die Möglichkeit zur Ladung des eigenen E-Fahrzeugs im privaten Raum ist ein Alleinstellungsmerkmal der Elektromobilität gegenüber dem konventionellen Pkw. In den Stakeholder-Dialogen wurde allerdings klar, dass zahlreiche Faktoren den breiten Aufbau von Ladeinfrastruktur am Wohnort oder Arbeitsplatz verzögern können. Neben dem Zustand der elektrischen Anlagen und den Kosten der Nachrüstung gelten die technologische Entwicklung der Ladepunkte, die regulatorischen Bedingungen sowie ein möglicher Engpass an Fachkräften zur Installation der Ladepunkte als mögliche Hindernisse. Das Ermöglichen von gesteuertem Laden und die Einbindung von Ladepunkten in ein Energiemanagement erhöhen zudem die Komplexität.

Am Arbeitsplatz

Aus den Stakeholder-Dialogen wurde ersichtlich, dass der Aufbau von Ladepunkten am Arbeitsplatz grundsätzlich mit der Zulassung neuer E-Fahrzeuge in Deutschland Schritt halten kann. Zudem führt die Änderung des Wohnungseigentumsgesetz (WEG) dazu, dass sich unterschiedliche Bereiche der Unternehmen verstärkt mit den Randbedingungen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur beschäftigen. Die notwendige Mitbestimmung unterschiedlichster interner Stakeholder (Betriebsräte, Arbeitsschutz etc.) kann jedoch beim Aufbau von Ladeinfrastruktur auf Firmenparkplätzen zu langen Prozessen führen. Die am Arbeitsplatz aufgebauten und von den Arbeitnehmenden nachgefragten Ladepunkte müssen außerdem mit dem Eichrecht und der Ladesäulenverordnung konform sein. Bestehen hier Rechtsunsicherheiten, kann sich der Aufbau verzögern. Für eine deutschlandweit standardisierte Installation von hunderttausenden privaten Ladepunkten werden zudem viele gut ausgebildete Fachkräfte benötigt.

01

02

03

04

05

Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur

In engem Austausch mit dem ZVEI/ZVEH und auf Basis einer Erhebung des Zustands von elektrischen Anlagen in Deutschland wurde ein Faktor bestimmt, der die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur im häuslichen Umfeld abbildet (siehe Kapitel 2.2.2). Tabelle 07 zeigt, welche Verfügbarkeitsfaktoren in den unterschiedlichen Szenarien für die Jahre 2025 und 2030 verwendet wurden. Der Verfügbarkeitsfaktor für die Ladeinfrastruktur am Arbeitsplatz wurde qualitativ aus den Ergebnissen der Stakeholder-Dialoge sowie weiterer Recherchen ermittelt. Eine vollständige Übersicht über die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur ist im Anhang A5 dargestellt. Die Annahmen zur Bestimmung der Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur am Wohnort im Szenario „Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ sind dem Anhang A6 zu entnehmen.



Siehe Kapitel 2.2.2, S. 23



Siehe Anhang A5, S. 92



Siehe Anhang A6, S. 93

TABELLE 07: ANTEIL DER HAUSHALTE MIT ZUGANG ZU PRIVATER LADEINFRASTRUKTUR AUF GRUNDLAGE DER STAKEHOLDER-DIALOGS

Untersuchte Szenarien	Auf einem privaten Stellplatz am Wohnort		Auf Firmenparkplätzen	
	2025	2030	2025	2030
Referenzszenario	42 %	61 %	75 %	87,5 %
Geringe Verfügb. private LP	34 %	47 %	50 %	75 %
Hohe Verfügb. private LP	50 %	75 %	100 %	100 %
Digitale Angebote	Wie im Referenzszenario			
Parkraum-bewirtschaftung				
HPC-Laden				

3.1.3 Auswertung der Cleanroom-Gespräche

Um den Bedarf an Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2025/2030 zu bestimmen, wurden im BMVI vertrauliche Cleanroom-Gespräche mit den in Deutschland aktiven Automobilherstellern durchgeführt, die zusammen einen Anteil von etwa 80 Prozent an den jährlichen Pkw-Neuzulassungen haben (Stand 01.01.2020).

Um den Bestand an E-Fahrzeugen zu berechnen, wurde untersucht, welchen Anteil an den jährlichen Pkw-Neuzulassungen die aggregierten Daten tatsächlich abdecken. Haben nicht alle befragten Hersteller eine Angabe zu den Zulassungszahlen ihrer E-Fahrzeuge in einem Jahr gemacht, wurde zur Hochrechnung des Bestands der Marktanteil der betreffenden Hersteller herangezogen. Die Unsicherheit bei der Bestimmung des Gesamtbestands an E-Fahrzeugen bis zum Jahr 2030 in Deutschland steigt oder sinkt entsprechend der Anzahl der Hersteller, die eine Angabe zu ihren Zulassungszahlen gemacht haben. Durch die Kumulierung des jährlichen Bestands bis zum Jahr 2030 steigt bei der Bestimmung des Gesamtbestands im Verlauf die Unsicherheit.

Zur Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2025/2030 wird in dieser Studie der mittlere Wert (Median) des durch die Cleanroom-Gespräche ermittelten Bestands an E-Fahrzeugen verwendet.



Siehe Tabelle 08, S. 49



Aus den Herstellerangaben wird deutlich, dass der Bestand an E-Fahrzeugen im Vergleich zu den aktuellen Annahmen bis zu den Jahren 2025 und 2030 wesentlich stärker ansteigen kann.

Auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten wird für das Jahr 2025 ein Bestand zwischen 2,2 und 3,7 Mio. sowie ein Median von von etwa 2,4 Mio. Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEV) prognostiziert (Tabelle 08). Der hier ermittelte Bestand an PHEV beträgt für das Jahr 2030 zwischen 4,4 und 9,9 Mio. mit einem Median von 5,2 Mio. Fahrzeugen.

Des Weiteren wurde für das Jahr 2025 ein Bestand zwischen 2,8 und 4,8 Mio. sowie ein Median von 3,1 Mio. batterieelektrischen Fahrzeugen berechnet. Bis zum Jahr 2030 könnte der Bestand auf 7,9 bis 19,4 Mio. BEV steigen. Der Median beträgt für dieses Jahr 9,6 Mio. batterieelektrische Fahrzeuge.

01

02

03

04

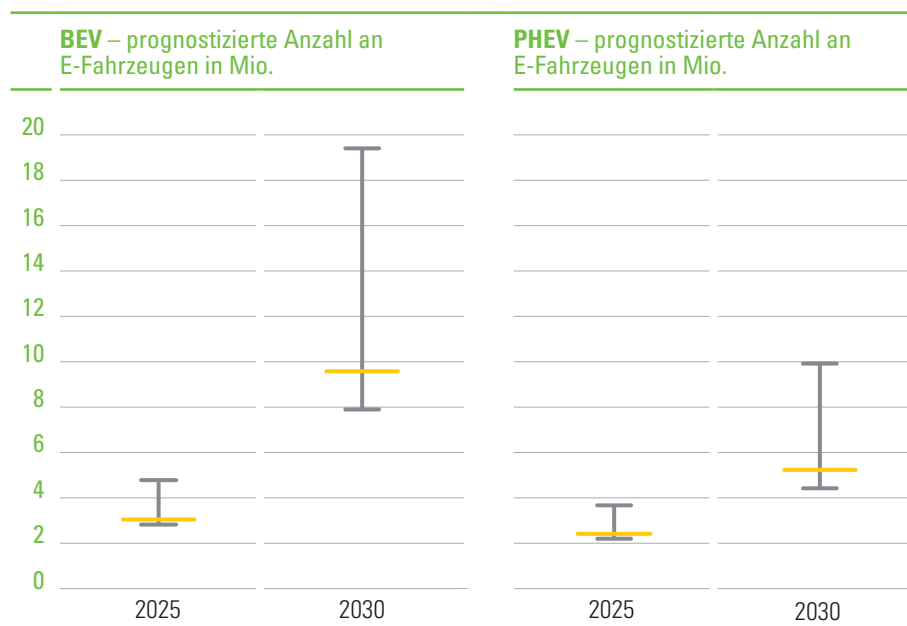
05

TABELLE 08: GEGENÜBERSTELLUNG DES PROGNOTIZIERTEN BESTANDS AN E-FAHRZEUGEN IM JAHR 2025/2030 AUF GRUNDLAGE DER CLEANROOM-GESPRÄCHE

Antriebstechnologie	Bezug zu Ergebnissen	2025	2030
PHEV	Spannbreite	2,2 bis 3,7 Mio.	4,4 bis 9,9 Mio.
	Median	2,4 Mio.	5,2 Mio.
	VDA	0,9 Mio.	3,3 Mio.
BEV	Spannbreite	2,8 bis 4,8 Mio.	7,9 bis 19,4 Mio.
	Median	3,1 Mio.	9,6 Mio.
	VDA	1,8 Mio.	7,2 Mio.

Der hier ermittelte Bestand an E-Fahrzeugen bis zum Jahr 2025/2030 ist mit Unsicherheiten verbunden und muss in regelmäßigen Aktualisierungen neu bestimmt werden. Zum einen basieren die Angaben der Hersteller auf ihren internen Prognosen, die sich infolge geänderter Rahmenbedingungen in den kommenden 10 Jahren anders entwickeln können. Zum anderen kann der Bestand an E-Fahrzeugen nur in einer großen Spannbreite ermittelt werden, da nicht alle Hersteller vollständige Angaben gemacht haben (Abbildung 06).

ABBILDUNG 06: PROGNOTIZIERTER BESTAND AN E-FAHRZEUGEN IM JAHR 2025/2030 AUF GRUNDLAGE DER CLEANROOM-GESPRÄCHE



In Deutschland wurden im Jahr 2019 etwa 3,6 Mio. Pkw neu zugelassen.¹¹ (KBA) Ein Zuwachs von ca. 20,8 Mio. E-Fahrzeugen zwischen den Jahren 2025 und 2030 übersteigt die jährlichen Pkw-Neuzulassungen und widerspricht dem hier ermittelten Maximalwert der Ergebnisse. Weiterhin macht die Auswertung des mittleren Werts (Median) der Ergebnisse deutlich, dass der Maximalwert einen großen Abstand zum überwiegenden Teil der Ergebnisse hat.

3.2 Ermitteltes Ladeverhalten der Nutzenden im Tagesverlauf

Die Methodik dieser Studie stellt die Nutzenden und ihre Bedürfnisse ins Zentrum der Berechnungen. Auf Grundlage der MiD-Daten werden den Wegzwecken zunächst die definierten Lade-Use-Cases zugeordnet. Anschließend werden synthetische Fahrprofile erstellt und Ladevorgänge verteilt. Mit den Ergebnissen kann dann das Ladeverhalten in Deutschland untersucht und im zeitlichen Verlauf dargestellt werden. Es wird dabei angenommen, dass der Ladevorgang während der Aufenthaltsdauer stattfindet und der Ladepunkt die ganze Zeit belegt ist. Im Folgenden wird das Ladeverhalten an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur (Lade-Use-Case 4–7) ausgewertet. Die Abbildungen 07 bis 10 zeigen für das Jahr 2025 beispielhaft die Anzahl der belegten Ladepunkte in Deutschland im Tagesverlauf je Wochentag.



Siehe Abbildung 07–10, S. 51–54

01

02

03

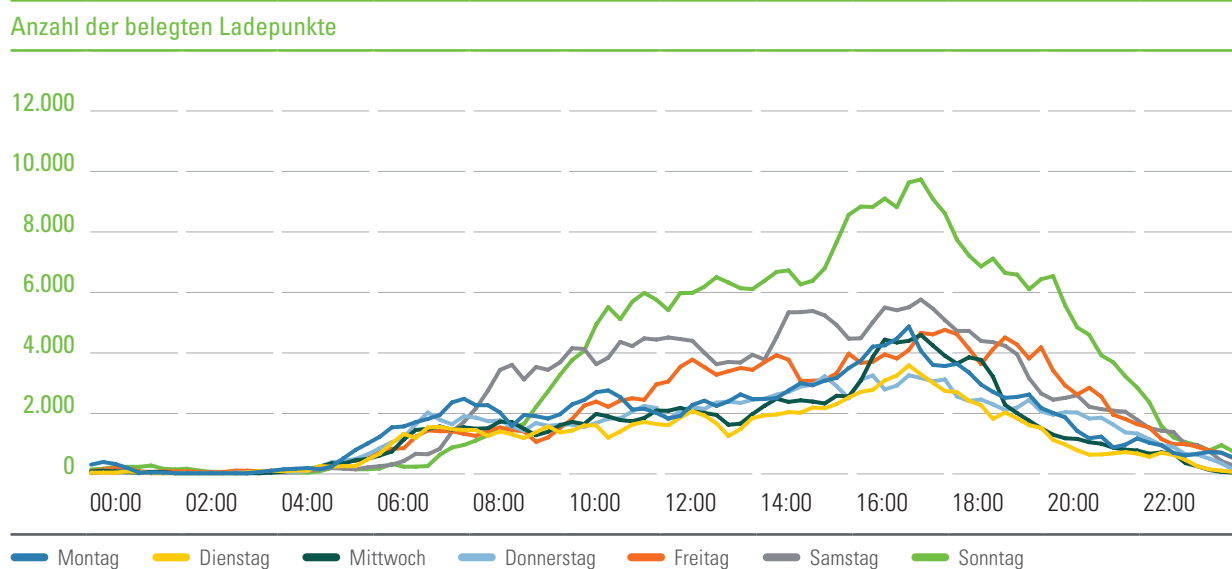
04

05

Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts)

An diesem Lade-Use-Case werden Ladevorgänge durchgeführt, wenn ein batterieelektrisches Fahrzeug nachgeladen werden muss, das Laden am Ankunftsort (z. B. am Straßenrand) aber nicht attraktiv genug ist. Deutlich zu erkennen ist dabei, dass der Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) verstärkt am Wochenende und nachmittags genutzt wird (Abbildung 07). An Wochentagen ist im Tagesverlauf die Anzahl der belegten Ladepunkte im Vergleich zum Sonntag grundsätzlich geringer. Der Tageshöchstwert wird in der Woche häufig am frühen Abend erreicht. Haushalte ohne eigenen Stellplatz stellen ihr Fahrzeug über Nacht oftmals am Straßenrand ab, der von den Fachleuten der Stakeholder-Dialoge als eher wenig attraktiv bewertet worden ist. Eine erhöhte Anzahl an belegten Ladepunkten am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) erscheint damit am frühen Abend plausibel. Dieses Phänomen könnte durch die im Vergleich zu Wochentagen erhöhte Tagesfahrleistung am Wochenende noch verstärkt werden und wird im Tagesverlauf am Sonntag sichtbar. Im Vergleich zu Wochentagen sind am Sonntag gegen 17:30 Uhr mehr als doppelt so viele Ladepunkte belegt – dies markiert das Wochenhoch.

ABBILDUNG 07: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 4 (LADE-HUB INNERORTS) IM TAGESVERLAUF (2025)

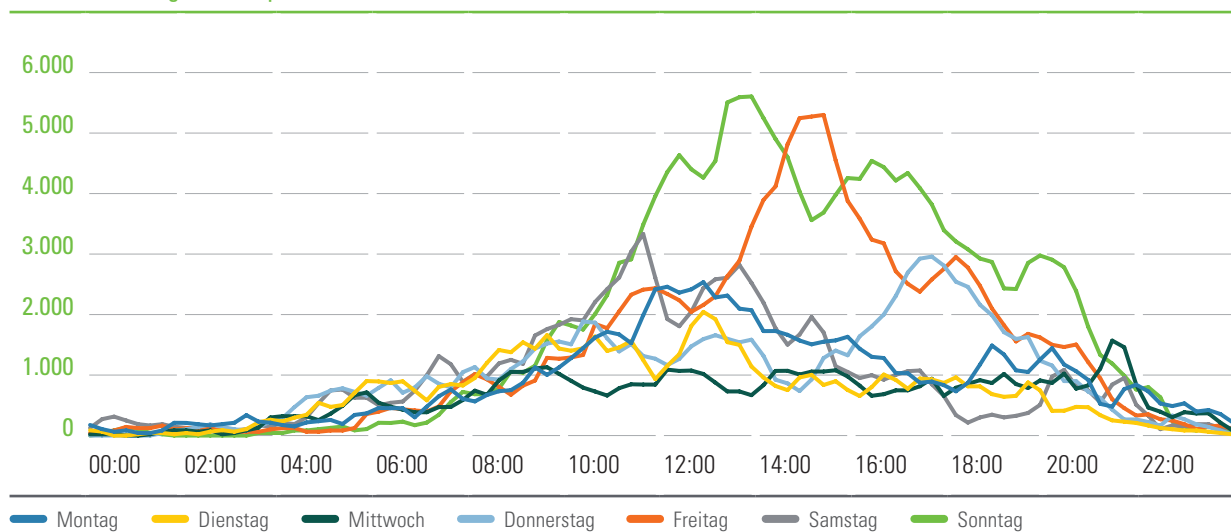


Lade-Use-Case 5 (Lade-Hub an Achsen)

In Abbildung 08 wird die Anzahl der belegten Ladepunkte im Tagesverlauf je Wochentag am Lade-Use-Case 5 (Lade-Hub an Achsen) dargestellt. Ladevorgänge finden an diesem Lade-Use-Case üblicherweise bei längeren Fahrten statt. Um mit hoher Ladeleistung zu laden, werden batterieelektrische Fahrzeuge an HPC-Ladepunkten zwischen 20 und 80 Prozent des Ladezustands der Batterie geladen. Bei längeren Fahrten kann es daher zu mehreren Ladevorgängen kommen. In Abhängigkeit von Startzeit, Reichweite und durchschnittlichem Energieverbrauch des Batteriefahrzeugs kommt es zu einer gleichmäßigen Verteilung von Ladevorgängen im Verlauf der Fahrt. Auffällig ist die starke Belegung am Sonntag und am Freitag zwischen 13:30 Uhr und 17:00 Uhr. Hier finden offensichtlich viele längere Heim- und Rückreisefahrten statt. Im Vergleich zum Wochenende sind an Wochentagen nur etwa halb so viele Ladepunkte belegt.

ABBILDUNG 08: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 5 (LADE-HUB AN ACHSEN) IM TAGESVERLAUF (2025)

Anzahl der belegten Ladepunkte



01

02

03

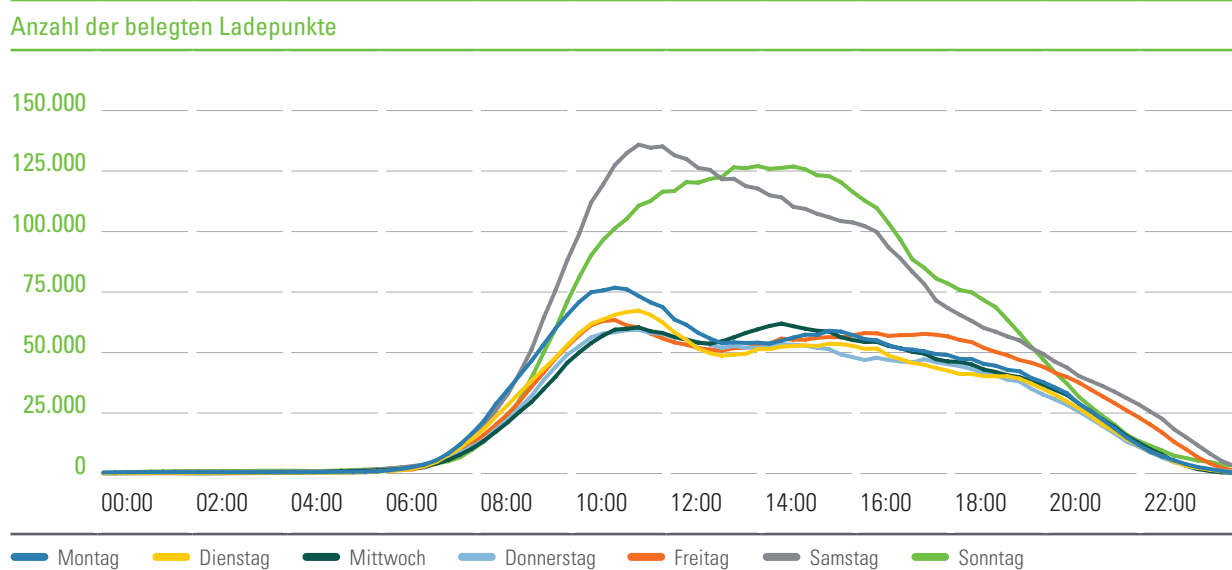
04

05

Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz)

Der Tagesverlauf je Wochentag ist hier im Vergleich zu den Lade-Use-Cases 4 (Lade-Hub innerorts) und 5 (Lade-Hub an Achsen) gleichmäßiger und von weniger kurzfristigen Spitzen geprägt. Deutlich ist ein stark erhöhtes Aufkommen an belegten Ladepunkten am Samstag zwischen 09:30 Uhr und 17:30 Uhr sowie am Sonntag zwischen 09:30 Uhr und 19:00 Uhr zu erkennen (Abbildung 09). Das erhöhte Aufkommen am Samstag spiegelt Wochenendeinkäufe und andere Erledigungen wider. Gegen 11:45 Uhr wird am Samstag das Wochenhoch erreicht. Der erhöhte Ladebedarf im Tagesverlauf am Sonntag lässt sich auf typische Freizeitaktivitäten und private Erledigungen wie etwa Vereinsarbeit oder das Fußballspielen zurückführen. Die Anzahl der belegten Ladepunkte steigt hier kontinuierlich bis auf das Tageshoch um etwa 13:45 Uhr und sinkt dann im Verlauf des frühen Abends langsam ab. Im Vergleich zum Wochenende sind an Wochentagen wesentlich weniger Ladepunkte belegt. Das Tageshoch an Wochentagen wird gegen 10:30 Uhr erreicht.

ABBILDUNG 09: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 6 (KUNDENPARKPLATZ) IM TAGESVERLAUF (2025)



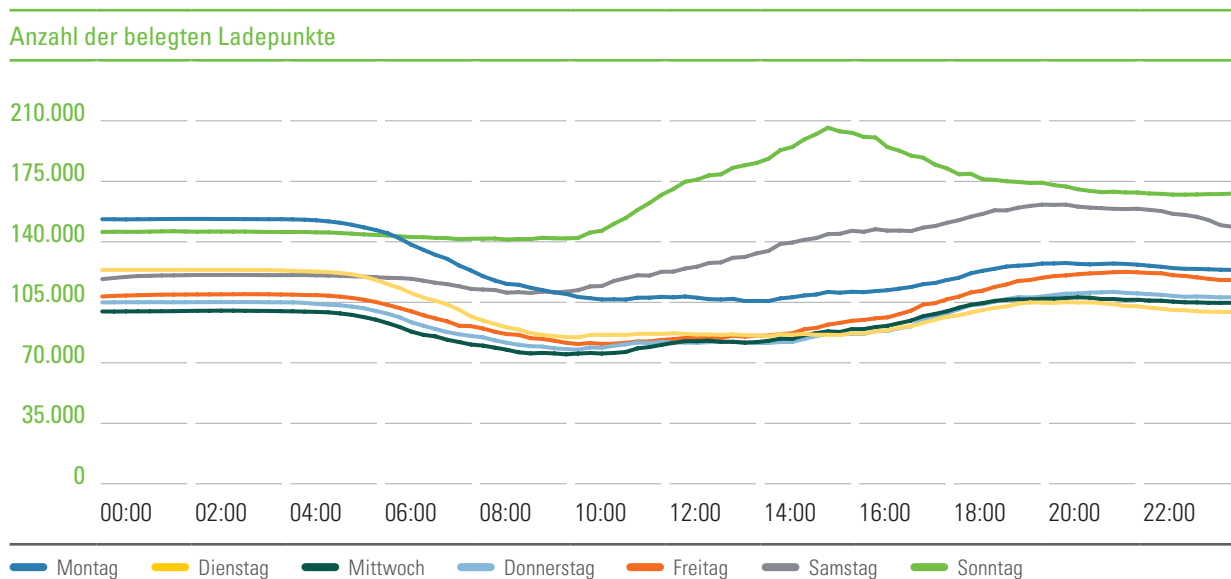
Lade-Use-Case 7 (Straßenraum)

Die belegten Ladepunkte verteilen sich am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) im Tagesverlauf und im Vergleich zu den anderen Lade-Use-Cases wesentlich gleichmäßiger (Abbildung 10). Zudem ist zu erkennen, dass dieser Lade-Use-Case auch zum Laden über Nacht genutzt wird. Aufgrund der hohen Tagesfahrleistung am Wochenende wird verstärkt am Samstag und Sonntag geladen. Am Samstag steigt die Anzahl der belegten Ladepunkte im Tagesverlauf von 09:30 Uhr kontinuierlich an und erreicht gegen 20:00 Uhr das Tageshoch. Das Wochenhoch wird am Sonntag nach einem vergleichsweise starken Anstieg um etwa 15:30 Uhr erreicht. Zu diesem Zeitpunkt sind im Vergleich zu Wochentagen mehr als doppelt so viele Ladepunkte belegt.



Durch die Auswertung der Ladevorgänge im Tagesverlauf wird deutlich, dass es an den Lade-Use-Cases 4 (Lade-Hub innerorts), 5 (Lade-Hub an Achsen) und 6 (Kundenparkplatz) zu einer deutlich erhöhten Anzahl an Ladevorgängen zu Stoßzeiten kommen kann. Durch die zeitliche Verschiebung von Ladevorgängen und die Vermeidung von Ladungen zu Stoßzeiten kann die Anzahl der benötigten öffentlich zugänglichen Ladepunkte folglich reduziert werden.

ABBILDUNG 10: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 7 (STRASSENRAUM) IM TAGESVERLAUF (2025)



3.3 Ladevorgänge an privater und öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur

01

02

03

04

05

In welchem Verhältnis zukünftige Ladevorgänge an privater und öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur stattfinden, hängt von der Entwicklung des Aufbaus privater Ladeinfrastruktur sowie dem Ladeverhalten der Nutzenden ab.

Neben dem Ladeverhalten der Nutzenden entscheidet die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur darüber, wie viele Ladevorgänge im privaten Raum stattfinden. Sie wurde im Vergleich zum Referenzszenario in zwei Szenarien stark variiert. Die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur wird maßgeblich vom Zustand der elektrischen Anlagen in Gebäuden und der daraus resultierenden Bereitschaft zur nachträglichen Installation eines Ladepunkts beeinflusst (siehe Anhang A6). In Abbildung 11 wird die Verteilung der Ladevorgänge im privaten und öffentlich zugänglichen Raum für die Szenarien „Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ (links) und „Hohe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ (rechts) gegenübergestellt.

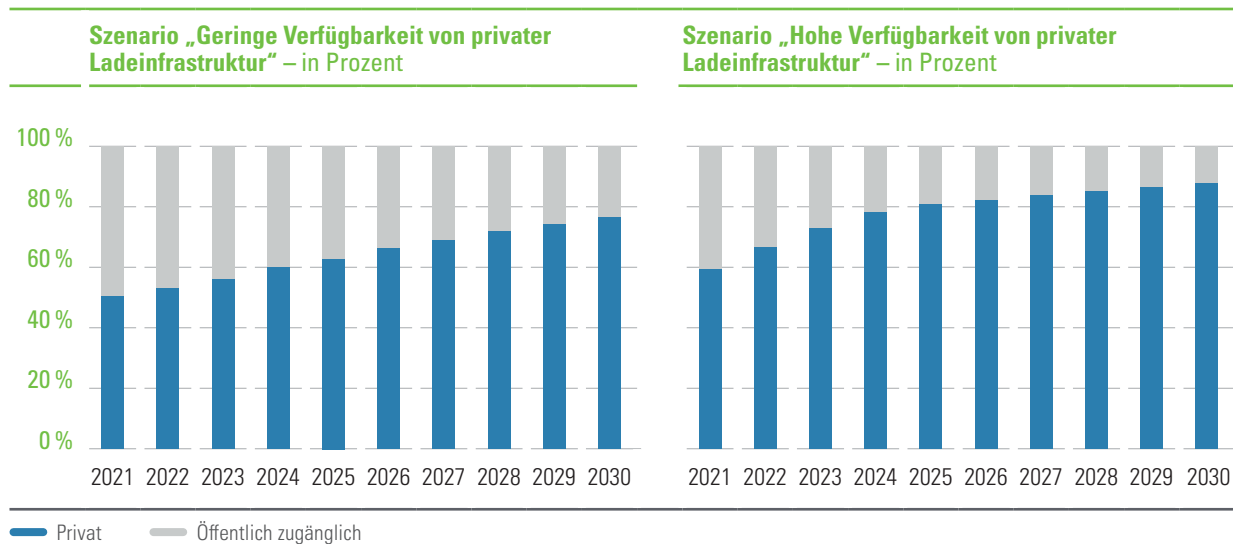


Siehe Anhang A6, S. 93

Im Szenario „Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ finden im Jahr 2025 nur etwa 63 Prozent der Ladevorgänge an privater Ladeinfrastruktur statt. Bis zum Jahr 2030 steigt der Anteil dann auf etwa 76 Prozent.

Im Szenario „Hohe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ steigt der Anteil deutlich schneller an und erreicht im Jahr 2025 ca. 81 Prozent. Bis 2030 steigt der Anteil dann auf knapp 88 Prozent.

ABBILDUNG 11: VERTEILUNG VON LADEVORGÄNGEN AUF PRIVATE SOWIE ÖFFENTLICH ZUGÄNLICHE LADEINFRASTRUKTUR



3.4 Anzahl der benötigten Ladepunkte bis zum Jahr 2025/2030

Auf Grundlage des ermittelten Mobilitäts- und Ladeverhaltens der Haushalte mit E-Fahrzeug wurden in einer Simulation für einen Betrachtungszeitraum von drei Monaten Ladevorgänge auf die unterschiedlichen Lade-Use-Cases verteilt. Anschließend wurden der Ladebedarf aller Haushalte sowie die Anzahl der belegten Ladepunkte im Tages- beziehungsweise Wochenverlauf ermittelt (siehe Kapitel 2.3). Der resultierende Bedarf an Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2025/2030 wurde in dieser Studie in sechs unterschiedlichen Szenarien untersucht (siehe Kapitel 2.4).



Siehe Kapitel 2.3, S. 28



Siehe Kapitel 2.4, S. 35

Ist die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur gering, steigt der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur im Jahr 2030 auf mindestens 843.000 Ladepunkte (Abbildung 12). Steigt die Auslastung von Ladepunkten und werden verstärkt innerstädtische Lade-Hubs mit HPC-Ladepunkten genutzt, fällt der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur mit mindestens 440.000 Ladepunkten deutlich geringer aus. Die Bedarfe der übrigen vier Szenarien liegen zwischen diesen beiden Werten.

01

02

03

04

05

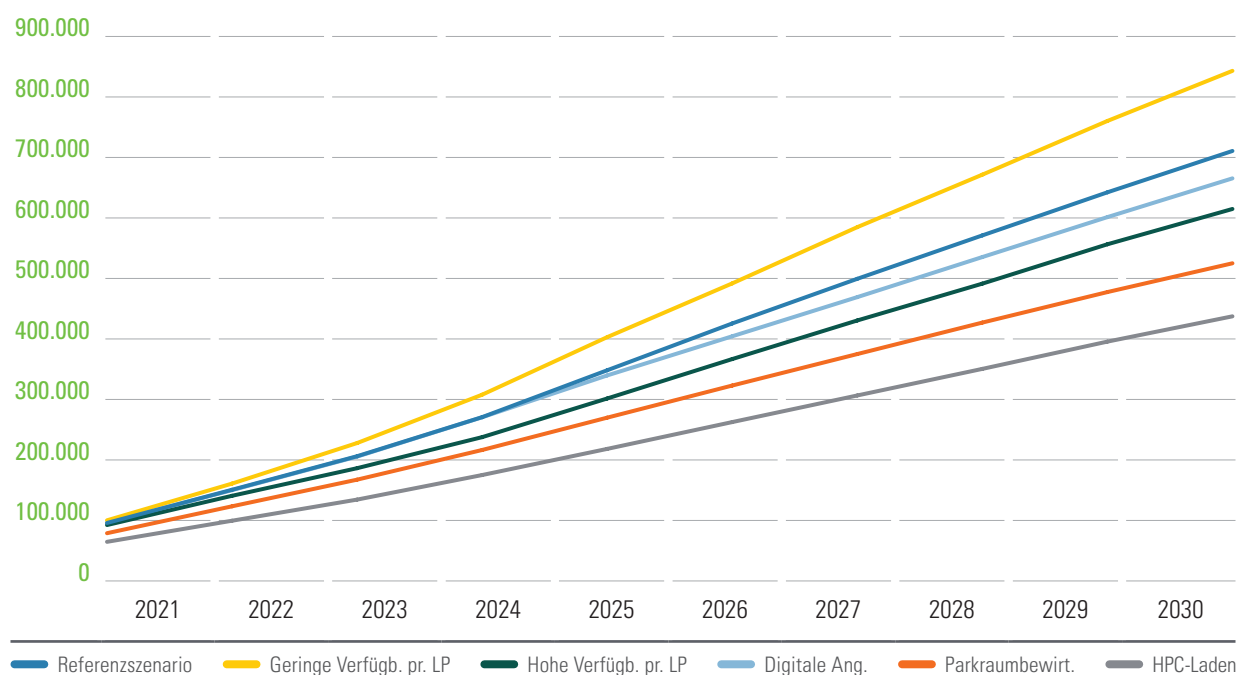
Damit liegt die für 2030 berechnete Bedarfsspanne zwischen dem politischen Ziel der Bundesregierung (1 Mio. öffentlich zugängliche Ladepunkte für 10,5 Mio. E-Fahrzeuge) und der Einschätzung des BDEW (350.000 öffentlich zugängliche Ladepunkte für 10,5 Mio. E-Fahrzeuge). Hierbei gilt es allerdings zu beachten, dass der in dieser Studie berechnete Bedarf von einem deutlich höheren E-Fahrzeugbestand bis 2030 ausgeht (siehe Kapitel 3.1.3).



Siehe Kapitel 3.1.3, S. 48

ABBILDUNG 12: BEDARF AN ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHER LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND NACH SZENARIEN

Anzahl der mindestens benötigten öffentlich zugänglichen Ladepunkte



Im Folgenden werden die unterschiedlichen Szenarien sowie die Verteilung der Ladepunkte auf die jeweiligen Lade-Use-Cases untersucht.



Der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur von 440.000 bis 843.000 Ladepunkten beschreibt die aus Sicht der Nutzenden akzeptable Bandbreite eines zukünftigen Ladenetzes in Deutschland. Entscheidend dabei ist, dass die Ladeinfrastruktur zu den typischen Mobilitätsbedürfnissen der Nutzenden passt und Ladebedarfe zeitlich sowie örtlich abdecken kann.

Referenzszenario

Im Referenzszenario wird eine mittlere Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur angenommen. Auf privaten Stellplätzen am Wohnort stehen demnach etwa 7,1 Mio. Ladepunkte zur Verfügung. Des Weiteren wurde ein Bedarf an etwa 2,6 Mio. Ladepunkten am Arbeitsplatz ermittelt.

Für das Jahr 2025 wurde ein Bedarf an ca. 350.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten ermittelt. Im Jahr 2030 muss dagegen mit einem Bedarf an ca. 710.000 Ladepunkten gerechnet werden. Am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) müssen mindestens 54 Prozent der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur zur Verfügung gestellt werden (Abbildung 13). Mindestens 37 Prozent des Bedarfs an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur entsteht am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz). Dieses Ergebnis bestätigt die in Kapitel 2.1.1 ermittelte Bedeutung dieser Lade-Use-Cases zur Ladung des eigenen E-Fahrzeugs. Demnach enden 73 Prozent der insgesamt 439.049 untersuchten Wege am Lade-Use-Case 6 oder 7. Der Anteil von HPC-Ladeinfrastruktur am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) steigt von 2025 bis 2030 leicht von ca. 2,6 auf 3,8 Prozent. Die Verteilung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur verändert sich zwischen den Jahren 2021 und 2030 nur leicht. Die verladenen Energiemengen je Ladepunkt pro Tag werden in Kapitel 3.6 untersucht.



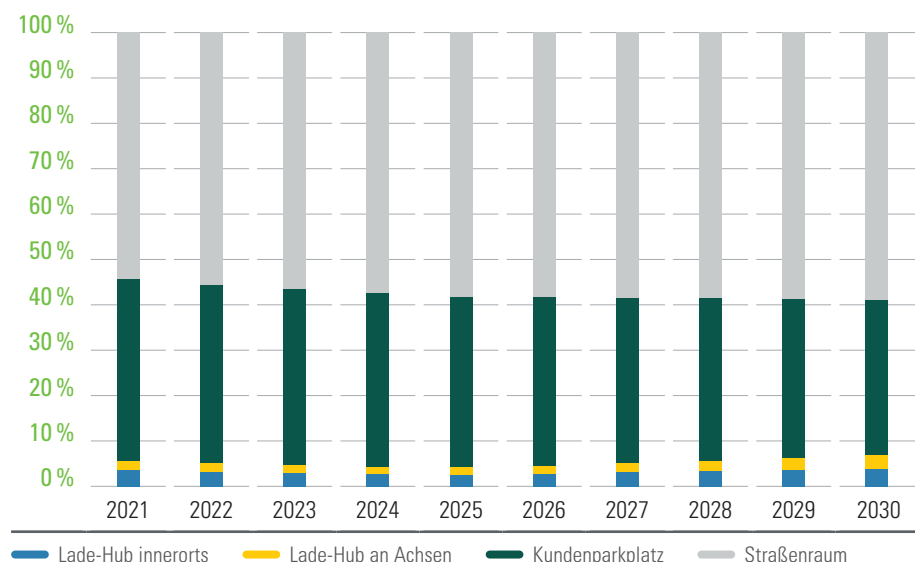
Siehe Kapitel 2.1.1, S. 16



Siehe Kapitel 3.6, S. 67

ABBILDUNG 13: VERTEILUNG DER ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHEN LADEINFRASTRUKTUR IM REFERENZSZENARIO

Anteil an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Prozent



01

02

03

04

05

Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur

Im Szenario „Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ wird angenommen, dass der Ausbau von privater Ladeinfrastruktur stark verzögert stattfindet. Bei nur ca. 5,4 Mio. der insgesamt 11,6 Mio. Haushalte mit privatem Stellplatz und E-Fahrzeug ist im Jahr 2030 ein Ladepunkt verfügbar. Das hat zur Folge, dass sich der Ladebedarf vom privaten in den öffentlich zugänglichen Raum verschiebt und dort bis zum Jahr 2030 etwa 843.000 Ladepunkte aufgebaut werden müssen. Am Arbeitsplatz entsteht im Jahr 2030 ein Bedarf an ca. 2,5 Mio. Ladepunkten.

Gegenüber dem Referenzszenario erhöht sich der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur um etwa 19 Prozent (Tabelle 09). Der Bedarf an Ladeinfrastruktur erhöht sich insbesondere am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) um 25 Prozent sowie am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) um 22 Prozent. Der Bedarf an Ladeinfrastruktur am Lade-Use-Case 5 (Lade-Hub an Achsen) wird von der Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur nur unwesentlich beeinflusst und gegenüber dem Referenzszenario um weniger als 1 Prozent erhöht.

TABELLE 09: BEDARF AN LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND (GERINGE VERFÜGBARKEIT VON PRIVATER LADEINFRASTRUKTUR)

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Verfügbare Ladepunkte am Wohnort	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland					
		3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kundenparkplatz	7 Straßenraum	Öffentlich zugänglich
Referenzszenario	7.068.000	2.618.000	27.300	21.400	243.000	420.000	711.000
Geringe Verfüg. private LP	5.446.000	2.507.000	33.300	21.700	303.000	486.000	843.000
Veränderung gegenüber dem Referenzszenario	-23 %	-4 %	+22 %	< 1 %	+25 %	+16 %	+19 %

Hohe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur



²⁰ dena 2020

Bei einem zügigen Ausbau privater Ladeinfrastruktur ist zu erwarten, dass im Jahr 2030 bei ca. 8,7 Mio. Haushalten mit privatem Stellplatz und E-Fahrzeug Ladepunkte zur Verfügung stehen. Am Arbeitsplatz entsteht ein Bedarf an etwa 2,7 Mio. Ladepunkten. Die Deutsche Energie-Agentur (dena) kommt in der Studie „Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland“ zu dem Ergebnis, dass im Jahr 2030 theoretisch an bis zu 13,9 Mio. privaten Stellplätzen von Ein- und Mehrfamilienhäusern Ladeinfrastruktur zur Verfügung stehen kann.²⁰ Der Aufbau von 8,7 Mio. Ladepunkten im häuslichen Umfeld erscheint somit machbar.



Siehe Kapitel 3.2, S. 50

Der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur verringert sich in diesem Szenario gegenüber dem Referenzszenario um etwa 14 Prozent (Tabelle 10). Der Bedarf an Ladepunkten am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) und Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) reduziert sich deutlich um ca. 22 Prozent bzw. 19 Prozent. Der Bedarf an Ladeinfrastruktur am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) sinkt um ca. 9 Prozent und wird im Vergleich zu den Lade-Use-Cases 4 (Lade-Hub innerorts) und 6 (Kundenparkplatz) weniger stark von der Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur beeinflusst. An diesem Lade-Use-Case wird von Haushalten ohne privaten Stellplatz auch über Nacht geladen (siehe Kapitel 3.2). Diese Haushalte müssen auch bei einer hohen Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur ihr E-Fahrzeug weiterhin am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) aufladen.

TABELLE 10: BEDARF AN LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND (HOHE VERFÜGBARKEIT VON PRIVATER LADEINFRASTRUKTUR)

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Verfügbare Ladepunkte am Wohnort	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland					
		3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kundenparkplatz	7 Straßenraum	Öffentlich zugänglich
Referenzszenario	7.068.000	2.618.000	27.300	21.400	243.000	420.000	711.000
Hohe Verfügb. private LP	8.691.000	2.664.000	22.000	21.100	190.000	382.000	615.000
Veränderung gegenüber dem Referenzszenario	+23 %	+2 %	-19 %	-1 %	-22 %	-9 %	-14 %

01

02

03

04

05

Digitale Angebote

In den Szenarien „Digitale Angebote“, „Parkraumbewirtschaftung“ sowie „HPC-Laden“ wird angenommen, dass sich die Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ab dem Jahr 2025 erhöht. Das hat zur Folge, dass im Vergleich zum Referenzszenario der Anstieg des Bedarfs an Ladeinfrastruktur bei sonst gleichen Annahmen im Szenario „Digitale Angebote“ ab dem Jahr 2025 deutlich flacher verläuft (Abbildung 13). Durch die bessere Auslastung lässt sich die Anzahl der benötigten öffentlich zugänglichen Ladepunkte um bis zu 6 Prozent auf insgesamt etwa 666.000 reduzieren (Tabelle 11).



Siehe Abbildung 13, S. 58

Durch digitale Angebote wie etwa intelligente Reservierungsfunktionen sowie finanzielle Anreize können Ladevorgänge zeitlich besser verteilt werden. Folglich sinkt der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur zu Stoßzeiten. Die Auswertung der belegten Ladepunkte im Tagesverlauf zeigt, dass der Ladebedarf am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) zu Stoßzeiten im Vergleich zu den anderen Lade-Use-Cases besonders stark steigt (Abbildung 07). Infolgedessen kann dort der Bedarf an Ladepunkten im Vergleich zum Referenzszenario um bis zu 20 Prozent reduziert werden (Tabelle 11). Im Gegensatz dazu lässt sich der Bedarf an Ladepunkten am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) in Folge der gleichmäßigen Belegung nur um etwa 4 Prozent reduzieren.



Siehe Abbildung 07, S. 51

TABELLE 11: BEDARF AN LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND (DIGITALE ANGEBOTE)

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Verfügbare Ladepunkte am Wohnort	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland					
		3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kundenparkplatz	7 Straßenraum	Öffentlich zugänglich
Referenzszenario	7.068.000	2.618.000	27.300	21.400	243.000	420.000	711.000
Digitale Angebote	7.068.000	2.612.000	21.900	18.500	220.000	405.000	666.000
Veränderung gegenüber dem Referenzszenario	0 %	0 %	– 20 %	– 14 %	– 9 %	– 4 %	– 6 %

Parkraumbewirtschaftung

Neben der Auslastung von Ladeinfrastruktur ist auch das Ladeverhalten entscheidend für den Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten. Im Szenario „Parkraumbewirtschaftung“ wird untersucht, zu welchen Lade-Use-Cases sich die Ladebedarfe verlagern, wenn Nutzende ihr E-Fahrzeug weniger häufig im öffentlichen Straßenraum aufladen. Das Szenario „Parkraumbewirtschaftung“ wird mit dem Szenario „Digitale Angebote“ verglichen, da dieses die Grundlage bildet. Die Anzahl der benötigten Ladepunkte am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) kann im Vergleich zum Szenario „Digitale Angebote“ um ca. 42 Prozent auf 235.000 reduziert werden (Tabelle 12). Der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur sinkt insgesamt auf etwa 525.000 Ladepunkte. Der geringere Bedarf kann auf die vermehrte Nutzung von HPC-Ladepunkten zurückgeführt werden. Im Vergleich zum Szenario „Digitale Angebote“ steigt der Bedarf an Ladeinfrastruktur an den Lade-Use-Cases 4 (Lade-Hub innerorts) und 6 (Kundenparkplatz) um 25 Prozent bzw. 11 Prozent. Die Ergebnisse zeigen, dass das Laden am Straßenrand durch Laden an anderen Lade-Use-Cases mit weniger Ladepunkten ersetzt werden kann, insofern digitale Angebote genutzt werden.

TABELLE 12: BEDARF AN LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND (PARKRAUMBEWIRTSCHAFTUNG)

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Verfügbare Ladepunkte am Wohnort	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland					
		3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kundenparkplatz	7 Straßenraum	Öffentlich zugänglich
Digitale Angebote	7.068.000	2.612.000	21.900	18.500	220.000	405.000	666.000
Parkraumbewirtschaftung	7.068.000	2.628.000	27.500	18.600	244.000	235.000	525.000
Veränderung gegenüber dem Szenario „Digitale Angebote“	0 %	< 1 %	+ 25 %	+ 1 %	+ 11 %	– 42 %	– 21 %

01

02

03

04

05

HPC-Laden

Aufgrund der hohen Ladeleistung bieten HPC-Ladepunkte die Möglichkeit, in kurzer Zeit eine große Energiemenge zu verladen und einige Normalladepunkte zu ersetzen. Im Szenario „HPC-Laden“ wird deshalb untersucht, wie viele Ladepunkte an innerstädtischen Lade-Hubs zusätzlich aufgebaut werden müssen, um den verringerten Ausbau von Ladeinfrastruktur am Straßenrand und auf Kundenparkplätzen auszugleichen. Auch dieses Szenario wird mit dem Szenario „Digitale Angebote“ verglichen. Im Vergleich wird der Bedarf an Ladepunkten am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) um etwa 41 Prozent auf insgesamt 131.000 reduziert (Tabelle 13). Am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) sinkt der Bedarf um ca. 37 Prozent auf 256.000 Ladepunkte. Der Bedarf an HPC-Ladepunkten am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) steigt im Vergleich zum Szenario „Digitale Angebote“ um etwa 45 Prozent auf insgesamt 31.900 Ladepunkte. Der Aufbau von 10.000 innerstädtischen HPC-Ladepunkten an Lade-Hubs kann demnach 238.000 öffentlich zugängliche Normalladepunkte ersetzen.

TABELLE 13: BEDARF AN LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND (HPC-LADEN)

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Verfügbare Ladepunkte am Wohnort	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland					
		3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kundenparkplatz	7 Straßenraum	Öffentlich zugänglich
Digitale Angebote	7.068.000	2.612.000	21.900	18.500	220.000	405.000	666.000
HPC-Laden	7.068.000	2.652.000	31.900	18.600	131.000	256.000	437.000
Veränderung gegenüber dem Szenario „Digitale Angebote“	0 %	+ 2 %	+ 46 %	< 1 %	– 41 %	– 37 %	– 34 %

Gegenüberstellung der untersuchten Szenarien

In Tabelle 14 wird der Bedarf an Ladeinfrastruktur im Jahr 2030 für alle untersuchten Szenarien und Lade-Use-Cases gegenübergestellt. Die Nutzung von HPC-Ladeinfrastruktur an den Achsen findet häufig aufgrund der schlichten Notwendigkeit statt und verändert sich zwischen den untersuchten Szenarien nur leicht. Durch die Nutzung digitaler Angebote ab dem Jahr 2025 kann die Auslastung der Ladepunkte erhöht und die Anzahl der benötigten Ladepunkte um etwa 14 Prozent reduziert werden.

TABELLE 14: GEGENÜBERSTELLUNG DES BEDARFS AN LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Verfügbare Ladepunkte am Wohnort	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland					
		3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kunden-parkplatz	7 Straßenraum	Öffentlich zugänglich
Referenzszenario	7.068.000	2.618.000	27.300	21.400	243.000	420.000	711.000
Geringe Verfügb. private LP	5.446.000	2.507.000	33.300	21.700	303.000	486.000	843.000
Hohe Verfügb. private LP	8.691.000	2.664.000	22.000	21.100	190.000	382.000	615.000
Digitale Angebote	7.068.000	2.612.000	21.900	18.500	220.000	405.000	666.000
Parkraum-bewirtschaftung	7.068.000	2.628.000	27.500	18.600	244.000	235.000	525.000
HPC-Laden	7.068.000	2.652.000	31.900	18.600	131.000	256.000	437.000

Folgende Teilergebnisse lassen sich zusammenfassen:

- Bei geringer Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur stellt sich ein hoher Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ein.
- Der Aufbau von privater Ladeinfrastruktur entlastet öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur.

01

02

03 |

04

05

- Maßnahmen zur Erhöhung der Auslastung senken den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur.
- Parkraumbewirtschaftung verlagert den Ladebedarf weg vom öffentlichen Straßenraum und senkt den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur.
- Innerörtliches HPC-Laden verringert den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur deutlich.

3.5 Verhältnis zwischen E-Fahrzeugen und öffentlich zugänglichen Ladepunkten

Die AFID-Richtlinie empfiehlt für die Verteilung von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten ein starres Verhältnis von 10 : 1.⁶ Die Analysen zeigen jedoch, dass bereits im Referenzszenario für den urbanen, suburbanen und ländlichen Raum die Vorgaben zur Deckung des Ladebedarfs an öffentlich zugänglichen Ladepunkten stärker variieren (Abbildung 14).



⁶ EP 2014



Siehe Abbildung 14, S. 66

Es ist deutlich zu erkennen, dass das Verhältnis sowohl zeitlich als auch räumlich differiert. Aufgrund der Gebäudestruktur und der Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur am Wohnort sind im suburbanen sowie ländlichen Raum im Vergleich zum urbanen Raum wesentlich mehr E-Fahrzeuge je öffentlich zugänglichen Ladepunkt zugelassen. Zudem wurde angenommen, dass sich die Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur und maximale Ladeleistung der E-Fahrzeuge zwischen den Jahren 2021 und 2030 erhöht. Folglich steigt auch das Verhältnis von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten. Die Anzahl der E-Fahrzeuge steigt im ländlichen Raum von 11 : 1 im Jahr 2021 auf etwa 23 : 1 im Jahr 2030, im suburbanen Raum von 12 : 1 im Jahr 2021 auf ca. 23 : 1 im Jahr 2030.

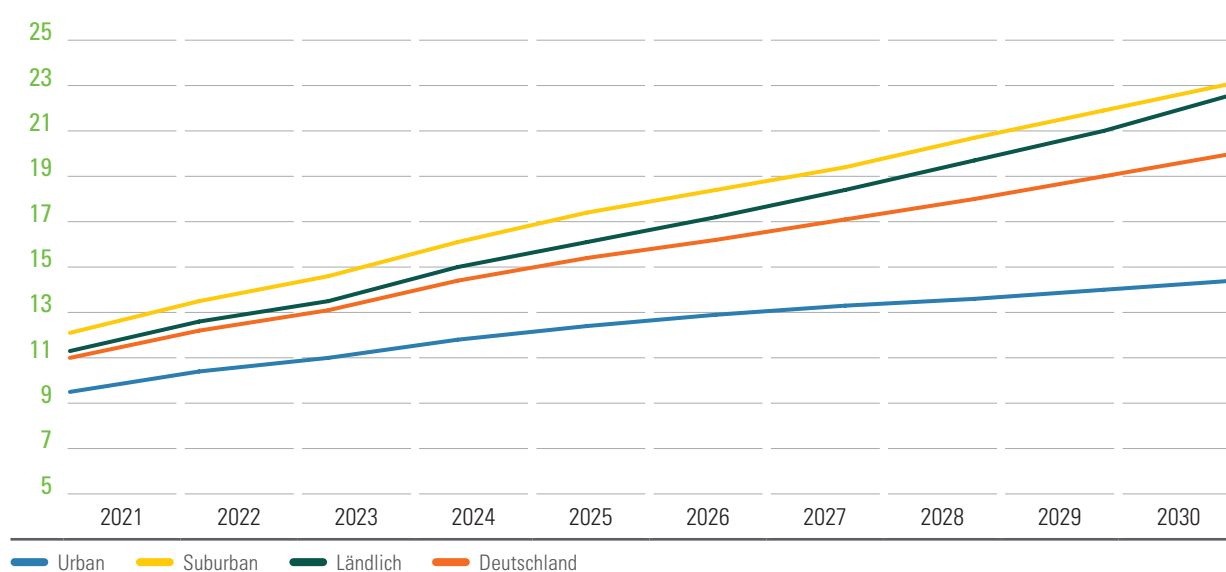
Haushalte ohne eigenen Stellplatz stellen im urbanen Raum ihr Fahrzeug über Nacht im öffentlichen Straßenraum ab. Die erhöhte Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur am Wohnort hat im urbanen Raum daher nur einen geringen Einfluss auf das Verhältnis von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten. Im Jahr 2021 beträgt das Verhältnis im urbanen Raum 9 : 1 und steigt bis zum Jahr 2030 auf 14 : 1 an. Für ganz Deutschland lässt sich ein Verhältnis von 11 : 1 im Jahr 2021 ermitteln, das bis zum Jahr 2030 auf 20 : 1 ansteigt. Es ist festzustellen, dass das in der AFID-Richtlinie empfohlene Verhältnis zur aktuellen Situation passt. Die hier analysierte zukünftige Entwicklung sollte bei der Überprüfung der Richtlinie jedoch berücksichtigt werden. Diese ist bis zum 31. Dezember 2020 vorgesehen.⁶



⁶ EP 2014

ABBILDUNG 14: VERHÄLTNIS VON E-FAHRZEUGEN ZU ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHEN LADEPUNKTEN

E-Fahrzeuge je öffentlich zugänglichen Ladepunkt



3.6 Verladene Energiemenge je Lade-Use-Case sowie Ladepunkt in Deutschland

01

02

03 |

04

05

Jährlich verladene Energiemenge je Lade-Use-Case

Auf Basis der vorangegangenen Untersuchungen wird die Verteilung der verladenen Energiemenge je Lade-Use-Case und Szenario berechnet. Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung für das Jahr 2030. In Abhängigkeit vom betrachteten Szenario werden Energiemengen von ca. 7.600 bis 12.300 GWh pro Jahr an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur verladen. Der Zusammenhang zwischen verfügbarer privater Ladeinfrastruktur sowie der verladenen Energiemenge an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ist deutlich zu erkennen. Im Bericht „Bedarfsgerechte und wirtschaftliche Ladeinfrastruktur“ der Arbeitsgruppe 5 der NPM wurde im Szenario „Wirtschaftliche Ladeinfrastruktur“ und unter der Annahme, dass 60 Prozent der Energiemenge im privaten Raum verladen werden, ein Bedarf an öffentlich zu ladender Energie von rund 10.400 GWh pro Jahr ermittelt.⁴



Siehe Tabelle 15, S. 68


⁴ NPM 2020

Wenn private Ladeinfrastruktur nur in geringem Maße verfügbar ist, muss der Ladebedarf verstärkt durch öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur gedeckt werden. Im Szenario „Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ werden ca. 12.300 GWh pro Jahr an öffentlich zugänglichen Ladepunkten verladen. Etwa 71 Prozent der Energiemenge von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur wird in diesem Szenario an den Lade-Use-Cases 6 (Kundenparkplatz) und 7 (Straßenraum) verladen. An privater Ladeinfrastruktur werden in diesem Szenario etwa 17.800 GWh pro Jahr und nur etwa 59 Prozent der gesamten Energiemenge verladen.

Im Szenario „Hohe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ werden nur 7.600 GWh an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur verladen. Etwa 66 Prozent werden davon an den Lade-Use-Cases 6 (Kundenparkplatz) und 7 (Straßenraum) verladen. An privater Ladeinfrastruktur wird im Vergleich zum Szenario „Geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur“ mit ca. 22.700 GWh deutlich mehr Energie pro Jahr verladen. Das entspricht einem Anteil von ca. 75 Prozent an der insgesamt verladenen Energiemenge in Deutschland.



Alle öffentlich zugänglichen Lade-Use-Cases sind aufgrund der verladenen Energiemenge für den zukünftigen Aufbau von Ladeinfrastruktur relevant. Dort werden jeweils zwischen 4 und 16 Prozent der gesamten Energiemenge verladen.

Die Verschiebung von Ladebedarfen hin zum Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) kann öffentlich zugängliche Normalladeinfrastruktur ersetzen. Im Szenario „HPC-Laden“ werden etwa 8.400 GWh pro Jahr an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur verladen. An den Lade-Use-Cases 6 (Kundenparkplatz) und 7 (Straßenraum) wird nur noch ein Anteil von 54 Prozent dieser Energiemenge verladen. Am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) werden im Vergleich zum Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) mit nur 12 Prozent der Ladepunkte ca. 85 Prozent der Energiemenge verladen.

TABELLE 15: GEGENÜBERSTELLUNG DER VERLADENEN ENERGIEMENGE IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2030

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Verladene Energiemenge in Deutschland [GWh/Jahr]						Verladene Energiemenge an öff. zug. Ladepunkten in GWh/Jahr
	Privater Stellplatz am Wohnort	3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kundenparkplatz	7 Straßenraum	
Referenzszenario	12.246	8.212	1.582	1.439	2.726	4.023	ca. 9.800
Geringe Verfügb. private LP	9.547	8.279	2.066	1.486	3.691	5.026	ca. 12.300
Hohe Verfügb. private LP	14.869	7.833	1.195	1.397	1.921	3.121	ca. 7.600
Digitale Angebote	12.247	8.202	1.581	1.438	2.727	4.028	ca. 9.800
Parkraumbewirtschaftung	12.276	8.755	1.996	1.466	3.169	2.466	ca. 9.100
HPC-Laden	12.357	9.177	2.382	1.477	1.784	2.801	ca. 8.400

Täglich verladene Energiemenge je Ladepunkt

Die Auswertung der verladenen Energiemenge je Ladepunkt zeigt, dass an privaten Ladepunkten am Wohnort durchschnittlich etwa 5,2 kWh pro Tag verladen werden (Tabelle 16). Bei einem Verbrauch von 18 kWh/100 km entspricht das einer elektrischen Reichweite von etwa 29 Kilometern. Die mittlere Fahrstrecke pro Tag beträgt bei der Nutzung von Pkw laut MiD-Daten 30 Kilometer, was die Ergebnisse dieser Studie stützt.⁸ An privaten Ladepunkten des Lade-Use-Cases 3 (Firmenparkplatz) werden ca. 10 kWh pro Tag verladen. Die Energiemenge je Ladepunkt ist hier höher als am Wohnort, weil



⁸ MiD 2019

01

02

03

04

05

zum täglichen Ladebedarf der Mitarbeitenden noch weitere Ladebedarfe durch Dienstfahrten hinzukommen.

An Lade-Hubs an Achsen und Fernstraßen (Lade-Use-Case 5) werden täglich rund 200 bis 237 kWh pro Ladepunkt verladen. Der Ladebedarf an diesem Lade-Use-Case wird im Vergleich zu den anderen Lade-Use-Cases weniger stark von der Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur beeinflusst. Die täglich an privater Ladeinfrastruktur verladene Energiemenge differiert im Vergleich zu den anderen Lade-Use-Cases in den hier untersuchten Szenarien nur leicht.

Je nach Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur, Wahrscheinlichkeit der Ladung des eigenen E-Fahrzeugs und Auslastung der Ladepunkte werden am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) täglich etwa 30 bis 41 kWh pro Ladepunkt verladen. Am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) sind es ca. 24 bis 33 kWh pro Ladepunkt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass diese beiden Lade-Use-Cases sehr häufig von Haushalten angefahren werden (siehe Kapitel 2.1.1). In der Folge müssen dort zusammen etwa 97 Prozent der öffentlich zugänglichen Ladepunkte zur Verfügung gestellt werden (siehe Kapitel 3.4). Aufgrund der geringen Ladeleistung wird dort im Vergleich zu anderer öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur jedoch deutlich weniger Energie pro Tag verladen.



Siehe Kapitel 2.1.1, S. 16



Siehe Kapitel 3.4, S. 56

TABELLE 16: GEGENÜBERSTELLUNG DER VERLADENEN ENERGIEMENGE JE LADEPUNKT IM JAHR 2030

Untersuchtes Szenario im Jahr 2030	Durchschnittlich verladene Energiemenge je Ladepunkt in kWh/Tag					
	Privater Stellplatz am Wohnort	3 Arbeitgeber	4 Lade-Hub innerort	5 Lade-Hub an Achsen	6 Kundenparkplatz	7 Straßenraum
Referenzszenario	5,2	9,3	172,5	200,6	33,4	28,5
Geringe Verfügb. private LP	5,2	9,8	184,4	204,0	36,3	30,8
Hohe Verfügb. private LP	5,1	8,8	161,5	197,0	30,1	24,3
Digitale Angebote	5,2	9,3	214,7	231,1	36,9	29,6
Parkraumbewirtschaftung	5,2	9,9	216,1	234,4	38,6	31,3
HPC-Laden	5,2	10,3	222,1	236,4	40,6	32,6

04

Kritische Würdigung
und Ausblick



04

Kritische Würdigung und Ausblick

In der hier vorliegenden Studie wurde erfolgreich der Bedarf an Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2025/2030 für unterschiedliche Leistungsklassen sowie Standorte in ganz Deutschland bestimmt. Zudem wurde ein dauerhafter Austausch mit allen Akteuren etabliert, damit auch in Zukunft neue Entwicklungen und Erkenntnisse zur Aktualisierung der Studienergebnisse herangezogen werden können. Dafür wurde eine geeignete Berechnungsmethodik erarbeitet und implementiert.

Durch die enge Einbindung von Akteuren in Stakeholder-Dialoge und Cleanroom-Gespräche konnten geeignete Annahmen getroffen sowie der Bestand und die technischen Daten von E-Fahrzeugen bis zum Jahr 2030 prognostiziert werden. Die Auswertung der MiD- und KBA-Daten lieferte eine breite Datengrundlage, auf der insgesamt 18 repräsentative Haushaltstypen in Deutschland modelliert wurden. Mithilfe von synthetischen Fahrprofilen und der Variation von Annahmen konnte das Mobilitäts- und Ladeverhalten anschließend in sechs Szenarien simuliert und der Bedarf an Ladeinfrastruktur bestimmt werden.

Es wurden nur Pkw-Fahrten der MiD untersucht und in den synthetischen Fahrprofilen hinterlegt. Das hat zur Folge, dass sich die repräsentativen Haushalte möglicherweise täglich mit dem Pkw fortbewegen. In den verwendeten MiD-Daten wurden keine Angaben zum Aufenthaltsort zu Beginn und am Ende einer Fahrt gemacht. Das Verhältnis von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten kann daher für die Raumtypen (urban, suburban, ländlich) nur durch die Zuordnung der Fahrten zu Haushalten bestimmt werden.

01

02

03

04 |

05

Diese Studie liefert erstmals belastbare Zahlen zu den Wechselwirkungen zwischen den möglichen Lade-Use-Cases. Eine noch engere Eingrenzung der Anzahl benötigter Ladeinfrastruktur in Deutschland erscheint aus heutiger Sicht noch nicht zweckmäßig, weil die technische Bandbreite der Ladeoptionen sehr groß ist und sich die bisherigen Nutzungsmuster im Laufe der verstärkten Verbreitung von E-Fahrzeugen auch noch ändern können. Deshalb müssen die zukünftigen Entwicklungen genau verfolgt und zur weiteren Präzisierung der Ergebnisse genutzt werden.

Um weitere Erkenntnisse und Erfahrungen in den getroffenen Annahmen zu berücksichtigen, müssen zusätzliche Akteure in die Stakeholder-Dialoge eingebunden und weitere Daten ausgewertet werden. Insbesondere sollten zur besseren Abschätzung der Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur weitere Akteure zur Ladung am Wohnort sowie am Arbeitsplatz konsultiert werden.

Bei der Simulation des Mobilitätsverhaltens sollten bei künftigen Aktualisierungen auch Daten zu Verkehrsverflechtungsprognosen und zum Auslandsverkehr herangezogen werden. Durch die Auswertungen der Daten von geförderter Ladeinfrastruktur, wie etwa der verladenen Energiemenge je Ladevorgang oder des Ladezustands der Batterie zu Beginn der Ladung, könnten zudem die Annahmen zum Ladeverhalten der Nutzenden präzisiert werden.

Der Hochlauf von E-Fahrzeugen in Deutschland wird in den kommenden Jahren absehbar sehr dynamisch verlaufen und muss weiterhin beobachtet werden. Die Erfahrungen während der COVID-19-Pandemie sowie die Auswertung der Ergebnisse zeigen, dass einmalige Prognosen zum zukünftigen Bestand an E-Fahrzeugen nur in einer großen Spannbreite berechnet werden können. In zukünftigen Cleanroom-Gesprächen sollten deshalb mehr Automobilhersteller zur geplanten Anzahl an Pkw-Neuzulassungen sowie zu den technischen Daten von E-Fahrzeugen befragt werden, um die Unsicherheiten bei der Auswertung der Daten zu verringern.

Außerdem bleibt zu untersuchen, ob die hier angestellte starre Zuordnung des Lade-Hubs zu einem einzelnen Lade-Use-Case wirklich zielführend ist oder ob Lade-Hubs nicht auch an anderen Lade-Use-Cases entstehen könnten (z. B. an Kundenparkplätzen). Parkplätze des Einzelhandels sind nicht selten wertvolle Flächen im urbanen Raum, auf denen aktuell vorrangig Normalladeinfrastruktur aufgebaut wird. Gleichzeitig wird diskutiert, wo Lade-Hubs innerorts aufgebaut werden können und wer diese betreiben soll. Denkbar wäre also, dass neben der kostengünstig nutzbaren Normalladeinfrastruktur auch Lade-Hubs mit hoher Ladeleistung einen Mehrwert für Kunden und Kundinnen bieten könnten. Während der Bearbeitung dieser Studie wurden erstmals Lade-Hubs in deutschen Innenstädten aufgebaut. Die Erfahrungen werden zeigen, wie attraktiv diese für Nutzende von E-Fahrzeugen hinsichtlich der Energiekosten und des Ladeerlebnisses sind.²¹ Die Öffnung der Parkplätze für Anwohnende zur Ladung des eigenen E-Fahrzeugs über Nacht ist in der Diskussion und wird in Pilotprojekten erprobt. Diese Entwicklungen müssen in zukünftigen Aktualisierungen der Ergebnisse berücksichtigt und wissenschaftlich untersucht werden.



²¹ EnBW 2020

Für die praktische Planung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ist die konsequente Nutzung von Flächenatlanten entsprechend dem Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung sowie der DIN SPEC 91433²² ausdrücklich zu begrüßen und zu unterstützen. Nur so können geeignete Flächen für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur identifiziert und die Abstimmung zwischen den unterschiedlichen Akteuren effizient gestaltet werden. Auf Grundlage der realen Ausbauziele aus diesen Flächenatlanten können mithilfe der vorliegenden Studie die Planungen für den Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur unterstützt werden. Dieses iterative Vorgehen ermöglicht den Aufbau eines funktionierenden, attraktiven sowie wirtschaftlich tragfähigen Ladesystems für E-Fahrzeuge in Deutschland.



²² DIN SPEC

In Zukunft sollte ein regelmäßiger Austausch mit Akteuren stattfinden, der nicht nur der Aktualisierung dieser Studie dient, sondern allgemein auch den Aufbau von Ladeinfrastruktur in Deutschland wissenschaftlich begleitet. Auf diese Weise lassen sich die Interessen der Akteure verbinden und die Ladebedarfe der Nutzenden besser abschätzen. Die Methodik der hier vorliegenden Studie bietet dafür eine geeignete Grundlage. Nur wenn der Aufbau von Ladeinfrastruktur als gemeinsame Herausforderung und technische Vielfalt dabei als Lösung und Stärke begriffen werden, kann dieser Aufbau erfolgreich sein.

01

02

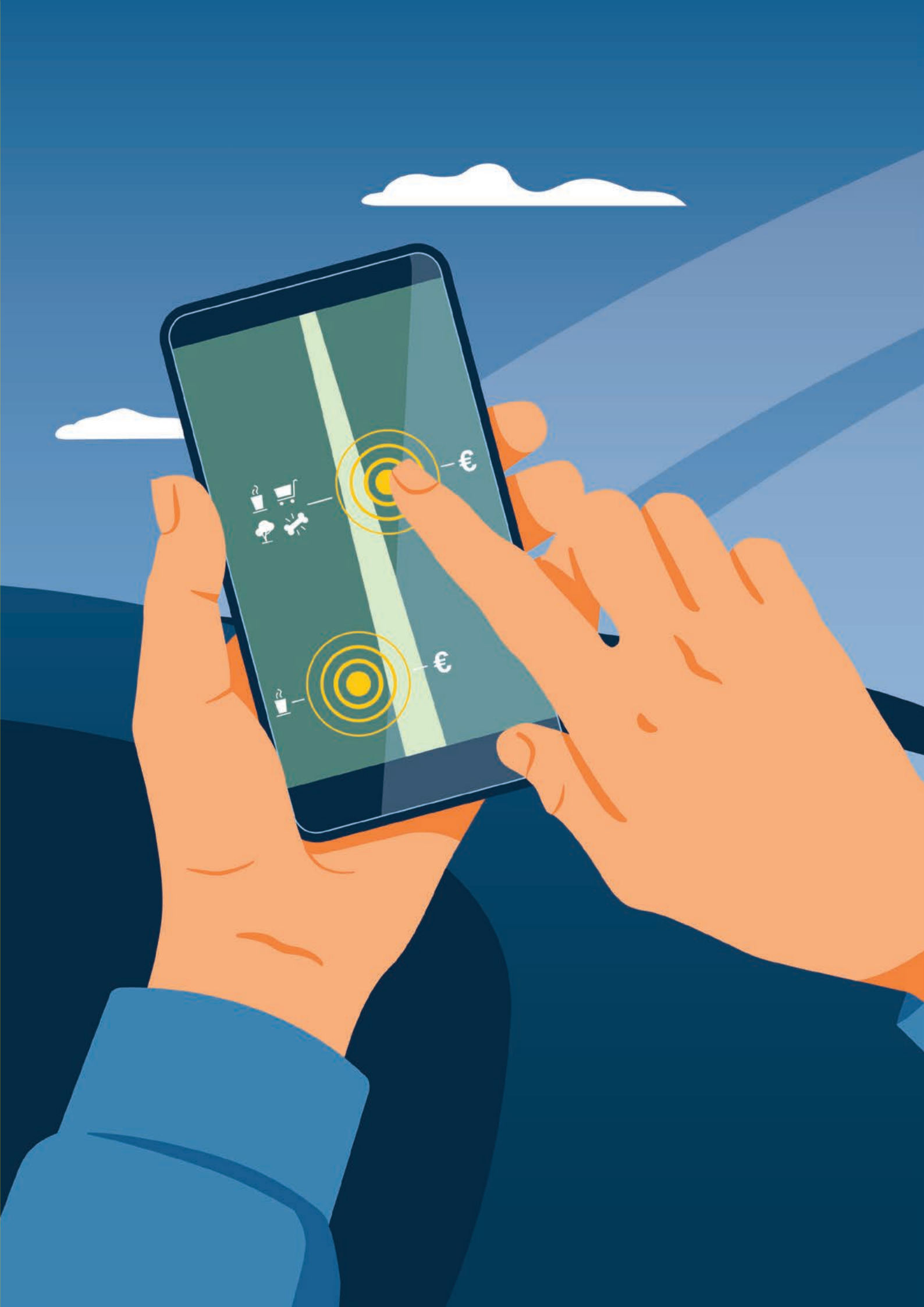
03

04 |

05

05 |

Anhang



Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 01	Unterschiedliche Lade-Use-Cases zur Ladung des eigenen E-Fahrzeugs	9
ABBILDUNG 02	Das methodische Vorgehen der Studie	15
ABBILDUNG 03	Aufteilung und Anzahl der untersuchten Haushaltstypen inklusive der zur Verfügung stehenden Wege	18
ABBILDUNG 04	Fahrwege der MiD-Daten verteilt auf Lade-Use-Cases	20
ABBILDUNG 05	Dauerlinie von gleichzeitig belegten Ladepunkten	34
ABBILDUNG 06	Prognostizierter Bestand an E-Fahrzeugen im Jahr 2025/2030 auf Grundlage der Cleanroom-Gespräche	49
ABBILDUNG 07	Anzahl der belegten Ladepunkte am Lade-Use-Case 4 (Lade-Hub innerorts) im Tagesverlauf (2025)	51
ABBILDUNG 08	Anzahl der belegten Ladepunkte am Lade-Use-Case 5 (Lade-Hub an Achsen) im Tagesverlauf (2025)	52
ABBILDUNG 09	Anzahl der belegten Ladepunkte am Lade-Use-Case 6 (Kundenparkplatz) im Tagesverlauf (2025)	53
ABBILDUNG 10	Anzahl der belegten Ladepunkte am Lade-Use-Case 7 (Straßenraum) im Tagesverlauf (2025)	54
ABBILDUNG 11	Verteilung von Ladevorgängen auf private sowie öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur	56
ABBILDUNG 12	Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland	57
ABBILDUNG 13	Verteilung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur im Referenzszenario	58
ABBILDUNG 14	Verhältnis von E-Fahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten	66

Tabellenverzeichnis

TABELLE 01	Zuordnung der RegioStaR-7-Raumtypen	17
TABELLE 02	Zuordnung der Wegzwecke zu den Lade-Use-Cases	19
TABELLE 03	Beispielhafte Annahmen zur Bestimmung des Verfügbarkeitsfaktors für Ladeinfrastruktur am Wohnort	26
TABELLE 04	In der Berechnung angenommen Ladeleistung je Lade-Use-Case	29
TABELLE 05	Wahrscheinlichkeit der Ladung an einem Lade-Use-Case auf Grundlage der Stakeholder-Dialoge	44
TABELLE 06	Angenommene Wahrscheinlichkeit der Ladung an den Lade-Use-Cases für Haushalte mit/ohne eigenen Stellplatz in den untersuchten Szenarien	45
TABELLE 07	Anteil der Haushalte mit Zugang zu privater Ladeinfrastruktur auf Grundlage der Stakeholder-Dialoge	47
TABELLE 08	Gegenüberstellung des prognostizierten Bestands an E-Fahrzeugen im Jahr 2025/2030 auf Grundlage der Cleanroom-Gespräche	49
TABELLE 09	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland (geringe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur)	59
TABELLE 10	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland (hohe Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur)	60
TABELLE 11	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland (digitale Angebote)	61
TABELLE 12	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland (Parkraumbewirtschaftung)	62
TABELLE 13	Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland (HPC-Laden)	63
TABELLE 14	Gegenüberstellung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland (Extremwerte sind markiert)	64
TABELLE 15	Gegenüberstellung der verladenen Energiemenge in Deutschland im Jahr 2030	68
TABELLE 16	Gegenüberstellung der verladenen Energiemenge je Ladepunkt im Jahr 2030	69

01

02

03

04

05

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current, Wechselstrom
AFID	Alternative Fuels Infrastructure Directive-Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe
bbh	Rechtsanwaltskanzlei Becker Büttner Held
BEV	Battery Electric Vehicle – batterieelektrisches Fahrzeug
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DC	Direct Current, Gleichstrom
DIN	Deutsches Institut für Normung
E-Fahrzeug	Elektrisches Fahrzeug
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle – Brennstoffzellenfahrzeug
HPC	High Power Charging-Laden mit einer Leistung von mindestens 150 kW
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
MID	Studie „Mobilität in Deutschland“ [BMVI 2019]
Mio.	Million
NOW	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NPM	Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität
PHEV	Plug-in-Hybrid Electric Vehicle, Plug-in Hybridfahrzeug
Pkw	Personenkraftwagen
RLI	Reiner Lemoine Institut
VDA	Verband der deutschen Automobilindustrie
WEG	Wohnungseigentumsgesetz
ZVEH	Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Literaturverzeichnis

01

02

03

04

05

¹ EK | EUROPÄISCHE KOMMISSION (2019): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Der europäische Grüne Deal.

URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF

(Stand: 03.09.2020)

² BMU | BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (2020): Klimaschutz in Zahlen: Sektorenziele 2030.

URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutz_in_zahlen_sektorenziele2030_bf.pdf

(Stand: 21.09.2020)

³ BMU | BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (2020): Klimaschutz in Zahlen: Emissionsentwicklung 2019.

URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutz_zahlen2019_factsheet__emissionsentwicklung.pdf

(Stand: 08.09.2020)

⁴ NPM | NATIONALE PLATTFORM ZUKUNFT DER MOBILITÄT (2020): Bedarfsgerechte und wirtschaftliche öffentliche Ladeinfrastruktur – Plädoyer für ein dynamisches NPM-Modell.

URL: <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/04/NPM-AG-5-Bedarfsgerechte-und-wirtschaftliche-%C3%B6ffentliche-Ladeinfrastruktur.pdf>

(Stand: 24.07.2020)

⁵ BMU | BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.

URL: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>

(Stand: 30.09.2020)

⁶ EP | EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT (2014): Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe.
URL: eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=ES
(Stand: 18.09.2020)

⁷ BDEW | BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E. V. (2019): Kapferer zum Eine-Million-Ladesäulenprogramm.
URL: <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/kapferer-zum-eine-million-ladesaeulenprogramm/>
(Stand: 21.09.2020)

⁸ BMVI | BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2019): Mobilität in Deutschland – Ergebnisbericht.
URL: www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/mid-ergebnisbericht.pdf?__blob=publicationFile
(Stand: 21.09.2020)

⁹ KBA | KRAFTFAHRT-BUNDESAMT (2020): Pressemitteilung Nr. 6/2020 – Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2020.
URL: www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/Fahrzeugbestand/pm06_fz_bestand_pm_komplett.html?nn=2562744
(Stand: 21.09.2020)

¹⁰ NPM | NATIONALE PLATTFORM ZUKUNFT DER MOBILITÄT (2019): Fortschrittsbericht 2019. Herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
URL: www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/12/NPM_Fortschrittsbericht_2019.pdf
(Stand: 12.09.2020)

¹¹ KBA | KRAFTFAHRT-BUNDESAMT (2020): Zahlen des Jahres 2019 im Überblick.
URL: www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/jahresbilanz/jahresbilanz_inhalt.html;jsessionid=73474D23DBBF059C18F9CE6C6A06E74E.live11293?nn=2594996
(Stand: 11.09.2020)

01

02

03

04

05 |

¹² NPE | NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (2019): Fortschrittsbericht 2018. Herausgegeben von der Gemeinsamen Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung.
URL: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2018_barrierefrei.pdf
(Stand: 11.09.2020)

¹³ BUND | BUNDESREGIERUNG (2019): Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung.
URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur.pdf?__blob=publicationFile
(Stand: 03.04.2020)

¹⁴ ZVEI | ORTJOHANN, PROF. DR. EGON/HOLTSCHULTE, DANIEL: Kurzfassung des ZVEI zur Studie: Zustandserhebung elektrischer Anlagen für Gebäude. Herausgegeben vom Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e. V.
URL: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2015/Okttober/ZVEI_Kurzfassung_Zustandserhebung_elektrischer_Anlagen_fuer_Gebaeude/ZVEI-Kurzfassung-Zustandserhebung-elektrischer-Anlagen-fuer-Gebaeude.pdf
(Stand: 24.01.2020)

¹⁵ ZVEI | ZENTRALVERBAND ELEKTROTECHNIK UND ELEKTRONIKINDUSTRIE E. V. (2018): Zukunftssicheres Bauen und Wohnen. Auf Grundlage der Kalkulationshilfe für die elektro- und informationstechnischen Handwerke (KFE)
URL: <https://www.kfe-service.de>
(Stand: 11.11.2020)

¹⁶ PA CONS. | PA CONSULTING (2020): CO₂ emissions are increasing – Car makers must act.
URL: <https://www.paconsulting.com/insights/2019/co2-emissions-are-increasing>
(Stand: 03.09.2020)

¹⁷ EUR PARL | EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT (2019): Verordnung (EU) 2019/631 zur Festsetzung von CO₂-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 443/2009 und (EU) Nr. 510/2011
URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=EN>
(Stand: 14.09.2020)

¹⁸ BMU | BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (2020): Das System der CO₂-Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge.

URL: www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/zusammenfassung_co2_flottengrenzwerte.pdf

(Stand: 14.09.2020)

¹⁹ ÖKO | LUKAS MINNICH (2020): Akzeptanz und Perspektiven von Elektromobilität in Südhessen. Herausgegeben vom Öko-Institut e.V.

URL: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Begleitforschung-E-Mobilitaet_Suedhessen.pdf

(Stand: 18.08.2020)

²⁰ DENA, PROGNOSE (2020): Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland.

URL: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena-STUDIE_Privates_Ladeinfrastrukturpotenzial_in_Deutschland.pdf

(Stand: 18.08.2020)

²¹ ENBW | ENERGIE BADEN-WÜRTTEMBERG AG (2020): Land fördert städtische Schnellladeparks für E-Mobilität: EnBW stattet 16 Pilotstandorte mit Schnellladeinfrastruktur aus.

URL: <https://www.enbw.com/unternehmen/presse/enbw-stattet-16-pilotstandorte-mit-schnellladeinfrastruktur-aus.html>

(Stand: 15.09.2020)

²² DIN SPEC 91433:2020-08: Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung.

URL: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91433/326842780>

Anhang

A1 ZUORDNUNG DER UNTERGRUPPEN VON WEGZWECK 5 DER MID-DATEN ZU DEN LADE-USE-CASES

Aufteilung des Wegzwecks 5 (private Erledigungen)		
Wegzweck	Lade-Use-Case	Beschreibung
5.503	6	Allgemeiner Einkaufsbummel
5.504	6	Dienstleistungen (Friseur, Schuster etc.)
5.601	6	Arztbesuch, andere medizinische Dienstleistungen
5.602	6	Behörden, Bank, Post, Geldautomat
5.603	6	Private Erledigungen für andere Personen (unentgeltlich)
5.706	6	Restaurant, Gaststätte, Mittagessen etc.
5.714	6	Ehrenamt, Verein, politische Aktivitäten
5.713	6	Kirche, Friedhof
5.701	7	Besuch/Treffen von Freunden, Verwandten, Bekannten
5.705	7	Weiterbildung (Sprachkurs, Volkshochschule etc.)
5.711	7	Hund ausführen
5.604	7	Sonstiges
5.715	7	Jobben in der Freizeit gegen Entgelt (Zeitung austragen etc.)
5.717	7	Hobby (Musizieren etc.)
5.999	7	Keine Angabe
5.2020	7	Im PAPI nicht erhoben
5.7704	7	Kein Erledigungsweg
5.7705	7	Weg ohne Info zum Wegzweck

01

02

03

04

05 |

ZUORDNUNG DER UNTERGRUPPEN VON WEGZWECK 7 DER MID-DATEN ZU DEN LADE-USE-CASES

Aufteilung des Wegzwecks 7 (Freizeitaktivität)		
Wegzweck	Lade-Use-Case	Beschreibung
7.503	6	Allgemeiner Einkaufsbummel
7.603	6	Private Erledigungen für andere Personen (unentgeltlich)
7.702	6	Besuch kultureller Einrichtungen (Kino, Theater, Museum etc.)
7.703	6	Besuch einer Veranstaltung (Fußballspiel, Markt, Popkonzert etc.)
7.704	6	Sport (selbst aktiv), Sportverein (Fußball, Tennis, Training, Wettkampf etc.)
7.705	6	Weiterbildung (Sprachkurs, Volkshochschule etc.)
7.706	6	Restaurant, Gaststätte, Kneipe, Disco
7.713	6	Kirche, Friedhof
7.714	6	Ehrenamt, Verein, politische Aktivitäten
7.605	7	Betreuung Familienmitglieder, Bekannter
7.701	7	Besuch/Treffen von Freunden, Verwandten, Bekannten
7.707	7	Schrebergarten, Wochenendhaus
7.710	7	Spaziergang, Spazierfahrt
7.711	7	Hund ausführen
7.712	7	Joggen, Inlineskating etc.
7.716	7	Begleitung von Kindern (Spielplatz etc.)
7.717	7	Hobby (Musizieren etc.)
7.719	7	Spielplatz, Spielen auf der Straße etc.
7.720	7	Sonstiges
7.999	7	Keine Angabe
7.2202	7	Im PAPI nicht erhoben
7.7704	7	Kein Freizeitweg
7.7705	7	Weg ohne Info zum Wegzweck

A2

In den Stakeholder-Dialogen diskutierte Thesen

- 1 Im Jahr 2030 werden sich mindestens 85 Prozent der benötigten Ladepunkte auf privaten Stellplätzen am Wohnort oder Arbeitsplatz befinden.
- 2 Nutzende von E-Fahrzeugen ohne privaten Stellplatz rechnen mehrheitlich mit der Möglichkeit zur wohnungsnahen Ladung ihres Fahrzeugs über Nacht.
- 3 Das Verhältnis zwischen E-Fahrzeug und notwendigen öffentlichen Ladepunkten beträgt auch bis zum Jahr 2030 weiterhin 10 : 1.
- 4 Das Laden an HPC-Ladepunkten wird auch bis zum Jahr 2030 nur für das Premiumfahrzeugsegment relevant sein.
- 5 Nutzende von E-Fahrzeugen laden ihr Fahrzeug im öffentlichen Raum nicht länger, als ihr Aufenthalt dauert.
- 6 Auf Parkplätzen des Einzelhandels ist Normalladeinfrastruktur in der Regel vollkommen ausreichend.
- 7 Die zeitliche Beschränkung der Standdauer beim HPC-Laden an Lade-Hubs innerorts wird zukünftig aus planerischer Sicht notwendig sein.

A3

Fragebogen der Cleanroom-Gespräche

Treiber des Hochlaufs von E-Fahrzeugen (Pkw)

- 1 In welchem Maße ist das Erreichen der CO₂-Flottengrenzwerte auf einer Skala von 0 bis 10 der Treiber für Ihre Produktions- und Zulassungsziele von E-Fahrzeugen?
- 2 Wie viele E-Fahrzeuge von Ihren Marken müssen in den deutschen Markt, damit Sie bis zum Jahr 2025 sowie 2030 unter Berücksichtigung des Gewichtskorrekturfaktors die CO₂-Flottengrenzwerte einhalten können?

Batterietechnologie, die Integration in das Fahrzeug und Zukunftstechnologien

- 3 Die DC-Ladeleistung von Batteriefahrzeugen im Markt steigt und das Thema HPC-Ladung an Lade-Hubs (innerorts) wird intensiv diskutiert. Von welchem Anteil an der insgesamt über das Fahrzeugleben verladenen Energiemenge gehen Sie bei Ihren E-Fahrzeugen je Fahrzeugsegment (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) aus, der mit einer C-Rate größer als 2 verladen wird?
- 4 Eine wachsende HPC-Ladeinfrastruktur braucht geeignete Rahmenbedingungen. Welche Entwicklungen der Batterietechnologie (Zyklenfestigkeit, Energiedichte, Leistungsdichte, Sicherheit und Kosten) sowie weiteren Fortschritte bei der Integration in das Fahrzeug (Temperatur- und Batteriemanagement) sehen Sie bis zum Jahr 2030, um über die Lebensdauer des Fahrzeugs einen noch höheren Anteil an Ladungen mit einer C-Rate größer als 2 zu ermöglichen?
- 5 Haben Sie Pläne, den Wechselrichter (AC-Ladung) bis zum Jahr 2030 aus dem E-Fahrzeug zu entfernen und das DC-Laden als Standard zu etablieren?
- 6 Sehen Sie außerhalb des häuslichen Ladens weitere Anwendungsgebiete für das induktive Laden?

Verfügbarkeit von Daten

- 7 Sind Cleanroom-Gespräche aus Ihrer Sicht ein geeignetes Format, um die Zusammenarbeit zu intensivieren? Welche der angefragten Daten können auch in einem anderen Format oder ggf. elektronisch übermittelt werden?
- 8 Über welche weiteren Daten zum Ladeverhalten der Nutzenden verfügen Sie und welche dieser Daten könnten Sie im Rahmen der Studie zur Verfügung stellen? Annahmen, wie etwa der typische Ladezustand der Batterie zu Beginn einer HPC-Ladung an Autobahnen, könnten so angepasst werden.

A4 PARAMETER, DIE NICHT IN DEN UNTERSCHIEDLICHEN SZENARIEN VARIIERT WERDEN

Bereich	Bezeichnung	Wert	Einheit
Simulationseinstellungen	Distanz_urban_max	50	km
	Distanz_Achse	350	km
	Tempo_bab	70	km/h
	LadeDelay	3	Minuten
	Verschiebung_Ladebedarf	1	–
	MiD_wege_max_v	250	km/h
Maximale Ladeleistung der Ladeinfrastruktur	EFH	11	kW
	MFH	11	kW
	Arbeitsplatz	22	kW
	HPC-Lade-Hub	150	kW
	Achsen	350	kW
	Kundenparkplatz	22	kW
	Straßenraum	22	kW
Verhalten der Nutzenden	soc_hpc_start	20	Prozent
	soc_hpc_end	80	Prozent
	soc_min_trip_end_BEV	10	Prozent
	soc_max_trip_end	80/70	Prozent
	energie_min_1_2	4/3	kWh
	energie_min_3	4/3	kWh
	energie_min_4	20/10	kWh
	energie_min_5	20/10	kWh
	energie_min_6	7/5	kWh
	energie_min_7	7/5	kWh
	batAnteil_BEV	100	Prozent
	batAnteil_PHEV	40	Prozent

01

02

03

04

05

Beschreibung

Bis zu dieser Distanz handelt es sich eher nicht um eine Überlandfahrt

Ab dieser Distanz ist eher mit einer Fahrt auf der BAB zu rechnen

Durchschnittliche Geschwindigkeit auf der Autobahn (inklusive Pausen)

Zeit, die zur Vorbereitung und zum Beenden der Ladung aufgebracht wird

Anzahl der 15-Minuten-Zeitfenster, in denen Ladebedarfe zeitlich nach vorn oder hinten verschoben werden können

Maximale valide Durchschnittsgeschwindigkeit eines Fahrwegs der Mid-Daten

Von den Ladepunkten am Lade-Use-Case maximal bereitgestellte Ladeleistung

Ladezustand der Batterie zu Beginn einer HPC-Ladung an Achsen

Ladezustand der Batterie am Ende einer HPC-Ladung an Achsen

Wenn der Ladezustand der Batterie eines BEV bei Ankunft am Zielort unterschritten ist, wird ein Ladevorgang initiiert

Wenn der Ladezustand der Batterie überschritten ist, wird an öffentlich zugänglichen Ladepunkten nicht geladen (BEV/PHEV)

Die Mindestenergiemenge, die von Nutzenden an einem Lade-Use-Case typischerweise verladen wird. Wenn sie unterschritten wird, findet kein Ladevorgang statt (BEV/PHEV)

Typischer Anteil rein elektrischer Fahrten an allen Fahrten. Daraus berechnet sich der Verbrauch dieser Antriebstechnologie an elektrischer Energie

A5 ANTEIL DER HAUSHALTE MIT ZUGANG ZU PRIVATER LADEINFRASTRUKTUR AUF GRUNDLAGE DER STAKEHOLDER-DIALOGS (2021 BIS 2030)

Bereich	Jahr	Untersuchte Szenarien					
		Referenz	Hoher Druck öff. zug. LP	Geringer Druck öff. zug. LP	Digitale Angebote	Parkraum- bewirt- schaftung	HPC-Laden
Auf einem privaten Stellplatz am Wohnort	2021	29 %	27 %	30 %	29 %	29 %	29 %
	2022	31 %	28 %	35 %	31 %	31 %	31 %
	2023	35 %	29 %	40 %	35 %	35 %	35 %
	2024	39 %	32 %	45 %	39 %	39 %	39 %
	2025	42 %	34 %	50 %	42 %	42 %	42 %
	2026	46 %	37 %	55 %	46 %	46 %	46 %
	2027	50 %	39 %	60 %	50 %	50 %	50 %
	2028	54 %	43 %	65 %	54 %	54 %	54 %
	2029	57 %	45 %	70 %	57 %	57 %	57 %
	2030	61 %	47 %	75 %	61 %	61 %	61 %
Am Arbeitsplatz	2021	40 %	30 %	50 %	40 %	40 %	40 %
	2022	50 %	35 %	65 %	50 %	50 %	50 %
	2023	60 %	40 %	80 %	60 %	60 %	60 %
	2024	70 %	45 %	95 %	70 %	70 %	70 %
	2025	75 %	50 %	100 %	75 %	75 %	75 %
	2026	77,5 %	55 %	100 %	77,5 %	77,5 %	77,5 %
	2027	80 %	60 %	100 %	80 %	80 %	80 %
	2028	82,5 %	65 %	100 %	82,5 %	82,5 %	82,5 %
	2029	85 %	70 %	100 %	85 %	85 %	85 %
	2030	87,5 %	75 %	100 %	87,5 %	87,5 %	87,5 %

01

02

03

04

05

**A6 ANNAHMEN ZUR BESTIMMUNG DER VERFÜGBARKEIT VON PRIVATER LADEINFRASTRUKTUR
AM WOHNORT IM SZENARIO „GERINGE VERFÜGBARKEIT VON PRIVATER LADEINFRASTRUKTUR“
AUF GRUNDLAGE DER STAKEHOLDER-DIALOGS**

Jahr	Gebäudetyp: erheblicher Nachrüstaufwand		Gebäudetyp: mittlerer Nachrüstaufwand		Gebäudetyp: ohne Nachrüstaufwand	
	Gebäudeanteil am Bestand	Bereitschaft zur Installation	Gebäudeanteil am Bestand	Bereitschaft zur Installation	Gebäudeanteil am Bestand	Bereitschaft zur Installation
2021	97 %	25 %	2 %	90 %	1 %	100 %
2022	96 %	25 %	2 %	90 %	2 %	100 %
2023	93 %	24 %	2 %	90 %	5 %	100 %
2024	89 %	24 %	2 %	87 %	9 %	100 %
2025	85 %	23 %	3 %	85 %	12 %	100 %
2026	81 %	23 %	3 %	85 %	16 %	100 %
2027	77 %	22 %	3 %	85 %	20 %	100 %
2028	73 %	22 %	3 %	85 %	24 %	100 %
2029	69 %	21 %	4 %	82 %	27 %	100 %
2030	65 %	20 %	5 %	80 %	30 %	100 %

IMPRESSUM

Herausgeber:

Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, Tauentzienstraße 14, 10789 Berlin
unter dem Dach der NOW GmbH, Fasanenstraße 5, 10623 Berlin

Gefördert durch:

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

Erstellt durch:

Alexander Windt, Oliver Arnhold (RLI)
Reiner Lemoine Institut gGmbH
Rudower Chaussee 12, 12489 Berlin



Gestaltung und Realisation:

waf.berlin

Erscheinungsjahr:

2020

Copyright:

Die Nutzungsrechte liegen – soweit nicht explizit genannt – bei der NOW GmbH und den Autoren

Haftungsausschluss:

Die Mitarbeiterstäbe der Reiner Lemoine Institut gGmbH, haben diesen Bericht erstellt. Die Sichtweisen und Schlüsse, die in diesem Bericht ausgedrückt werden, sind jene der Mitarbeiter der Reiner Lemoine Institut gGmbH sowie der beteiligten Partner. Alle Angaben und Daten sind sorgfältig recherchiert. Allerdings gibt weder die Reiner Lemoine Institut gGmbH noch irgendeiner ihrer Mitarbeiter, Vertragspartner oder Unterauftragnehmer irgendeine ausdrückliche oder implizierte Garantie oder übernimmt irgendeine rechtliche oder sonstige Verantwortung für die Korrektheit, Vollständigkeit oder Nutzbarkeit irgendeiner Information, eines Produktes oder eines enthaltenen Prozesses.



