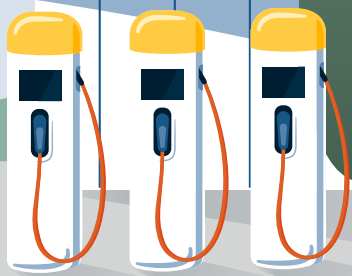


Neuaufgabe
2024

Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf

Nationale
 **LEITSTELLE**
Ladeinfrastruktur





**Ladeinfrastruktur nach
2025/2030: Szenarien für
den Markthochlauf**
– *Neuaufgabe 2024* –

| | | | | | |
|-----------|----------------------------------|--|----|-----------|---|
| | Zusammenfassung | 6 | | | |
| 01 | Einleitung und Motivation | 8 | | 03 | Ergebnisdarstellung und Auswertung |
| | | | | 3.1 | Anzahl der benötigten Ladepunkte bis zum Jahr 2030 |
| | | | | 3.2 | Installierte Ladeleistung je Lade-Use-Case |
| | | | | 3.3 | Verladene Energiemenge je Lade-Use-Case sowie Ladepunkt |
| | | | | 3.4 | Sensitivitätsanalyse |
| | | | | 3.5 | Entwicklung nach 2030 |
| 02 | Methodik der Studie | 14 | | 04 | Einordnung der Ergebnisse |
| | 2.1 | Datengrundlage und Einbindung in die Methodik | 19 | 4.1 | Einordnung der Ergebnisse hinsichtlich der AFIR |
| | 2.2 | Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland | 28 | 4.2 | Unterschiede zwischen der Studie 2020 und der Neuauflage 2024 |
| | 2.3 | Untersuchte Szenarien | 34 | 4.3 | Kritische Würdigung der Studie |
| | | | | 05 | Ausblick |
| | | | | | |
| | | | | 06 | Anhang |
| | | | | | Abbildungsverzeichnis |
| | | | | | Tabellenverzeichnis |
| | | | | | Glossar und Abkürzungsverzeichnis |
| | | | | | Literaturverzeichnis |
| | | | | | Anhang |



Informationen

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

Verweis auf Grafiken

Zusammenfassung

Der Klimawandel zählt zu den größten Herausforderungen in der Geschichte der Menschheit. Der Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs im Verkehrssektor kommt eine Schlüsselrolle zu, um die Klimaziele zu erreichen. Diese Umstellung ist in Deutschland und auch weltweit bereits in vollem Gange und führt zu dem wohl größten Wandel im Verkehr seit der Einführung des Verbrennungsmotors.

Um der steigenden Zahl von E-Pkw gerecht zu werden, bedarf es einer flächendeckenden, bedarfsgerechten und nutzerfreundlichen Ladeinfrastruktur. Diese darf nicht erst parallel zum Markthochlauf der E-Pkw aufgebaut werden, sondern muss vorauslaufend entstehen, um den Fahrerinnen und Fahrern die für den Umstieg nötige Verlässlichkeit bieten zu können. Für den zielgerichteten Ausbau der Ladeinfrastruktur ist eine methodisch fundierte Bedarfsplanung unabdingbar.

Die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (Leitstelle) unter dem Dach der NOW GmbH hat im Jahr 2020 die vom Reiner Lemoine Institut (RLI) im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) angefertigte Studie „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf“ veröffentlicht. Im Fokus der Untersuchung stand der Ladebedarf im öffentlichen Raum.

Die Entwicklung im Bereich Elektromobilität und Ladeinfrastruktur ist und bleibt hochdynamisch. Deshalb wurde bereits bei der Konzeptionierung der ursprünglichen Studie die Möglichkeit für eine Neuauflage vorgesehen, die mit der vorliegenden Studie umgesetzt wird. Die Neuauflage der Studie umfasst sowohl die heute wesentlich bessere Datenlage, z. B. hinsichtlich der zukünftigen Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur, als auch das größere Wissen über die komplexen Zusammenhänge auf dem Feld der Ladeinfrastruktur. So konnte das Simulationsmodell sinnvoll erweitert werden.

Neben der Aktualisierung und Optimierung der zugrunde liegenden Daten konnten auch Erweiterungen und Anpassungen hinsichtlich des Fahr- und Ladeverhaltens vorgenommen werden, ohne dass der Charakter der neuen Studie zu sehr von dem ihrer Vorgängerin abweicht. Erkenntnisse, die sich aus der Neuauflage der Studie ergeben, sind nicht nur eine wichtige Entscheidungsgrundlage für privatwirtschaftliche Aktivitäten, sondern spielen auch für den Stromnetzausbau, die Erstellung lokaler Masterpläne in den Landkreisen und Kommunen sowie das regionale Ausbaumonitoring der Bundesregierung für ganz Deutschland eine wichtige Rolle.

Grundlage für die Aktualisierung der Studie sind reale Daten zum Mobilitätsverhalten in Deutschland. Es wurde der Ladebedarf für sieben verschiedene Anwendungsfälle (sog. Lade-Use-Cases) untersucht. Um Auswirkungen bestimmter Entwicklungen besser abschätzen zu können, wurden ein Referenzszenario und vier weitere Szenarien definiert und untersucht. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass der tatsächliche Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland von vielen Faktoren abhängt, deren Entwicklung nicht sicher vorhersehbar ist.

Die zentralen Ergebnisse der Studie umfassen verschiedene Aspekte des Ladeinfrastrukturbedarfs in Deutschland. Neben der Anzahl der benötigten Ladepunkte sind die installierte Ladeleistung und die verladene Energiemenge Kernelemente der Untersuchung. In der Studie wurde ein Bedarf zwischen 380.000 und 680.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten im Jahr 2030 ermittelt. Die benötigte installierte Ladeleistung dieser Ladepunkte liegt im Jahr 2030 abhängig vom Szenario zwischen 23,3 GW und 32,4 GW. Die in die E-Pkw verladene Menge an elektrischer Energie beziffert sich insgesamt auf 37,8 TWh – wobei öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur je nach Szenario einen Anteil zwischen 36 und 50 Prozent dieser Energie zur Verfügung stellen wird.

Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen den erheblichen Einfluss des Bestands an nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur, sowohl am Wohnort als auch im Unternehmen, auf den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. Im Jahr 2030 zeigt sich ein Unterschied von etwa 33 Prozent im ermittelten Bedarf an öffentlich installierter Ladeleistung zwischen einem Szenario mit hoher und einem mit geringer Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. In Bezug auf die Anzahl benötigter Ladepunkte zeigt sich darüber hinaus eine signifikante Auswirkung von HPC-Ladeinfrastruktur. Ein stärkerer Ausbau entsprechender Ladestandorte reduziert den Gesamtbedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten um etwa 26 Prozent gegenüber dem Referenzszenario. Die benötigte installierte Ladeleistung bleibt jedoch gleich.

Dennoch unterstreichen die Ergebnisse der Studie auch die wichtige Rolle von Normalladeinfrastruktur, insbesondere im Straßenraum. Eine generelle Erhöhung der Ladeleistung explizit in diesem Lade-Use-Case führt entsprechend der Sensitivitätsanalyse zu einem kaum veränderten Bedarf an Ladepunkten. Das Normalladen stellt demnach weiterhin einen wichtigen Baustein im Gesamtsystem der Ladeinfrastruktur dar, insbesondere vor dem Hintergrund, dass der Anteil der E-Mobilistinnen und -Mobilisten ohne Zugang zu eigener Ladeinfrastruktur in Zukunft größer werden wird. Der Anteil derer, die auf das Parken und nächtliche Laden mit vergleichsweise geringen Ladeleistungen im öffentlichen Straßenraum angewiesen sind, wird somit steigen.

Auch die Charakteristika der E-Pkw selbst haben einen Einfluss auf den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. Eine Verringerung des durchschnittlichen Energieverbrauchs der E-Pkw um 20 Prozent reduziert die benötigte Anzahl von öffentlich zugänglichen Ladepunkten um etwa 15 Prozent. Die Ergebnisse der Studie zeigen insgesamt, dass der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur aus Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer über die kommenden Jahre deutlich anwachsen wird. Die ermittelten Bedarfe liegen dabei in allen betrachteten Szenarien über den Vorgaben der Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR), welche die Mindestziele für den Aufbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur auf europäischer Ebene vorgibt. Auch über das Jahr 2030 hinaus wird sich der Hochlauf von E-Pkw weiter rasant fortsetzen und der Bedarf an ausreichender öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur entsprechend steigen.

01

Einleitung und Motivation



01

Einleitung und Motivation

Der Klimawandel zählt zu den größten Herausforderungen in der Geschichte der Menschheit. Um dessen negative Folgen möglichst gering zu halten, haben zahlreiche Staaten nationale Klimaziele definiert, auch die Bundesrepublik Deutschland. So soll Deutschland bis zum Jahr 2045 klimaneutral werden.

Dem Verkehrssektor kommt bei der Erreichung dieser Klimaziele eine Schlüsselrolle zu: Bis zum Jahr 2030 müssen die verkehrsbedingten Treibhausgas-(THG-)Emissionen im Vergleich zu 1990 um 48 Prozent sinken. Innerhalb des Verkehrssektors war im Jahr 2022 der Straßenverkehr für 96 Prozent der THG-Emissionen verantwortlich.¹ Die Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) ist daher ein elementarer Hebel, um die THG-Emissionen des ganzen Sektors bedeutend zu senken. Diese Umstellung ist in Deutschland und auch weltweit bereits in vollem Gange und führt zu dem wohl größten Wandel im Verkehr seit der Einführung des Verbrennungsmotors.

Aktuell sind etwa ein Viertel aller Neuzulassungen in Deutschland E-Pkw. Die Elektromobilität hat damit Einzug in den Massenmarkt gehalten. Dabei geht der Trend insbesondere bei den batterieelektrischen Pkw (BEV) nach oben: Im Vergleich zum Vorjahreszeitraum wurden 2023 etwa 11 Prozent mehr BEV zugelassen.² Der Ausbau der erforderlichen Ladeinfrastruktur schreitet ebenfalls voran, dennoch wird eine mangelnde Verfügbarkeit von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur oft als Hindernis für den Umstieg genannt.^{3, 4, 5}

Um der steigenden Nachfrage nach E-Pkw gerecht zu werden, bedarf es des Ausbaus einer entsprechenden Ladeinfrastruktur – und zwar nicht erst parallel zum Markthochlauf der E-Pkw, sondern bereits im Voraus. Dafür ist eine methodisch fundierte Bedarfsplanung unabdingbar. Die Leitstelle hat im Jahr 2020 im Auftrag des BMDV die vom RLI angefertigte Studie „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf“ veröffentlicht. Die zentrale Fragestellung lautete: Wie viel und welche Ladeinfrastruktur für E-Mobilität muss bis zum Jahr 2030 in Deutschland aufgebaut werden? Die Studie setzte erstmals entsprechende Leitplanken für die Zukunft und markierte so einen Meilenstein. Die nun vorliegende Studie ist eine Neuauflage dieser nutzerbasierten Analyse aus dem Jahr 2020. Unter Einbeziehung aktu-

eller Erkenntnisse zeigt sie, wie viel und welche Art von Ladeinfrastruktur in Deutschland in verschiedenen Szenarien perspektivisch benötigt wird.

Die Neuauflage umfasst eine Aktualisierung der Datengrundlage, eine Weiterentwicklung methodischer Aspekte sowie eine umfangreichere Auswertung. Ein wesentliches Element ist der stark datengetriebene Ansatz, bei dem sowohl auf eigene Daten als auch auf externe Datenquellen und Studien zurückgegriffen wird. Verschiedene Szenarien und Sensitivitätsanalysen ermöglichen es, spezifische Einflüsse auf die Dimensionierung von Ladeinfrastruktur abzuschätzen. Der Zeithorizont wird in der Neuauflage auf das Jahr 2035 ausgeweitet.

Um die Breite der möglichen Szenarien bezüglich Schnell- und Normalladen sowie nicht öffentlichem und öffentlichem Laden präziser abschätzen zu können, bietet sich für die Analyse jedoch statt der alleinigen Ermittlung der Zahl der benötigten öffentlich zugänglichen Ladepunkte die Größe der zu installierenden Gesamtladeleistung an. Entsprechend spielt diese Größe eine zentrale Rolle in der vorliegenden Studie. Die Untersuchung verwendet für die Einteilung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur die sieben Lade-Use-Cases wie die vorhergehende Studie aus dem Jahr 2020 (Abbildung 01).



¹ Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2022)



Unter E-Pkw werden im Rahmen dieser Studie batterieelektrische Pkw (BEV) und Plug-in-Hybrid-Pkw (PHEV) verstanden. Anteil BEV und PHEV von Januar bis Oktober 2023.



² KBA (2023);

³ Shell Recharge (2023);

⁴ UScale (2022);

⁵ VKU (2021)



Siehe Abbildung 01, S. 12

01

02

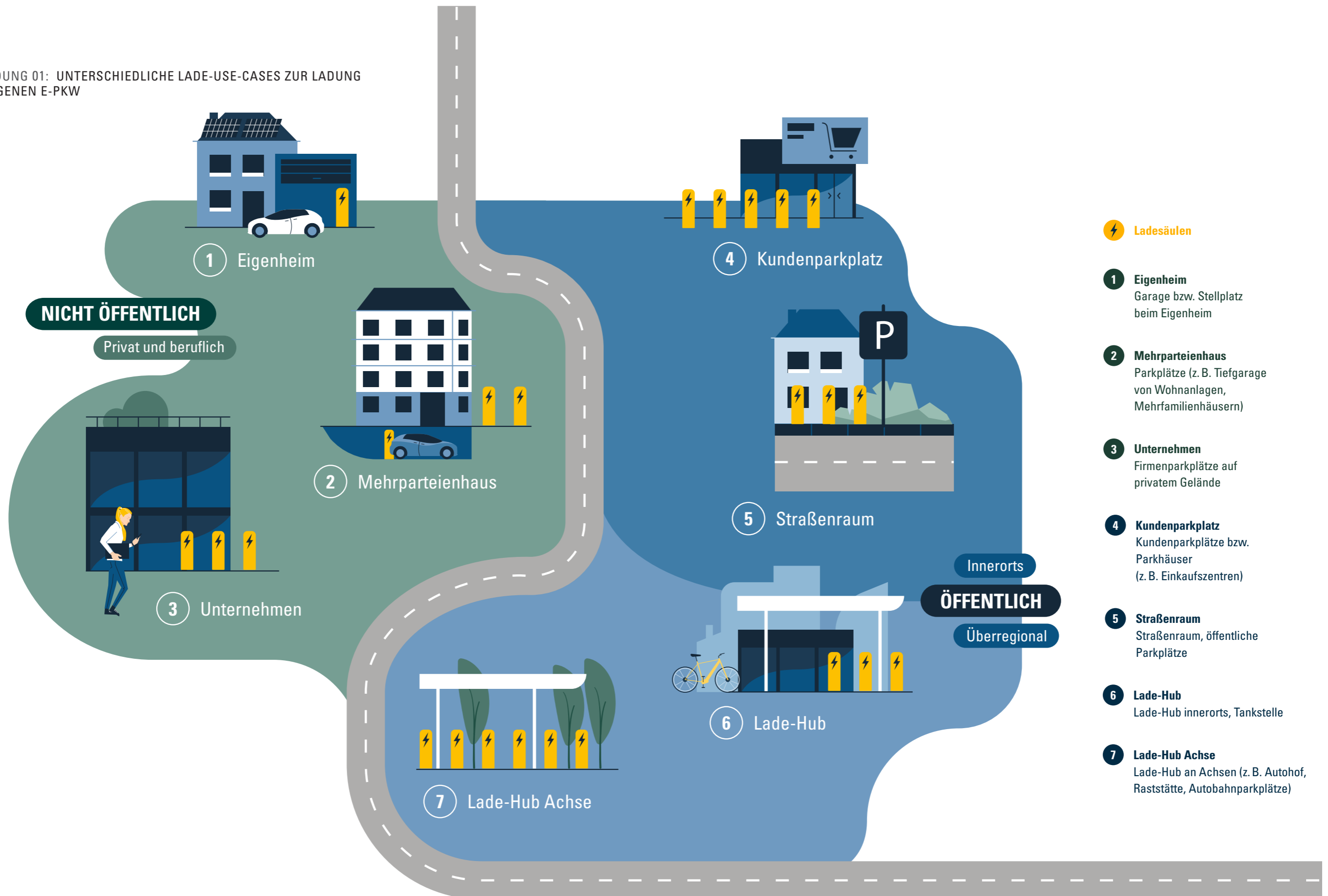
03

04

05

06

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



02

Methodik der Studie

| | |
|--|-----------|
| 2.1 Datengrundlage und Einbindung in die Methodik | 19 |
| 2.1.1 Erstellung von Fahrprofilen | 19 |
| 2.1.2 Fahrzeugbestand und -verteilung in Deutschland | 21 |
| 2.1.3 Fahrzeughochlauf und -parameter | 22 |
| 2.1.4 Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur am Wohnort und im Unternehmen | 24 |
| 2.1.5 Lade-Use-Cases und Ladewahrscheinlichkeiten | 25 |
| 2.1.6 Ladeleistungen je Lade-Use-Case | 27 |
| 2.2 Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland | 28 |
| 2.2.1 Simulative Abbildung des Mobilitäts- sowie Ladeverhaltens | 28 |
| 2.2.2 Bestimmung des Bedarfs an Ladepunkten je Lade-Use-Case | 32 |
| 2.3 Untersuchte Szenarien | 34 |

02

Methodik der Studie

Vielfältige Parameter und Entwicklungen beeinflussen den künftigen Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland. Um diesen Bedarf zuverlässig bestimmen zu können und die wichtigsten Einflussfaktoren und ihren Zusammenhang zu ermitteln, bedarf es einer fundierten Methodik. Dieses Kapitel bietet einen Überblick zum Vorgehen und zu den in dieser Studie verwendeten Daten.

Die Grundlage der Simulation des Ladeverhaltens in dieser Studie bilden die vom BMDV beauftragte Erhebung „Mobilität in Deutschland“ (MiD) aus dem Jahr 2017 zum Mobilitätsverhalten sowie Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA, Stand 01.01.2023) zum Fahrzeugbestand. Aus diesen Daten lassen sich repräsentative Fahrprofile sowie die Aufteilung der Fahrzeuge nach Segment (z. B. Kleinwagen oder Mittelklasse) und Raumtyp (z. B. ländlich oder städtisch) ableiten. Auf Basis der Pkw-Fahrten aus dem Wegedatensatz der MiD-Erhebung wurden sogenannte synthetische Fahrprofile erzeugt. Diese wurden um Informationen aus dem Haushalts- und Fahrzeugdatensatz ergänzt. Hiermit wurden Tagesprofile auf Fahrzeugebene erstellt. Diese enthalten Informationen zu Zeitpunkt, Distanz und Zweck der täglichen Fahrt- und Parkvorgänge sowie Informationen zum Haushalt und Fahrzeug. Zur Simulation des Ladeverhaltens über einen längeren Zeitraum wurden die Tagesprofile miteinander verknüpft. Da das Mobilitätsverhalten in der Stadt und auf dem Land sowie mit unterschiedlichen Fahrzeugen verschieden ist, erfolgte für die Erzeugung spezifischer Fahrprofile eine Differenzierung zwischen Raumtyp und Fahrzeugklasse.

Die gewonnenen Informationen zum Fahrverhalten in Deutschland wurden im nächsten Schritt auf E-Pkw übertragen. Hierzu wurden zunächst der zukünftige Bestand (Hochlauf) sowie die spezifischen Charakteristika dieser Fahrzeuge (Ladeleistung, Batteriekapazität und Energieverbrauch) festgelegt. Anschließend wurden die spezifischen Charakteristika des Ladeverhaltens mit E-Pkw abgebildet. Zentrale Einflussgrößen waren hierbei die Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur sowohl zu Hause als auch im Unternehmen sowie die Ladewahrscheinlichkeit und -geschwindigkeit für die verschiedenen Lade-Use-Cases.

Mithilfe des auf dieser Grundlage entwickelten Modells erfolgte die Ermittlung des Fahr- und Ladeverhaltens aller Nutzerinnen und Nutzer von E-Pkw für die Jahre 2025 bis 2030 und für das Jahr 2035. Zudem wurden einzelne Bedingungen bzw. Parameter über fünf verschiedene Szenarien variiert, um die Dynamik des E-Mobilitäts-Marktes bestmöglich darzustellen. Neben dem Referenzszenario gibt es Szenarien, welche die Situation dahingehend betrachten, dass der Aufbau nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur stärker oder weniger stark priorisiert wird. Darüber hinaus zielen die weiteren zwei Szenarien auf eine stärkere Digitalisierung und mehr HPC-Ladeinfrastruktur ab. In der Studie werden außerdem sogenannte Sensitivitätsanalysen durchgeführt, die es ermöglichen, spezifische Einflüsse auf die Dimensionierung von Ladeinfrastruktur abzuschätzen.

Die Ergebnisse der Simulation wurden abschließend nach verschiedenen Kriterien ausgewertet, insbesondere nach der Anzahl der Ladepunkte, der installierten Ladeleistung sowie der verladenen Energiemenge. Eine Zusammenfassung des methodischen Vorgehens ist Abbildung 02 zu entnehmen.



Siehe Abbildung 02, S. 18

01

02

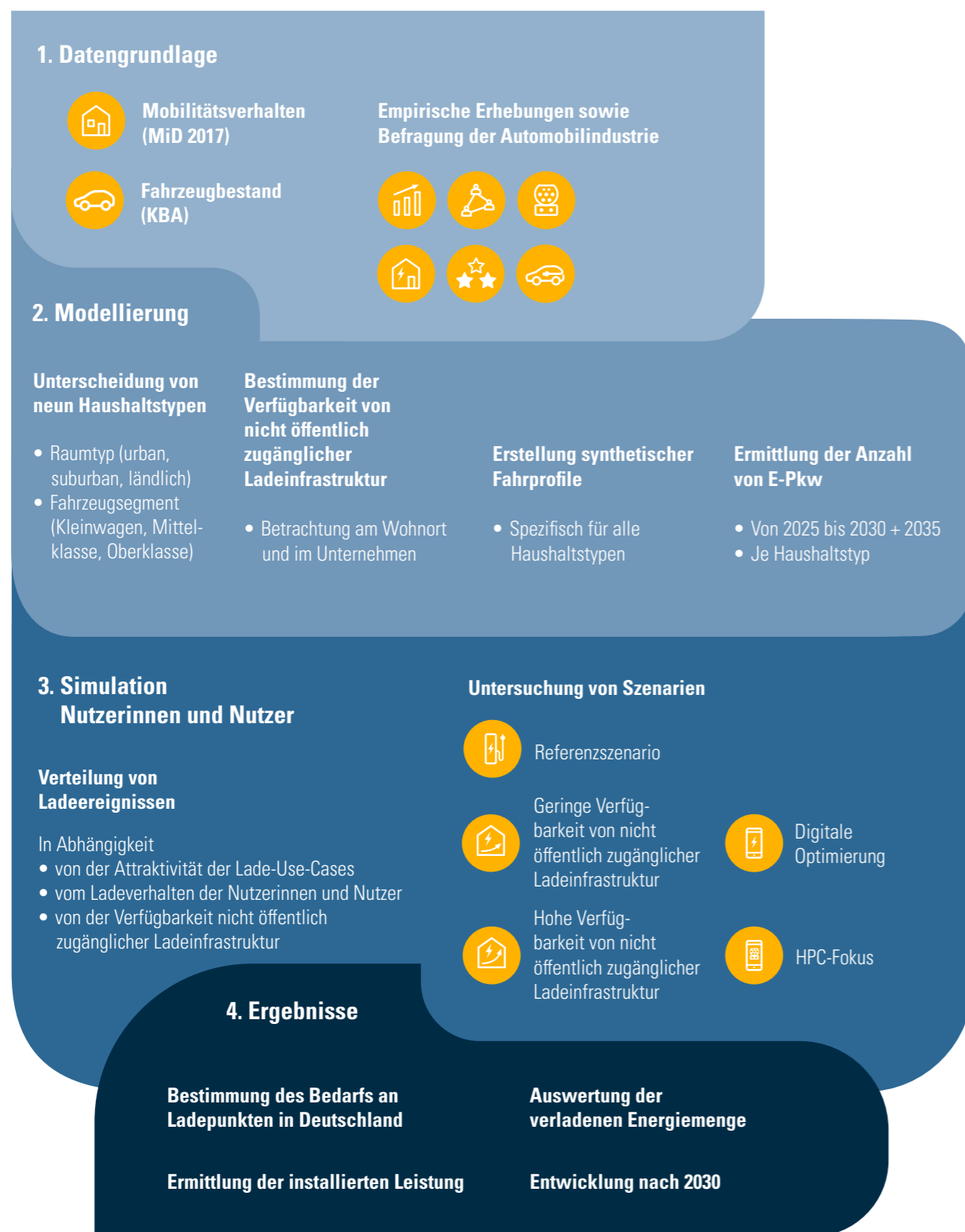
03

04

05

06

ABBILDUNG 02: DAS METHODISCHE VORGEHEN DER STUDIE



2.1 Datengrundlage und Einbindung in die Methodik

Um den zukünftigen Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland zu bestimmen, sollen im Rahmen dieser Studie die Entwicklungen realitätsnah abgebildet werden. Für eine entsprechende Simulation sind vielfältige Daten und Annahmen zu Ladeinfrastruktur, Fahrzeugen und Mobilitätsverhalten erforderlich. Das vorliegende Kapitel beschreibt daher detailliert die grundlegenden Daten und Annahmen sowie deren Einbindung in die Methodik. In Kapitel 2.1.1 werden die methodischen Grundlagen zum Fahrverhalten in Deutschland dargestellt und es wird erläutert, wie die synthetischen Fahrprofile erzeugt wurden. Kapitel 2.1.2 beschreibt die Verteilung des Fahrzeugbestands auf Raumtypen und Fahrzeugsegmente. Danach wird auf die Prognose der zukünftigen Entwicklung des Fahrzeugbestands und der technischen Eigenschaften von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und Plug-in-Hybrid-Pkw (PHEV) bis zum Jahr 2030 (Kapitel 2.1.3) eingegangen. Abschließend werden die Annahmen zur Abbildung des Ladeverhaltens dargestellt (Kapitel 2.1.4, 2.1.5 & 2.1.6).

2.1.1 Erstellung von Fahrprofilen

Zentrale Datengrundlage, um das Fahrverhalten in Deutschland abzubilden, ist die Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD)⁶. Im Rahmen der Umfrage wurden 156.420 Haushalte zu ihrem Mobilitätsverhalten jeweils an einem bestimmten Stichtag befragt. Aus den Befragungen resultierten Aufzeichnungen zu insgesamt rund 440.000 Pkw-Fahrten, deren Daten in die vorliegende Studie eingeflossen sind. Zu jeder Fahrt liegen Angaben über den Wochentag, den Zweck der Fahrt, die zurückgelegte Entfernung, die Start- und Ankunftszeit sowie die Aufenthaltsdauer am Zielort zusammen mit Haushaltsangaben unter anderem zu der Zahl der Personen und der Autos, zu dem Wohnort und der Pkw-Klasse vor.

01

02 |

03

04

05

06



Siehe Kapitel 2.1.2, S. 21



Siehe Kapitel 2.1.3, S. 22; siehe Kapitel 2.1.4–2.1.6, ab S. 24



⁶ infas, DLR, IVT und infas 360 (2018)

Um das Mobilitätsverhalten einzelner E-Pkw zu simulieren, wurden aus den MiD-Daten synthetische dreimonatige Fahrprofile erstellt. Da Haushalte nur zu einem bestimmten Stichtag befragt wurden, setzt sich jedes der synthetischen Fahrprofile der Studie aus den Daten unterschiedlicher Haushalte zusammen. Für jeden Wochentag wurde entsprechend der jeweiligen Personengruppe zufällig ein Haushalt ausgewählt und die Fahrten einer Person des Haushalts in das Fahrprofil übertragen. Wenn in einem Haushalt am Stichtag keine Person eine Fahrt antritt, wurde dies im Fahrprofil berücksichtigt und dort als ein sogenannter Leertag (Tag ohne Fahrten) angeführt. Um eine repräsentative Auswahl an Haushalts- bzw. Personengruppen zu gewährleisten, wurden diese mit einer Gewichtung versehen. Die Gewichtung beschreibt, wie repräsentativ ein Haushalt aus der Erhebung im Verhältnis zum Gesamtbild aller Haushalte in Deutschland ist.

Da sich das Fahrverhalten in unterschiedlichen Raumtypen (z. B. ländlich oder städtisch) und je nach verfügbarem Fahrzeug (z. B. Kleinwagen oder Oberklasse) unterscheidet, wurde in der Untersuchung eine Differenzierung vorgenommen. So wurden die Haushalte anhand der regionalstatistischen Raumtypologie RegioStaR 7 in drei Raumtypen unterteilt (siehe Tabelle 01) und drei Fahrzeugsegmenten zugeordnet: Kleinwagen, Mittelklasse und Oberklasse (vgl. Kapitel 2.1.2).



Siehe Kapitel 2.1.2, S. 21

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 |

2.1.2 Fahrzeugbestand und -verteilung in Deutschland

Mithilfe der Zulassungszahlen des KBA erfolgte die Aufteilung des Pkw-Bestandes in den Fahrzeugsegmenten Kleinwagen, Mittelklasse und Oberklasse auf die drei oben genannten Raumtypen. Für die Studie wird dabei angenommen, dass sich die räumliche Verteilung aller Fahrzeuge in Deutschland im Betrachtungszeitraum nicht ändert.

In Deutschland waren laut KBA am 01.01.2023 insgesamt 48.570.161 Pkw zugelassen. Das KBA differenziert dabei die Pkw-Bestandszahlen nach 14 Fahrzeugsegmenten. Innerhalb des in dieser Untersuchung definierten Fahrzeugsegments „Kleinwagen“ werden die KBA-Fahrzeugsegmente Kleinwagen und Mini zusammengefasst. Die „Mittelklasse“ dieser Studie umfasst die KBA-Fahrzeugsegmente Mittelklasse, Kompaktklasse, Mini-Van und Sonstige. In die „Oberklasse“ fallen die KBA-Fahrzeugsegmente obere Mittelklasse, Geländewagen, Großraum-Van, Oberklasse, SUV, Sportwagen, Utilities sowie Wohnwagen. Die Verteilung der Fahrzeugklassen auf die drei Raumtypen kann dem Anhang A1 entnommen werden.

Somit waren neun repräsentative Raumtyp-Fahrzeugsegment-Kombinationen („Haushaltstypen“) möglich, die sich in Bezug auf ihren Raumtyp (urban, suburban, ländlich) und das Segment der verfügbaren Pkw im Haushalt (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) unterscheiden. Auf Basis dieser Einteilung wurden innerhalb jeder Kombination 10.000 synthetische Wochenprofile erzeugt (insgesamt 90.000). Diese bilden die zentrale Grundlage für die Bildung der Fahrprofile und die darauf aufbauende Simulation in der vorliegenden Studie.



Siehe Anhang A1, S. 80

2.1.3 Fahrzeughochlauf und -parameter

Die bisher erläuterten Daten beziehen sich auf den Gesamtbestand an Pkw in Deutschland, der aktuell zu einem Großteil aus klassischen Verbrennerfahrzeugen besteht. Da im Rahmen der Studie das Ladeverhalten von E-Pkw untersucht werden soll, gilt es, die in Zukunft zu erwartende Entwicklung des Bestands an E-Pkw in Deutschland verlässlich einzuschätzen. Dazu wurden erstmals im Jahr 2020 mit den größeren in Deutschland aktiven Automobilherstellern (Original Equipment Manufacturer, OEM) kartellrechtskonforme Gespräche zu den von ihnen erwarteten Absatzzahlen geführt und diesbezüglich Daten abgefragt. Im Rahmen einer neuen Herstellerbefragung Ende 2022/Anfang 2023 haben die OEMs ihre Einschätzung über die künftigen Absatzzahlen aktualisiert.⁷ Die teilnehmenden OEMs decken ca. 80 Prozent des deutschen Pkw-Marktes ab.



⁷ NOW (2024)



Die Daten der Hersteller spiegeln deren Langfristprognose wider. Gewisse Effekte zeigen hierbei kurzfristige Wirkungen (beispielsweise Absatzzahlen durch Auslaufen von Förderung), sollten aber für die Langfristprognosen relativ gering in ihrer Auswirkung sein.

Die so ermittelten Angaben zu den prognostizierten Verkaufszahlen der OEMs bis einschließlich 2030 wurden jahresweise und aufgeteilt auf Fahrzeugsegmente an die Leitstelle übermittelt und von 80 Prozent Marktanteil auf 100 Prozent projiziert. Anschließend wurden diese Angaben mithilfe eines Hochlaufmodells geglättet und um die zu erwartende sogenannte Ausflottung ergänzt. Die Ausflottung beschreibt, wie viele ältere Fahrzeuge im Laufe der Zeit den Markt wieder verlassen. Mit den so verarbeiteten Daten wurde der zukünftige Bestand an E-Pkw bis 2030 prognostiziert.

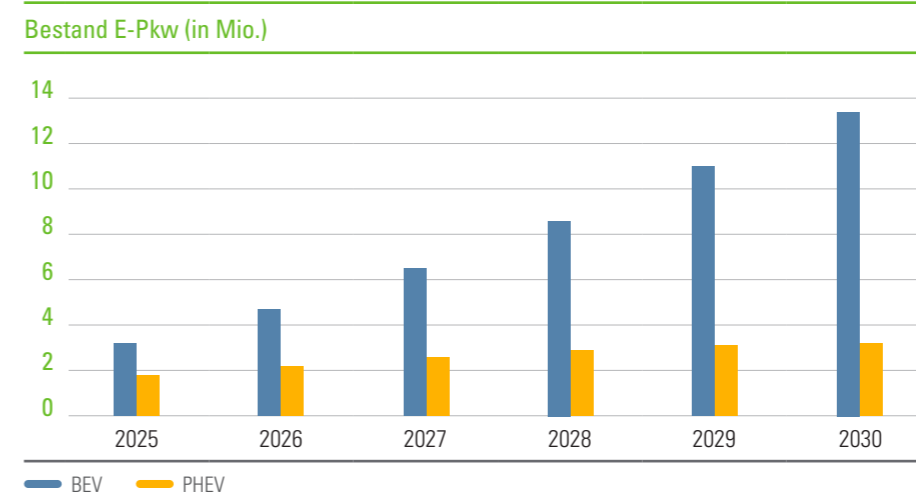


Siehe Abbildung 03, S. 23

Im Ergebnis wird für das Jahr 2030 mit einem Gesamtbestand von ca. 17 Mio. E-Pkw gerechnet (ca. 13,4 Mio. BEV und 3,2 Mio. PHEV, Abbildung 03). Der zeitliche Verlauf der Prognose macht deutlich, dass der Anteil der PHEV an den neu zugelassenen E-Pkw immer geringer wird, während der Anteil der BEV stark wächst.

Neben Informationen zu den erwarteten Absatzzahlen wurden die Automobilhersteller auch um Angaben zu technischen Eigenschaften der neuen Fahrzeuge (Ladeleistung, Batteriekapazität, Energieverbrauch) gebeten. Diese sind notwendig, um im Rahmen der vorliegenden Studie das zu erwartende Ladeverhalten korrekt abbilden zu können.

ABBILDUNG 03: PROGNOSTIZIERTER BESTAND AN E-PKW VON 2025 BIS 2030 AUF GRUNDLAGE DER HERSTELLERBEFRAGUNG E-PKW 2024



Auch hier wurden die Herstellerangaben jahresweise den drei Fahrzeugsegmenten zugeordnet und auf den E-Fahrzeug-Bestand übertragen. Da die Realverbräuche von Fahrzeugen zum Teil deutlich über denen der Herstellerangaben liegen (insbesondere bei Autobahnfahrten), wurden die Werte entsprechend angepasst und erhöht. Grundlage für den im Rahmen dieser Studie angenommenen Mehrverbrauch von 50 Prozent auf Langstreckenfahrten und 6 Prozent bei allen anderen Fahrten bilden Praxisdaten.⁸



⁸ ICCT (2021)

Im Ergebnis wird deutlich, wie viele E-Pkw in Zukunft in den Regionen vorhanden sein und welche spezifischen Fahrzeugcharakteristika sie aufweisen werden.

2.1.4 Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur am Wohnort und im Unternehmen



Siehe Abbildung 01, S. 12

Der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur wird maßgeblich davon beeinflusst, wie viele Ladevorgänge nicht öffentlich stattfinden werden. Dazu zählt das Laden zu Hause und im Unternehmen (vgl. Abbildung 01).



⁴ UScale (2022);
⁹ dena (2020);
¹⁰ KfW (2020);
¹¹ Fraunhofer ISI (2022);
¹² NPM (2020)

Um den aktuellen Anteil an E-Pkw mit privater Lademöglichkeit zu Hause zu ermitteln, wurden verschiedene z. T. regelmäßige Befragungen und Studien herangezogen.^{4,9-12} Diese zeigen, dass der Anteil des Ladens zu Hause momentan noch vergleichsweise hoch ist und mit zunehmendem Grad der Elektrifizierung des Verkehrs zurückgehen wird. Für das Jahr 2023 wird im Rahmen dieser Studie ein Heimpladeanteil zwischen 70 und 74 Prozent angenommen (je nach Szenario). Die dena-Studie⁹ liefert einen wichtigen Referenzwert zur Ermittlung des zukünftigen Anteils an E-Pkw mit privaten Lademöglichkeiten zu Hause: Sie ermittelt die in Zukunft theoretisch mögliche Anzahl der privat verfügbaren Stellplätze in Deutschland, die elektrifiziert werden können. Darauf basierend wird im Rahmen dieser Studie für das Jahr 2030 ein Anteil von E-Pkw mit Heimplademöglichkeit zwischen 50 und 70 Prozent (je nach Szenario) angenommen. Entsprechend der Verfügbarkeit von privaten Parkflächen erfolgt darüber hinaus eine Differenzierung je Raumtyp.



⁴ UScale (2022);
¹³ DLR (2022);
¹⁴ Leitstelle (2024)

Um zu bestimmen, wie viele E-Pkw-Nutzerinnen und -Nutzer heute im Unternehmen laden können, wurden ebenfalls verschiedene Befragungen und Studien sowie eigene Erhebungen herangezogen.^{4,13,14} Das Ergebnis zeigt, dass im Jahr 2022 ca. 30 Prozent der E-Pkw-Fahrerinnen und -Fahrer im Unternehmen laden konnten. Um die künftige Entwicklung abschätzen zu können, muss unter anderem bekannt sein, wie viele Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer Parkmöglichkeiten in ihrem Unternehmen haben. Laut einer Umfrage¹⁵ konnten 46 Prozent der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer im Jahr 2016 am Arbeitsplatz parken. Für die vorliegende Studie wurde deshalb ein Anteil von 50 Prozent angenommen. Darüber hinaus wurde davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2035 alle Unternehmen, die über Parkflächen für ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verfügen, auch Ladeinfrastruktur anbieten.



¹⁵ Statista (2016)

Im Anhang A2 sind die Ergebnisse zur Abschätzung des Anteils von E-Pkw mit nicht öffentlicher Lademöglichkeit zu Hause und im Unternehmen tabellarisch dargestellt.

2.1.5 Lade-Use-Cases und Ladewahrscheinlichkeiten

Um abzubilden, wie wahrscheinlich ein Ladevorgang an einem bestimmten Zielort und zu einem bestimmten Zeitpunkt im Studienmodell ist, werden den Wegezwecken aus den MiD-Daten ein oder mehrere Lade-Use-Cases zugeordnet (Tabelle 02). Die Lade-Use-Cases beschreiben den Ort des Ladens, sie sind in sieben verschiedene Anwendungsfälle unterteilt (siehe Abbildung 01): zu Hause (1+2), Unternehmen (3), Kundenparkplatz (4), Straßenraum (5), Lade-Hub (6), Lade-Hub Achse (7). Beispiel: Ist im Fahrprofil eine Pkw-Fahrt zum Ziel „Einkaufen“ hinterlegt, so wird der Lade-Use-Case „Kundenparkplatz“ zugeordnet.

Wenn die Zuordnung zu einem Lade-Use-Case nicht eindeutig ist, wird während der Simulation über die Zuordnung entschieden: Für die Wegezwecke 5 (private Erledigungen) und 7 (Freizeitaktivitäten) erfolgt die Zuordnung anhand der genauen Wegezwecke (diese Aufteilung findet sich in Anhang A3 und A4), für die Wegezwecke 1 (Erreichen des Arbeitsplatzes) und 8 (nach Hause) erfolgt die Zuordnung auf Grundlage der Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur (vgl. Kapitel 2.1.4).

Die Betankung des eigenen Pkw mit Benzin oder Dieselmotorkraftstoff (Fahrweg zur Tankstelle) ist in den MiD-Daten nicht als separater Wegezweck ausgewiesen. Deshalb werden in dieser Studie in Bezug auf die E-Mobilität folgende Annahmen getroffen: Der Lade-Use-Case 6 (Lade-Hub) kann bei jedem Wegezweck eintreten und ist daher in Tabelle 02 nicht aufgeführt. Auch das Laden am Lade-Hub Achse (Lade-Use-Case 7) ist nicht in der Tabelle enthalten – hier erfolgt eine Auslösung während der Simulation auf Grundlage des Ladebedarfs auf der Langstrecke (vgl. Kapitel 2.2.1).



Siehe Anhang A2, S. 80



Siehe Tabelle 02, S. 26;
siehe Abbildung 01, S. 12



Siehe Anhang A3, S. 81
und Anhang A4, S. 82;
siehe Kapitel 2.1.4, S. 24



Siehe Tabelle 02, S. 26



Siehe Kapitel 2.2.1, S. 28

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

| Wegezweck der MiD | Beschreibung des Wegezwecks | Zugeordneter Lade-Use-Case | Anteil an allen Wegen in % |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | Erreichen des Arbeitsplatzes | 3 5 | 9,8 % |
| 2 | Dienstlich/geschäftlich | 5 | 2,8 % |
| 3 | Erreichen der Ausbildungsstätte | 5 | 1,5 % |
| 4 | Einkauf | 4 | 12,0 % |
| 5 | Private Erledigungen | 4 5 | 10,7 % |
| 6 | Bringen/Holen/Begleiten von Personen | 4 | 6,5 % |
| 7 | Freizeitaktivitäten | 4 5 | 14,3 % |
| 8 | Nach Hause | 1 2 5 | 39,0 % |
| 9 | Rückweg | 1 2 5 | 1,1 % |
| 10 | Anderer Wegezweck | 5 | 2,3 % |

Ob an einem der sieben Lade-Use-Cases tatsächlich auch geladen wird oder nicht, wurde im Rahmen der Studie mit Wahrscheinlichkeiten für ein Ladeereignis dargestellt. Diese hängen unter anderem davon ab, ob die jeweiligen Nutzerinnen oder Nutzer die Möglichkeit haben, zu Hause bzw. im Unternehmen zu laden (siehe Anhang A5). Beispiel: Ist das Laden zu Hause möglich, dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass dort geladen wird, sehr hoch. Die anderen Lade-Use-Cases sind entsprechend weniger attraktiv. Besteht dagegen keine Möglichkeit, private Ladeinfrastruktur zu Hause zu nutzen, ist das öffentliche Laden entsprechend attraktiver.



Siehe Anhang A5, S. 83



¹⁴ Leitstelle (2024)
⁴ UScale (2022);

Zur Abschätzung der Ladepräferenzen von Personen, die über Ladeinfrastruktur zu Hause verfügen, wurden eigene Erhebungen¹⁴ als Hauptdatengrundlage genutzt. Für den Fall, dass keine private Ladeinfrastruktur zur Verfügung steht, wurden die Ladewahrscheinlichkeiten anhand von Befragungen⁴ zur verladenen Energiemenge an den jeweiligen Lade-Use-Cases abgeleitet.

2.1.6 Ladeleistungen je Lade-Use-Case

Es werden je Lade-Use-Case unterschiedliche Ladeleistungen der Ladeinfrastruktur angenommen. Bei den Lade-Use-Cases 1–3 ist die jeweilige maximale Ladeleistung für alle Ladevorgänge konstant. Für die Lade-Use-Cases 4–7 werden verschiedene maximale Ladeleistungen angenommen. Die Verteilung der Ladeleistung nach Lade-Use-Case wurde auf Basis einer detaillierten Auswertung von Daten der Bundesnetzagentur (BNetzA) und Daten der Plattform zur Online-Berichterstattung Ladeinfrastruktur (OBELIS) entwickelt. Die in Tabelle 03 dargestellte Verteilung der Ladeleistungen je Lade-Use-Case wird für die Simulation bei den Szenarien 1–4 verwendet. Im Rahmen der Simulation kommt es zusätzlich zu einer Lade-Use-Case-spezifischen Reduktion der installierten Ladeleistung aufgrund des Gleichzeitigkeitsfaktors.



OBELIS liefert dabei Daten zu Ladepunkten, die im Rahmen der Förderprogramme des BMDV gefördert wurden. In Szenario 5 wird eine veränderte Verteilung hin zu mehr HPC-Ladeinfrastruktur angenommen (siehe Kapitel 2.3).

TABELLE 03: LADELEISTUNG DER LADEINFRASTRUKTUR AN DEN LADE-USE-CASES FÜR DIE SZENARIEN 1–4

| | Nicht öffentlich zugänglich | | | Öffentlich zugänglich | | |
|------------|-----------------------------|-------------|-----------------|-----------------------|----------|----------------|
| | Zu Hause | Unternehmen | Kundenparkplatz | Straßenraum | Lade-Hub | Lade-Hub Achse |
| 11 kW | 100 % | – | – | – | – | – |
| 22 kW | – | 100 % | 84 % | 96 % | – | – |
| 50 kW | – | – | 16 % | 4 % | – | – |
| 150 kW | – | – | – | – | 43 % | 5 % |
| 250 kW | – | – | – | – | 54 % | 75 % |
| 350 kW | – | – | – | – | 3 % | 20 % |
| Mittelwert | 11 kW | 22 kW | 27 kW | 23 kW | 210 kW | 265 kW |

2.2 Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur in Deutschland



Siehe Kapitel 2.2.2, S. 32

Nach der Darstellung der Datengrundlage und der Annahmen für die Simulation im vorherigen Kapitel liegt der Fokus im folgenden Kapitel 2.2.1 auf der konkreten Modellierung des Fahr- und Ladeverhaltens. Kapitel 2.2.2 stellt anschließend die Ermittlung des daraus resultierenden Bedarfs an Ladeinfrastruktur dar.

2.2.1 Simulative Abbildung des Mobilitäts- sowie Ladeverhaltens



SimBEV kann unter folgendem Link abgerufen werden: github.com/rl-institut/simbev. Die Erstellung der Fahrprofile wurde dabei im Rahmen der Studie hinsichtlich der Reproduzierbarkeit kohärenter Fahrprofile, die die deutschlandweite Verteilung abbilden, adaptiert.

Für die simulative Abbildung und Ermittlung der relevanten Größen wurde das vom RLI entwickelte Open-Source-Tool SimBEV in der Version 2.0 genutzt, das über GitHub zur Verfügung steht und auf Grundlage der MIT-Lizenz verwendet und verändert werden kann.

Um das Mobilitätsverhalten aller Haushalte mit E-Pkw abzubilden, werden die Daten der MiD-Umfrage sowie die des KBA und der jährliche Bestand an E-Pkw in Deutschland zusammengeführt. Der Bestand legt fest, wie viele E-Pkw pro Fahrzeugsegment (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) zugelassen sind und welche Antriebs- und Technologieoptionen sie aufweisen. Aufgrund des Fahrzeugsegments und der technischen Parameter ergeben sich für das gleiche Mobilitätsverhalten unterschiedliche Anforderungen an die Ladeinfrastruktur.

Jedem prognostizierten E-Pkw (BEV und PHEV) werden nun bestimmte Eigenschaften zugewiesen:

- **Raumtyp:** urban, suburban oder ländlich
- **Fahrzeugklasse:** Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse (entsprechend dieser Zuordnung weist das Fahrzeug spezifische Charakteristika bzgl. Ladeleistung, Batteriegröße und Energieverbrauch auf)

- **Fahrprofil:** ein einzigartiges synthetisches Fahrprofil (entsprechend der Region und Fahrzeugklasse)
- **Zu Hause laden möglich:** ja/nein (entsprechend Wahrscheinlichkeit aus 2.1.4)
- **Im Unternehmen laden möglich:** ja/nein (entsprechend Wahrscheinlichkeit aus 2.1.4)

Jedes Fahrzeug durchläuft im Rahmen der Simulation das ihm zugewiesene Fahrprofil und erzeugt in Abhängigkeit von dem Ladeverhalten der Nutzerinnen und Nutzer sowie weiteren Randbedingungen während bestimmter Fahrten einen oder mehrere Ladevorgänge. Dabei wird für jedes Fahrzeug der Verlauf des Ladezustands der Batterie (State of Charge, SoC) fortgeschrieben und für jeden Ladevorgang der Zeitpunkt (Zeitstempel) und der Lade-Use-Case festgehalten. Der Simulationslauf erfolgt dabei in einem Zeitraster von 15 Minuten. Die Auswertung dieser Simulationsdaten wird im Folgekapitel 2.2.2 beschrieben.

In der Simulation wird das nicht öffentliche Laden als beste Ladeoption priorisiert. Jedes Fahrzeug wird nach Möglichkeit nur durch nicht öffentliches Laden mit Energie versorgt. Wenn dies nicht oder nur teilweise für die zurückgelegten Wege umsetzbar ist, wird öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur als Option zur Ladung des E-Pkw herangezogen.

Für jedes Parkereignis wird eine Wahrscheinlichkeit für das Auslösen eines Ladevorgangs bestimmt. Diese Wahrscheinlichkeiten werden durch die folgenden Randbedingungen beeinflusst:

Attraktivität eines Lade-Use-Cases: Wie attraktiv ein Lade-Use-Case ist, hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, dass ein Ladevorgang stattfindet. Eine höhere Attraktivität führt dazu, dass ein Ladevorgang im entsprechenden Lade-Use-Case wahrscheinlicher ist (vgl. Kapitel 2.1.5, Anhang A5).



Siehe Kapitel 2.2.2, S. 32



Siehe Kapitel 2.1.5, S. 25; siehe Anhang A5, S. 83

Mindestenergiemenge: Für jeden Lade-Use-Case wird eine spezifische Mindestenergiemenge festgelegt. Diese beschreibt die minimale Energie, die bei einem Ladevorgang verladen werden muss, damit ein Ladeereignis eintreten kann.

Ladeschwelle: Wenn der Ladezustand der Batterie (SoC) am Ende einer Fahrt einen Wert von 80 Prozent (Ladeschwelle) überschreitet, dann wird an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur kein Ladevorgang gestartet. Die Ladeschwelle spielt hierbei lediglich bei der Ankunft eine Rolle, während eines Ladevorgangs kann die Batterie über diese Schwelle hinaus aufgeladen werden.

Distanz eines Weges: Ist die Länge einer Fahrt größer als 100 km, so wird eine Fahrt dem Fernverkehr zugeordnet. Im Falle einer Zwischenladung handelt es sich hier um „HPC-Zwischenladungen“, die dem Lade-Use-Case 7 zugeordnet werden und somit Verkehrsachsen und Bundesautobahnen umfassen. Aufgrund der erhöhten Durchschnittsgeschwindigkeit auf Langstreckenfahrten und des damit verbundenen steigenden Energiebedarfs wird der Verbrauch bei diesen Fahrten um 50 Prozent gegenüber den Herstellerangaben erhöht (vgl. Kapitel 2.1.3). Beträgt die Distanz einer Strecke 100 km oder weniger, werden HPC-Zwischenladungen dem Lade-Use-Case 6 zugeordnet.



Siehe Kapitel 2.1.3, S. 22



Siehe Kapitel 2.1.5, S. 25

PHEV: PHEV müssen nicht zwingend laden, wenn die Batterie leer ist. In diesem Fall fährt das PHEV unter Nutzung des Verbrennungsmotors weiter. Erst wenn eine Lademöglichkeit als attraktiv genug (vgl. Kapitel 2.1.5) eingeschätzt wird, wird auch ein Ladevorgang gestartet.

HPC-Ladevorgänge: Das Laden mit Leistungen über 150 kW kann in zwei Kategorien eingeteilt werden: (1) HPC-Zwischenladen und (2) HPC an Zielorten. Fahrten, bei denen die Energiemenge des Akkus nicht ausreicht, um das Ziel zu erreichen, werden durch den Einsatz von HPC-Zwischenladungen ermöglicht. Diese Kategorie ist BEV vorbehalten. PHEV setzen ihre Fahrt durch die zuvor erwähnte Nutzung des Verbrennungsmotors fort. Der Zielladezustand einer HPC-Zwischenladung liegt zwischen 80 und 95 Prozent.

Das HPC-Laden an Zielorten hängt von drei Faktoren ab. Zunächst muss der SoC am Ankunftsort einer Fahrt unter einer Schwelle von 40 Prozent liegen, um ein HPC-Event möglich zu machen. Zudem muss die Attraktivität hoch genug sein und die zu verladene Energiemenge über der Mindestenergiemenge liegen. Sind die Bedingungen erfüllt, wird ein HPC-Ladevorgang initiiert. Erfolgen HPC-Ladevorgänge an den Lade-Use-Cases 4 und 5, so werden diese für die Auswertung nachträglich dem Lade-Use-Case 6 (Lade-Hub) zugeordnet.

Ladekurve: Es wird eine Ladekurve berücksichtigt, welche die Abhängigkeit von Ladeleistung und SoC beschreibt. So werden realistische dynamische Ladevorgänge abgebildet. Die maximale Ladeleistung liegt bei etwa 30 Prozent SoC und nimmt bis 100 Prozent SoC stetig ab. Bei hohen Ladezuständen wird die Ladeleistung deutlich gedrosselt. Es ist zu beachten, dass hierbei die Ladekurve nicht nach Fahrzeugklasse differenziert wird, sondern für alle Fahrzeuge gleich ist. Die Ladekurve wird auf die Nennladeleistung eines Fahrzeugs bezogen.

Standzeitbegrenzung: Im öffentlichen Raum geht das Laden oft mit einer Parkzeitbegrenzung einher. So wird verhindert, dass Ladepunkte dauerhaft blockiert werden. Ladevorgänge können nur starten, wenn die Standzeit eines Fahrzeugs innerhalb einer definierten Standzeitbegrenzung liegt. Diese Standzeitbegrenzung wurde aufgrund der nicht flächendeckenden Erhebung von Blockiergebühren der Betreiber auf zwölf Stunden gesetzt.

Die Simulationen werden für jedes Jahr von 2025 bis 2030 und für 2035 separat durchgeführt. Im Ergebnis steht nun eine Auflistung aller Ladevorgänge aller E-Pkw (mit Ladezeitpunkt, Lade-Use-Case, maximal verfügbarer Ladeleistung, verladener Energiemenge) im Betrachtungszeitraum zur Verfügung, die anschließend ausgewertet werden kann.

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



Der Bedarf an installierter Ladeleistung berechnet sich aus dem ermittelten Bedarf an Ladepunkten und der durchschnittlichen Ladeleistung am Ladepunkt je Lade-Use-Case.



Siehe Zusammenfassung, S. 6

Der Bedarf an Ladepunkten und an zu installierender Ladeleistung je Lade-Use-Case in Deutschland wird auf Basis der im Modell berechneten Ladevorgänge bestimmt. Der Ladepunktbedarf wird dabei grundsätzlich an der im Rahmen der Simulation ermittelten maximal gleichzeitig belegten Anzahl von Ladepunkten je Lade-Use-Case festgestellt. Aufgrund des Modellaufbaus, der den Fokus auf eine deutschlandweite Analyse setzt, können Ladepunkte nur einzelnen Lade-Use-Cases zugeordnet, nicht jedoch geografisch verteilt werden (siehe Zusammenfassung).

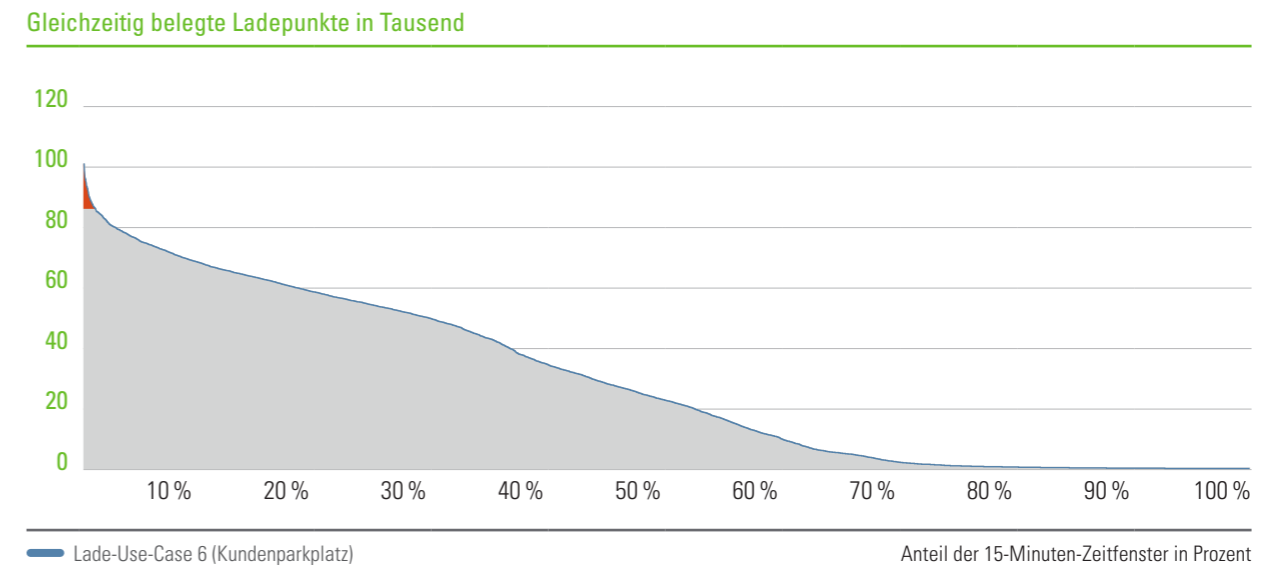
Bei der Auswertung der Ladevorgänge muss berücksichtigt werden, dass die Probandinnen und Probanden bei Stichtagserhebungen, wie der hier zugrunde liegenden MiD-Studie, gerundete Ankunftszeiten für einen Weg angeben. Durch diese Angabep Praxis konzentrieren sich Ladebedarfe stärker auf einzelne Zeitpunkte, als es in der Realität der Fall wäre. Deshalb wird der Bedarf an Ladepunkten in dieser Studie nicht über das absolute Maximum an gleichzeitig belegten Ladepunkten während der Simulationszeit bestimmt. Stattdessen wird ein gewisser Prozentsatz der höchsten Belegung gekappt.



Siehe Abbildung 04, S. 33

Abbildung 04 zeigt die gleichzeitige Belegung von Ladepunkten im Betrachtungszeitraum für Lade-Use-Case 4 im Jahr 2030 als Dauerlinie. Deutlich erkennbar ist, dass der Ladebedarf in einem Prozent der Fälle sehr hoch ist (markierter Bereich) und dass danach die Kurve abflacht. Der Bedarf an Ladepunkten in dieser Studie wird daher auf Basis des 99-Prozent-Quantils bestimmt, wodurch sich die Ladepunktzahl geringfügig reduziert (hier von 101.600 auf etwa 86.300 Ladepunkte).

ABBILDUNG 04: DAUERLINIE VON GLEICHZEITIG BELEGTEN LADEPUNKTEN IM BETRACHTUNGSZEITRAUM FÜR LADE-USE-CASE 4 IM JAHR 2030



01

02

03

04

05

06

2.3 Untersuchte Szenarien

Um Auswirkungen bestimmter Entwicklungen besser abschätzen zu können, wurden ein Referenzszenario und vier weitere Szenarien definiert und untersucht. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass der tatsächliche Bedarf an Ladeinfrastruktur in Deutschland von vielen Faktoren abhängt, deren weitere Entwicklung nicht vollends vorhersehbar ist. Es soll insbesondere untersucht werden, wie sich eine hohe oder geringe Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur auf den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur auswirkt. Außerdem steht im Fokus, welche Bedeutung eine erhöhte Auslastung der Ladepunkte im öffentlichen Raum in Kombination mit digitalen Angeboten zum besseren Umgang damit hat. Weiter wird untersucht, wie sich ein höherer Anteil an HPC-Ladeinfrastruktur auf den Ladeinfrastrukturbedarf insgesamt auswirkt.



Referenzszenario: Dieses Szenario stützt sich auf die Annahmen, die einen realistischen zukünftigen Zustand beschreiben. Es wird eine moderate Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur und kein besonderer Fokus auf HPC-Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2030 angenommen. Das Referenzszenario bildet den Vergleichsmaßstab für die vier weiteren Szenarien.



Geringe Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur: Hier wird davon ausgegangen, dass der Aufbau nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur durch bestehende Hindernisse am Wohnort und im Unternehmen erschwert wird. Im Vergleich zum Referenzszenario weist dieses Szenario im Jahr 2030 eine geringere Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur zu Hause (–10 Prozent) und im Unternehmen (–6 Prozent) auf.



Hohe Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur: In diesem Szenario wird untersucht, welche Auswirkungen ein beschleunigter Ausbau nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur auf die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur hat. Es wird angenommen, dass die Rahmenbedingungen für den Aufbau nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur verbessert werden und bestehende Hindernisse am Wohnort und im Unternehmen abgebaut werden. Im Vergleich zum Referenzszenario weist dieses Szenario im Jahr 2030 eine höhere Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur zu Hause (+10 Prozent) und im Unternehmen (+6 Prozent) auf.

Digitale Optimierung: Im Gegensatz zum Referenzszenario wird hier die Auslastung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur ab dem Jahr 2025 schrittweise bis zum Jahr 2030 erhöht. Bereits heute sind die Standzeiten an Ladepunkten teilweise reguliert. Es ist anzunehmen, dass sich das Ladeverhalten der Nutzerinnen und Nutzer in Zukunft durch Reservierungsfunktionen oder finanzielle Anreize verändert. Durch die gesteigerte Auslastung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur und die Vermeidung von Spitzenlasten sinkt der Schwellenwert zur Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur. Die Abdeckung der untersuchten 15-Minuten-Zeitfenster sinkt in 0,5-Prozent-Schritten vom 99-Prozent-Quantil im Jahr 2025 auf das 96,5-Prozent-Quantil im Jahr 2030.



HPC-Fokus: In diesem Szenario wird zusätzlich untersucht, wie sich eine intensive Nutzung von Lade-Hubs auf die Anzahl der erforderlichen öffentlich zugänglichen Ladepunkte auswirkt. Dabei wird angenommen, dass die Attraktivität am Lade-Use-Case 6 (Lade-Hub) um 50 Prozent steigt, während die Attraktivität am Lade-Use-Case 5 (Straßenraum) um 50 Prozent sinkt. Gleichzeitig erhöht sich der Anteil von HPC-Lademöglichkeiten auf Kundenparkplätzen (Lade-Use-Case 4) um 30 Prozent. Dies hat eine Umverteilung der Ladevorgänge von Lade-Use-Case 4 und 5 auf Lade-Use-Case 6 zur Folge.



01

02 |

03

04

05

06

03

Ergebnisdarstellung und Auswertung

| | |
|--|-----------|
| 3.1 Anzahl der benötigten Ladepunkte bis zum Jahr 2030 | 38 |
| 3.2 Installierte Ladeleistung je Lade-Use-Case | 41 |
| 3.3 Verladene Energiemenge je Lade-Use-Case sowie Ladepunkt | 44 |
| 3.4 Sensitivitätsanalyse | 47 |
| 3.5 Entwicklung nach 2030 | 49 |

03

Ergebnisdarstellung und Auswertung



Siehe Kapitel 3.1, S. 38;
siehe Kapitel 3.2, S. 41;
siehe Kapitel 3.3, S. 44;
siehe Kapitel 3.4, S. 47;
siehe Kapitel 3.5, S. 49

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt, um wesentliche Aspekte des Hochlaufs von Ladeinfrastruktur in Deutschland aufzuzeigen. Neben der Anzahl benötigter Ladepunkte (Kapitel 3.1) werden die installierte Ladeleistung (Kapitel 3.2) sowie die verladene Energiemenge (Kapitel 3.3) an den unterschiedlichen Lade-Use-Cases vorgestellt. Um die Sensitivität der Ergebnisse hinsichtlich der Veränderung ausgewählter Eingangsparameter zu untersuchen, wurde außerdem für das Jahr 2030 eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt (Kapitel 3.4). Abschließend erfolgt ein Ausblick über das Jahr 2030 hinaus, in dem die für das Jahr 2035 prognostizierten Entwicklungen aufgezeigt werden (Kapitel 3.5).

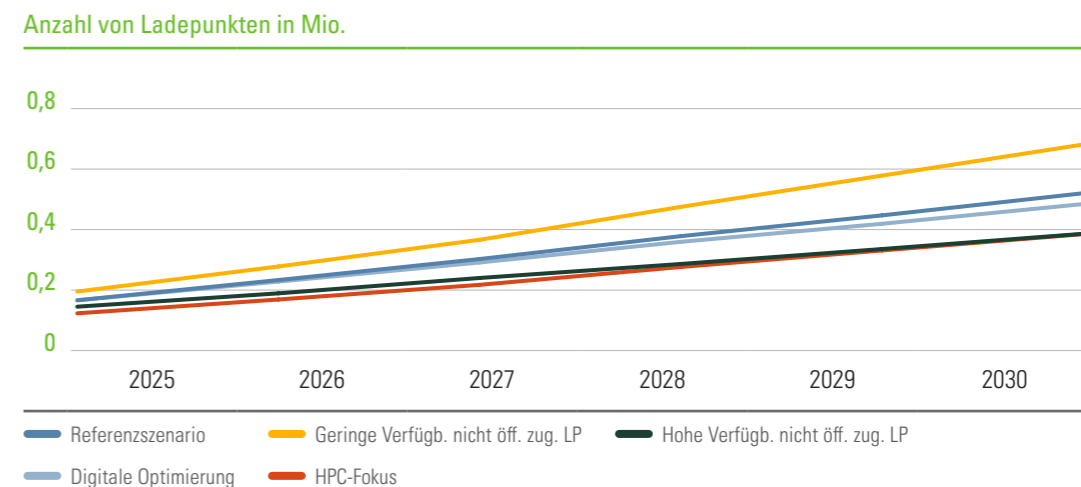
3.1 Anzahl der benötigten Ladepunkte bis zum Jahr 2030

Eine wichtige Kennzahl für die Planung von Ladeinfrastruktur in den kommenden Jahren ist die Anzahl der für die unterschiedlichen Lade-Use-Cases benötigten Ladepunkte. Die Bestimmung dieses Bedarfs erfolgt in der vorliegenden Studie anhand der Belegzeiten von Ladeinfrastruktur in Deutschland und wurde im Kapitel 2.2.2 beschrieben. Die für unterschiedliche Lade-Use-Cases ermittelten Belegzeiten im Tagesverlauf sind im Anhang A6 bis A9 für das Jahr 2030 dargestellt.

Abbildung 05 stellt die benötigte Anzahl von öffentlich zugänglichen Ladepunkten bis zum Jahr 2030 für die fünf Szenarien dar. Die Spannweite der Werte für 2030 liegt zwischen ca. 380.000 und 680.000 Ladepunkten. Im Szenario mit einem verzögerten Hochlauf an Ladepunkten im nicht öffentlichen Raum muss im Vergleich zur Referenz deutlich mehr Energie an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur nachgeladen werden. Die Folge ist ein beson-

ders hoher Bedarf an 681.000 Ladepunkten im öffentlichen Raum (+31 Prozent im Vergleich zum Referenzszenario). Besonders niedrig im Vergleich zur Referenz (-26 Prozent) ist der Bedarf mit 384.000 Ladepunkten dagegen im Szenario „HPC-Fokus“. Hier ist das Laden an HPC-Ladepunkten für die Nutzerinnen und Nutzer sehr attraktiv. Dabei erhöht sich besonders der Bedarf an städtischen HPC-Lade-Hubs und es kann aufgrund der höheren durchschnittlich installierten Leistung mehr Energie pro Ladepunkt verladen werden. Das Referenzszenario und die Szenarien „Hohe Verfügbarkeit“ sowie „Digitale Optimierung“ liegen innerhalb dieser Spannweite.

ABBILDUNG 05: BEDARF AN ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHER LADEINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND NACH SZENARIEN



Siehe Tabelle 04, S. 40

Tabelle 04 schlüsselt den Bedarf an Ladepunkten 2030 nach Szenario und Lade-Use-Case auf. Es wird deutlich, dass in jedem Szenario alle Use-Cases wichtig sind, um den Markthochlauf der E-Pkw in seiner Gesamtheit voranzubringen.

01

02

03

04

05

06



Siehe Kapitel 2.2.2, S. 32;
siehe Anhänge A6–A9, ab S. 84



Siehe Abbildung 05, S. 39

TABELLE 04: BEDARF AN ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHEN LADEPUNKTEN IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2030 (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

| Untersuchtes Szenario | Anzahl von Ladepunkten im Jahr 2030 | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------|------------------------|--------------------------|
| | 4 Kunden- parkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse | Öffentlich zugänglich |
| Referenzszenario | 86.300 | 365.800 | 22.200 | 45.500 | 520.000 |
| Geringe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 109.500 | 497.800 | 28.500 | 45.400 | 681.000 |
| Hohe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 64.600 | 258.300 | 16.800 | 45.700 | 386.000 |
| Digitale Optimierung | 78.500 | 350.600 | 19.800 | 35.100 | 484.000 |
| HPC-Fokus | 65.100 | 228.600 | 44.600 | 46.100 | 384.000 |

Im Referenzszenario sind 87 Prozent aller öffentlich zugänglichen Ladepunkte Normalladepunkte oder Schnellladepunkte bis einschließlich 50 kW und befinden sich am Straßenrand oder auf Kundenparkplätzen. HPC-Ladepunkte machen im Referenzszenario nur ca. 13 Prozent der gesamten Ladepunkte im öffentlichen Raum aus, stehen aber für ca. 61 Prozent der installierten Gesamtladeleistung (siehe Kapitel 3.2). Im Szenario „HPC-Fokus“ erhöht sich der Anteil an HPC-Ladepunkten im Vergleich zur Referenz von 13 auf 24 Prozent, der Anteil an der installierten Ladeleistung steigt von 61 auf 76 Prozent. In diesem Fall kann der Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur bis 50 kW um ca. 35 Prozent geringer ausfallen.



Siehe Kapitel 3.2, S. 41

3.2 Installierte Ladeleistung je Lade-Use-Case

Eine bloße Prognose der Anzahl von Ladepunkten reicht nicht aus, um einen den Anforderungen der Zukunft angemessenen Aufbau von Ladeinfrastruktur planen zu können. Die sogenannte installierte Ladeleistung ist eine geeignetere Größe, um den Ausbaubedarf und die Ausbaugeschwindigkeit zu bestimmen. Sie beschreibt die Summe der verfügbaren Ladeleistungen aller Ladepunkte, so dass die unterschiedliche Leistungsfähigkeit einzelner Ladepunkte unmittelbar berücksichtigt wird. Der Ladebedarf kann demnach von einem Gesamtsystem, das verstärkt auf HPC-Ladeinfrastruktur und insgesamt weniger auf Ladepunkte setzt, ebenso bedient werden wie von einem mit einer größeren Anzahl von Ladepunkten mit im Durchschnitt niedrigeren Ladeleistungen. Die installierte Ladeleistung macht verschiedene Aufbaustrategien vergleichbar und eignet sich somit sehr gut sowohl als deutschlandweite wie auch als regionale Zielgröße. Ebenso erlaubt sie Aussagen über die installierte Ladeleistung pro BEV und PHEV. Letztere Kenngröße ist wichtig, um die bedarfsorientierten Aufbauziele Deutschlands im Verhältnis zu den Vorgaben der Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) zu betrachten und einzuordnen (siehe Kapitel 4.1). Die AFIR ist ein verbindliches Rechtsinstrument für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU). Die Verordnung legt gemeinsame Mindestanforderungen beim Ausbau von Ladeinfrastruktur fest.

Von der Ladeleistung hängt unter anderem ab, ob bei einem Ladestopp eine definierte Energiemenge langsam und zeitintensiv oder sehr schnell und mit kurzer Standzeit verladen werden kann. An Ladepunkten mit einer hohen Ladeleistung wird bei hohem Durchsatz zudem mehr Energie pro Tag verladen als an Ladepunkten mit einer geringen Ladeleistung. Auch Unterschiede im Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer (Stadt oder ländlicher Raum) sowie die technischen Eigenschaften der Fahrzeuge spielen eine relevante Rolle für die verladene Energiemenge.



Siehe Kapitel 4.1, S. 56

01

02

03

04

05

06

Abbildung 06 stellt die benötigte installierte Ladeleistung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Megawatt (MW) in Deutschland zwischen den Jahren 2025 und 2030 für die unterschiedlichen Szenarien dar. Im Referenzszenario müssen somit bis 2030 in Deutschland ca. 27.500 MW Ladeleistung zur Verfügung stehen. Findet der Aufbau nicht öffentlicher Ladeinfrastruktur verzögert statt, muss im Vergleich zur Referenz ca. 18 Prozent mehr Ladeleistung (32.400 MW) im öffentlichen Raum installiert werden. Kann dagegen bis 2030 deutlich mehr nicht öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur als im Referenzszenario zur Verfügung gestellt werden, reduziert sich die benötigte installierte Ladeleistung um ca. 15 Prozent auf ca. 23.300 MW. Im Szenario „HPC-Fokus“ wird im Vergleich zum Referenzszenario etwas mehr installierte Ladeleistung benötigt (28.600 MW), obwohl aufgrund einer anderen Zusammensetzung der Ladeleistungsklassen die absolute Anzahl von Ladepunkten deutlich, nämlich um 136.000, geringer ist. Dies zeigt, dass die installierte Ladeleistung eine weitaus bessere Kenngröße für die Erfordernisse im Bereich „Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur“ ist als die absolute Anzahl von Ladepunkten (siehe Kapitel 3.1).



Siehe Kapitel 3.1, S. 38

ABBILDUNG 06: BEDARF AN INSTALLIERTER LADELEISTUNG IM ÖFFENTLICHEN RAUM IN DEUTSCHLAND NACH SZENARIEN

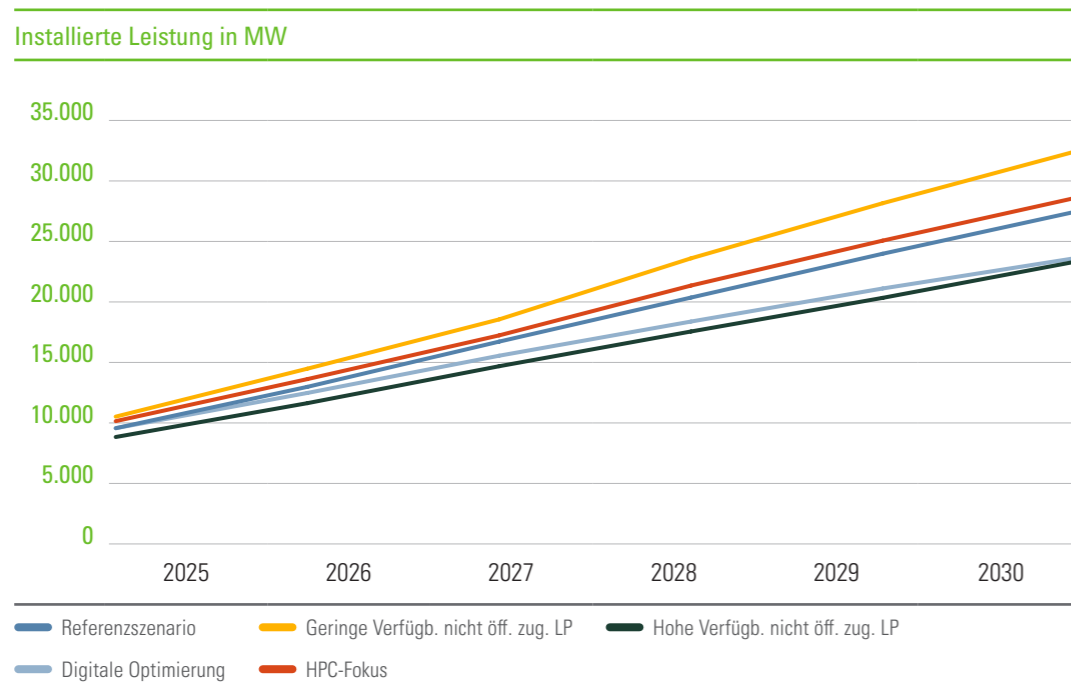


Tabelle 05 stellt die Auswertung aller Lade-Use-Cases und untersuchten Szenarien hinsichtlich der benötigten installierten Ladeleistung im öffentlichen Raum für das Jahr 2030 dar. In allen Szenarien zeigt sich die große Bedeutung der HPC-Ladeinfrastruktur: Ca. 2/3 der installierten Ladeleistung wird an städtischen HPC-Lade-Hubs sowie an Achsen benötigt. Dagegen fällt die installierte Ladeleistung am Kundenparkplatz mit 1.700 MW bis 2.900 MW am geringsten aus. Dabei gilt es allerdings zu beachten, dass im Rahmen dieser Studie Schnellladestandorte am „Kundenparkplatz“ dem Lade-Use-Case „Lade-Hub“ zugeordnet wurden.

Die Tabelle zeigt, dass sich im Szenario „HPC-Fokus“ im Vergleich zum Referenzszenario die installierte Ladeleistung vor allem vom „Straßenraum“ sowie vom „Kundenparkplatz“ (zusammen –35 Prozent bzw. 3.800 MW) in Richtung „Lade-Hub“ (+100 Prozent bzw. 4.700 MW) verschiebt.

TABELLE 05: BEDARF AN INSTALLIERTER LADELEISTUNG IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2030 (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

| Untersuchtes Szenario | Installierte Ladeleistung im Jahr 2030 in MW | | | | |
|------------------------------------|--|---------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse | Öffentlich zugänglich |
| Referenzszenario | 2.300 | 8.500 | 4.700 | 12.100 | 27.500 |
| Geringe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 2.900 | 11.500 | 6.000 | 12.000 | 32.400 |
| Hohe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 1.700 | 6.000 | 3.500 | 12.100 | 23.300 |
| Digitale Optimierung | 2.100 | 8.100 | 4.200 | 9.300 | 23.600 |
| HPC-Fokus | 1.700 | 5.300 | 9.400 | 12.200 | 28.600 |

3.3 Verladene Energiemenge je Lade-Use-Case sowie Ladepunkt

Nachdem die Ladeinfrastruktur anhand der Anzahl von Ladepunkten und der installierten Ladeleistung charakterisiert worden ist, beleuchtet dieses Kapitel nun die konkrete Nutzung, also die Menge der tatsächlich verladenen Energie.



Siehe Tabelle 06, S. 45



¹⁶ Bundesregierung (2023)

Tabelle 06 zeigt die im Jahr 2030 verladene Energie aufgeschlüsselt nach Szenarien und Lade-Use-Cases. Im Referenzszenario können ca. 37,8 TWh Energie pro Jahr in Deutschland verladen werden. Dies entspricht einem Anteil von 5 Prozent am gesamten für 2030 prognostizierten Bruttostromverbrauch in Deutschland (750 TWh¹⁶). An öffentlich zugänglichen Ladepunkten könnten dabei ca. 16,0 TWh Energie pro Jahr (ca. 42 Prozent der gesamten Ladeenergie) verladen werden. Daraus folgt, dass jeder E-Pkw 2030 durchschnittlich ca. 80 kWh Energie pro Monat an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur laden könnte.

Im Referenzszenario werden etwa 54 Prozent des Ladebedarfs an öffentlich zugänglichen Ladepunkten an HPC-Ladeinfrastruktur verladen, die restlichen 46 Prozent an Normal- und Schnellladeinfrastruktur bis einschließlich 50 kW auf Kundenparkplätzen oder im öffentlichen Straßenraum. Im Szenario „HPC-Fokus“ verschieben sich gegenüber dem Referenzszenario die Ladebedarfe weg vom Kundenparkplatz (–20 Prozent) sowie Straßenrand (–35 Prozent) hin zum Lade-Hub (+103 Prozent). Erneut wird die Rolle von HPC-Ladeinfrastruktur deutlich: HPC-Ladepunkte machen nur ca. 13 Prozent der öffentlich zugänglichen Ladepunkte aus (siehe Kapitel 3.1), trotzdem werden hier 54 Prozent der Energie verladen.



Siehe Kapitel 3.1, S. 38

TABELLE 06: GEGENÜBERSTELLUNG DER VERLADENEN ENERGIEMENGE IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2030 (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

| Untersuchtes Szenario | Aufteilung verladene Energiemenge im Jahr 2030 | | | | | | |
|------------------------------------|--|------------------|----------------------|------------------|---------------|---------------------|-----------------------|
| | 1 2 Zu Hause | 3 Unternehmen | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse | Öffentlich zugänglich |
| Referenzszenario | 45,0 % | 12,7 % | 3,7 % | 15,8 % | 7,5 % | 15,3 % | 42,3 % |
| Geringe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 37,9 % | 12,2 % | 4,7 % | 20,7 % | 9,4 % | 15,1 % | 50,0 % |
| Hohe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 51,9 % | 12,5 % | 2,9 % | 11,5 % | 5,8 % | 15,4 % | 35,6 % |
| Digitale Optimierung | 45,0 % | 12,7 % | 3,7 % | 15,8 % | 7,5 % | 15,3 % | 42,3 % |
| HPC-Fokus | 44,3 % | 12,7 % | 2,9 % | 10,1 % | 15,0 % | 15,1 % | 43,1 % |

Eine der wesentlichen Größen ist in diesem Zusammenhang die verladene Energiemenge pro Ladepunkt und Tag. Diese variiert zwischen den einzelnen Lade-Use-Cases deutlich (Tabelle 07). An HPC-Ladepunkten etwa könnten im Jahr 2030 pro Tag ca. 350 kWh verladen werden, das entspricht im Durchschnitt ca. elf Ladevorgängen am Tag. An einem Normalladepunkt am Kundenparkplatz oder im Straßenraum hingegen werden im Mittel zwischen 43 kWh/Tag und 49 kWh/Tag verladen. An HPC-Ladepunkten beträgt die Energiemenge im Vergleich dazu also das Sieben- bis Achtfache. Im Durchschnitt werden pro Ladepunkt etwa 84 kWh/Tag verladen.



Siehe Tabelle 07, S. 46

01

02

03

04

05

06

Auffällig sind die höheren Werte im Szenario „Digitale Optimierung“, in dem sich die Auslastung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ab dem Jahr 2025 verbessert. Im Vergleich zu den anderen Szenarien liegt die verladene Energiemenge je Ladepunkt in Abhängigkeit vom Lade-Use-Case hier zwischen 4 und 30 Prozent höher. Digitale Optimierungen können demnach eine signifikante Wirkung entfalten – vor allem an HPC-Ladepunkten an Achsen, wo die verladene Energiemenge je Ladepunkt um 30 Prozent gesteigert werden könnte.

TABELLE 07: GEGENÜBERSTELLUNG DER DURCHSCHNITTLICH VERLADENEN ENERGIEMENGE JE LADEPUNKT UND TAG IM JAHR 2030 (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

| Untersuchtes Szenario | Durchschnittlich verladene Energiemenge je Ladepunkt und Tag im Jahr 2030 in kWh/Tag | | | |
|------------------------------------|--|------------------|---------------|---------------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse |
| Referenzszenario | 45 | 45 | 350 | 349 |
| Geringe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 45 | 43 | 343 | 345 |
| Hohe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 46 | 46 | 358 | 349 |
| Digitale Optimierung | 49 | 47 | 393 | 452 |
| HPC-Fokus | 48 | 47 | 354 | 344 |

3.4 Sensitivitätsanalyse

Um zu prüfen, wie stark sich die Ergebnisse bei Variationen von ausgewählten Eingangsparametern verändern, wurde im Referenzszenario für das Jahr 2030 eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. In den letzten Jahren ist ein Trend hin zu größeren Batteriekapazitäten und einer erhöhten Effizienz der elektrischen Komponenten zu beobachten. Deshalb wurden die Batteriekapazität sowie der elektrische Energieverbrauch der E-Pkw in 10er-Schritten zwischen –20 Prozent und +20 Prozent variiert. Zusätzlich wurde auch untersucht, inwieweit sich eine Veränderung der Ladeleistung bei ausgewählten Lade-Use-Cases auswirkt.

Eine veränderte Batteriekapazität hat einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse (Tabelle 08). Wird etwa gegenüber den Referenzannahmen im Durchschnitt 20 Prozent weniger Batteriekapazität in den E-Pkw verbaut, steigt der Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten insgesamt um ca. 12 Prozent. Der Bedarf an HPC-Ladeinfrastruktur an Achsen steigt besonders stark um ca. 42 Prozent. Wenn sich die Batteriekapazität um 20 Prozent erhöht, sinkt der Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten um ca. 9 Prozent. Auch hier ist die Auswirkung auf HPC-Ladeinfrastruktur an Achsen besonders groß: Etwa 26 Prozent weniger HPC-Ladepunkte werden dann benötigt.

TABELLE 08: SENSITIVITÄTSANALYSE BATTERIEKAPAZITÄT – BEDARF AN ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHEN LADEPUNKTEN IM JAHR 2030 (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

| Sensitivität Batteriekapazität | Anzahl von Ladepunkten im Jahr 2030 | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse | Öffentlich zugänglich | Abweichung |
| Referenzszenario | 86.300 | 365.800 | 22.200 | 45.500 | 520.000 | |
| –20 Prozent | 97.800 | 394.000 | 25.500 | 64.700 | 582.000 | 12,0 % |
| –10 Prozent | 91.500 | 380.800 | 23.600 | 53.800 | 550.000 | 5,8 % |
| +10 Prozent | 80.800 | 354.800 | 20.800 | 39.100 | 496.000 | –4,7 % |
| +20 Prozent | 76.300 | 342.300 | 19.800 | 33.800 | 472.000 | –9,2 % |

01

02

03

04

05

06

Eine hohe Sensitivität der Ergebnisse zeigt sich auch beim Stromverbrauch der E-Pkw (Tabelle 09). Sinkt dieser um 20 Prozent, könnte auch der Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten um ca. 15 Prozent abnehmen. Überproportional stark reduziert sich dabei analog zur Analyse der Batteriekapazität der Bedarf an HPC-Ladepunkten an Achsen (-42 Prozent), da die E-Pkw auf der Langstrecke deutlich seltener zwischenladen müssen. Erhöht sich der Energieverbrauch der Fahrzeuge dagegen um 20 Prozent, steigt auch der Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten um ca. 16 Prozent.

TABELLE 09: SENSITIVITÄTSANALYSE VERBRAUCH – BEDARF AN ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHEN LADEPUNKTEN IM JAHR 2030 (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

| Sensitivität Verbrauch | Anzahl von Ladepunkten im Jahr 2030 | | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|----------------|---------------|------------------|-----------------------|----------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse | Öffentlich zugänglich | Abweichung |
| Referenzszenario | 86.300 | 365.800 | 22.200 | 45.500 | 520.000 | |
| -20 Prozent | 72.500 | 335.800 | 17.300 | 26.500 | 442.000 | -14,9 % |
| -10 Prozent | 78.000 | 348.800 | 19.200 | 36.000 | 482.000 | -7,3 % |
| +10 Prozent | 91.900 | 388.300 | 24.700 | 55.900 | 561.000 | 7,9 % |
| +20 Prozent | 98.200 | 408.100 | 27.500 | 67.100 | 601.000 | 15,6 % |

Hinsichtlich der Veränderung der Ladeleistungen im Straßenraum und am Kundenparkplatz in den niedrigen Ladeleistungsklassen (22 kW und 50 kW) zeigt sich kein deutlicher Einfluss. Die Änderungen liegen hier im Bereich von unter einem Prozent. Insbesondere im Straßenraum wird deutlich, dass durch lange Standzeiten eine Änderung der Ladeleistung nahezu keinen Einfluss auf den Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur hat.

3.5 Entwicklung nach 2030

Im Rahmen dieser Studie wurde die Simulation über das Jahr 2030 hinaus für das Jahr 2035 durchgeführt. Für 2035 wird, basierend auf der Modellierung der Herstellerbefragung, von etwa 28 Mio. in Deutschland zugelassenen E-Pkw ausgegangen (hiervon BEV-Anteil von über 90 Prozent), der Markthochlauf setzt sich also auf hohem Niveau fort. Im Folgenden werden relevante Aspekte und Kennzahlen der Ladeinfrastruktur in Deutschland für das Jahr 2035 dargestellt und eingeordnet.

Tabelle 10 zeigt den Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten. Demnach könnten 2035 je nach Szenario zwischen 580.000 und 1.100.000 öffentlich zugängliche Ladepunkte benötigt werden. Im Referenzszenario steigt damit der Bedarf gegenüber 2030 um ca. 59 Prozent.

TABELLE 10: BEDARF AN ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHEN LADEPUNKTEN IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2035 (EXTREMWERTE SIND MARKIERT)

| Untersuchtes Szenario | Anzahl von Ladepunkten im Jahr 2035 | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|----------------|---------------|------------------|-----------------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse | Öffentlich zugänglich |
| Referenzszenario | 142.000 | 578.700 | 29.700 | 74.400 | 825.000 |
| Geringe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 182.700 | 805.800 | 38.100 | 73.900 | 1.100.000 |
| Hohe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 104.400 | 378.900 | 22.400 | 76.200 | 582.000 |
| Digitale Optimierung | 122.800 | 535.900 | 24.400 | 50.700 | 734.000 |
| HPC-Fokus | 111.600 | 365.300 | 63.100 | 76.400 | 616.000 |

Im selben Zeitraum nimmt der Bestand an E-Pkw um ca. 68 Prozent zu, besonders die Anzahl der BEV wächst der Prognose nach um ca. 90 Prozent. Damit wird auch die Auslastung von Ladeinfrastruktur bis 2035 weiter steigen. Tabelle 11 stellt die in 2030 und 2035 durchschnittlich verladene Energiemenge je Ladepunkt im Referenzszenario dar. Demnach nimmt die Auslastung überall zu, vor allem an Lade-Hubs und an Ladepunkten im öffentlichen Straßenraum.

TABELLE 11: GEGENÜBERSTELLUNG DER DURCHSCHNITTLICH VERLADENEN ENERGIEMENGE JE LADEPUNKT UND TAG (2030 UND 2035)

| | Durchschnittlich verladene Energiemenge je Ladepunkt und Tag in kWh/Tag | | | |
|-----------------------|---|------------------|---------------|---------------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse |
| Referenzszenario 2030 | 45 | 45 | 350 | 349 |
| Referenzszenario 2035 | 48 | 51 | 427 | 380 |
| Veränderung | +7 % | +13 % | +22 % | +9 % |

Neben einem erhöhten Bedarf an Ladepunkten im öffentlichen Raum (+59 Prozent) zeigt die Prognose bis 2035 auch einen deutlichen Anstieg der installierten Ladeleistung. Je nach Lade-Use-Case beträgt dieser zwischen 32 und 65 Prozent (siehe Tabelle 12). Dabei sind die Steigerungsraten bei Normalladeinfrastruktur besonders hoch. Der Großteil der installierten Ladeleistung im öffentlichen Raum befindet sich im Jahr 2035 voraussichtlich an HPC-Standorten.



Siehe Tabelle 12, S. 51

TABELLE 12: GEGENÜBERSTELLUNG DER INSTALLIERTEN LADELEISTUNG IN DEUTSCHLAND (2030 UND 2035)

| | Installierte Ladeleistung in MW | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------------------|---------------|---------------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse |
| Referenzszenario 2030 | 2.300 | 8.500 | 4.700 | 12.100 |
| Referenzszenario 2035 | 3.800 | 13.400 | 6.200 | 19.700 |
| Veränderung | +65 % | +58 % | +32 % | +63 % |

04

Einordnung der Ergebnisse

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Einordnung der Ergebnisse hinsichtlich der AFIR | 56 |
| 4.2 Unterschiede zwischen der Studie 2020 und der Neuauflage 2024 | 58 |
| 4.3 Kritische Würdigung der Studie | 62 |

04

Einordnung der Ergebnisse



Siehe Kapitel 4.1, S. 56;
siehe Kapitel 4.2, S. 58;
siehe Kapitel 4.3, S. 62

In diesem Kapitel werden die zuvor vorgestellten Ergebnisse bewertet und eingeordnet. Außerdem werden die Studienresultate im Kontext der AFIR diskutiert (Kapitel 4.1) und die Weiterentwicklung der ursprünglichen Studie von 2020 hin zur Neuauflage von 2024 beschrieben (Kapitel 4.2). Den Abschluss bildet eine kritische Würdigung insbesondere der Einschränkungen bei der räumlichen Verortung der Ladevorgänge in dieser Studie (Kapitel 4.3).

Die vorliegende Studie trifft Annahmen für die künftige Entwicklung im Bereich „Ladeinfrastruktur für Pkw“ und ermittelt einen Bedarf zwischen 380.000 und 680.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten im Jahr 2030 in Abhängigkeit vom Szenario. Ein erfolgreicher Ladeinfrastrukturaufbau im öffentlichen Raum kann nur durch den komplementären Aufbau von Normalladeinfrastruktur und Schnellladeinfrastruktur gelingen, wobei die AC-Ladeinfrastruktur bei der Anzahl der Ladepunkte überwiegen wird. Den Ergebnissen dieser Studie zufolge werden bis zu 73 Prozent der Ladepunkte am Straßenrand mit vergleichsweise niedrigen Ladeleistungen benötigt. Eine nutzerzentrierte Ausbaustrategie für die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur ist von höchster Bedeutung: Wo E-Pkw im öffentlichen Straßenraum über Nacht stehen, ist langsames Laden ausreichend, bei Fernfahrten müssen hohe Leistungen und dadurch kurze Verweildauern an den Ladestationen gewährleistet sein.



⁶ infas, DLR, IVT und
infas 360 (2018)

Mehr als ein Viertel der Pkw-Fahrleistung in Deutschland wird auf Strecken über 100 Kilometer zurückgelegt (MiD 2017⁶), was die Bedeutung des Aufbaus von HPC-Ladeinfrastruktur entlang von Fernstraßen unterstreicht. Die Studie zeigt aber auch, dass das HPC-Laden im innerstädtischen Bereich zunehmend an Relevanz gewinnt und bis zu 12 Prozent der Ladepunkte im Jahr 2030 ausmachen könnte. Damit unterstützen die Ergebnisse dieser Studie die aktuellen Aktivitäten der Bundesregierung in Bezug auf den Aufbau einer flächendeckenden Schnellladeinfrastruktur. So werden durch das Deutschlandnetz 1.100 HPC-Standorte entlang von Bundesautobahnen (200 Standorte) und im ländlichen, suburbanen und urbanen Raum (900 Standorte) in Deutschland entstehen. Insgesamt werden im Deutschlandnetz ca. 9.000 neue HPC-Ladepunkte errichtet. Diese decken etwa 13 Prozent des prognostizierten Bedarfs an HPC-Ladepunkten im Referenzszenario für das Jahr 2030 ab.

Die Bereitstellung der benötigten installierten Ladeleistung im Jahr 2030 von 23,3–32,4 GW bedeutet im Vergleich zu heute (5,2 GW¹⁴, Stand: März 2024) eine große Kraftanstrengung für unterschiedlichste Akteure. Die im Jahr 2030 benötigte installierte Ladeleistung (Referenzszenario) entspricht dabei etwa 8,3 Prozent der installierten Leistung der deutschen Erzeugungsanlagen in diesem Jahr (ca. 330,8 GW¹⁷, eigene Berechnung). Unabdingbar für einen erfolgreichen Aufbau der Ladeinfrastruktur ist, dass Stromnetze rechtzeitig dort ausgebaut werden, wo es der künftige Bedarf an Ladeinfrastruktur erfordert. Die Analysen dieser Studie haben gezeigt, dass bis zu 76 Prozent der gesamten installierten Leistung an HPC-Standorten benötigt werden wird. Entsprechend wird auch die Mittelspannungsebene hier künftig in den Fokus rücken. Ein wichtiger Schritt für einen erfolgreichen Netzausbau wurde bereits im Mai 2023 durch die Anpassung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) unternommen.

In Bezug auf die gesamte im öffentlichen und nicht öffentlichen Raum im Jahr 2030 verladene Energiemenge von ca. 37,8 TWh/Jahr ist zu betonen, dass trotz der verglichen mit dem nicht öffentlichen Raum geringeren Ladepunktzahl im öffentlichen Raum 36 bis 50 Prozent der Energie dort benötigt werden wird. Innerhalb des öffentlichen Raums werden bis zu 70 Prozent der Energie an HPC-Ladeinfrastruktur verladen, nicht zuletzt wegen des signifikanten Mehrverbrauchs bei Langstreckenfahrten. Der die E-Mobilität betreffende Stromverbrauch für 2030 wurde auch im Rahmen anderer Untersuchungen in ähnlicher Größenordnung identifiziert¹⁸ und wird voraussichtlich knapp 6 Prozent des deutschen Bruttostromverbrauchs ausmachen.



¹⁴ Leitstelle (2024)



¹⁷ Agora (2018)



¹⁸ Agora (2023)

01

02

03

04

05

06

4.1 Einordnung der Ergebnisse hinsichtlich der AFIR

Die Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) trat im September 2023 in Kraft und findet seit dem 13. April 2024 Anwendung. Sie ist ein bedeutendes Werkzeug für den europaweit flächendeckenden, bedarfsgerechten und nutzerfreundlichen Ausbau von Ladeinfrastruktur und ein wichtiger Schritt zur Umsetzung des Klimaschutzpakets „Fit für 55“, durch das die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um 55 Prozent gegenüber 1990 sinken sollen. Die AFIR ist dabei ein verbindliches Rechtsinstrument, das den EU-Mitgliedstaaten Mindestleistungen pro Fahrzeug für Ladestationen in Abhängigkeit von ihren elektrischen Fahrzeugflotten vorschreibt. Diese Mindestanforderungen stellen einen politischen Konsens der Mitgliedstaaten und des Europäischen Parlaments dar. Der tatsächliche Bedarf wird insbesondere von Vorreiter-Mitgliedstaaten deutlich höher eingeschätzt.¹⁹ So müssen die Staaten ab 2025 eine Ladeleistung von mindestens 1,3 kW für jeden BEV und von mindestens 0,8 kW für jeden PHEV bereitstellen.²⁰ Neben diesen bestandsbasierten Vorgaben beinhaltet die AFIR auch distanzbasierte Ziele. Diese besagen, dass die Länder mindestens alle 60 Kilometer Schnellladestationen entlang der europäischen Hauptverkehrswege (TEN-T) installieren müssen.



¹⁹ IenW (2022);

²⁰ ABl. L (2023)



Siehe Tabelle 13, S. 57

Mittels der in der vorliegenden Studie ermittelten installierten Ladeleistung für 2030 berechnet sich je nach Szenario ein Bedarf zwischen 1,5 und 2,0 kW installierter Ladeleistung pro BEV und 0,8 und 1,6 kW installierter Ladeleistung pro PHEV (vgl. Tabelle 13). Die aus Nutzerperspektive ermittelten Bedarfe liegen also immer über den Mindestausbauzielen der AFIR. Im Szenario „Geringe Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur“ mit viel öffentlichem Laden würden die EU-Vorgaben bis 2030 sogar deutlich übererfüllt (+0,7 kW pro BEV und +0,8 kW pro PHEV). Die AFIR setzt Mindestziele, die jedes Mitgliedsland ab 2025 einzuhalten hat. Die Studie zeigt, dass der Bedarf an Ladeinfrastruktur über den Vorgaben der AFIR liegt.

TABELLE 13: INSTALLIERTE LADELEISTUNG JE E-PKW IM JAHR 2030

| | Installierte Ladeleistung je E-Pkw im Jahr 2030 in kW | |
|---------------------------------------|---|------|
| | BEV | PHEV |
| Referenzszenario | 1,8 | 1,2 |
| Geringe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 2,0 | 1,6 |
| Hohe Verfüg. nicht öff. zug. LP | 1,5 | 0,8 |
| Digitale Optimierung | 1,5 | 1,1 |
| HPC-Fokus | 2,0 | 0,8 |

01

02

03

04

05

06

4.2 Unterschiede zwischen der Studie 2020 und der Neuauflage 2024

Die Entwicklung im Bereich Ladeinfrastruktur ist und bleibt hochdynamisch. Deshalb wurde bereits bei der Konzeptionierung der ursprünglichen Studie 2020 die Möglichkeit einer Neuauflage vorgesehen, mit der neue Erkenntnisse in die Modellierung integriert werden können. Dadurch war es möglich, die aktuelle Datenlage und neu hinzugekommenes Wissen über die komplexen Zusammenhänge im Feld von Elektromobilität und Ladeinfrastruktur zu berücksichtigen und die Modellierung entsprechend zu erweitern.

Update der Datengrundlage und des Simulationsmodells

Im Rahmen der Neuauflage der Studie erfolgte eine umfassende Aktualisierung der Datengrundlage. So liegen dieser Studie nun die KBA-Daten von Anfang 2023 zugrunde. Außerdem konnten die Hochlaufzahlen für E-Pkw sowie Daten zu den Fahrzeugspezifika durch eine erneute Herstellerbefragung aktualisiert werden. Darüber hinaus konnten bestimmte Aspekte durch eine mittlerweile verbesserte Datenlage nicht nur aktualisiert, sondern auch wesentlich differenzierter in diese Studie einfließen. Dies umfasst hauptsächlich die datenbasierte Ermittlung der aktuellen und zukünftigen Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur auf Grundlage verschiedener Studien und eigener Datenquellen. Zudem konnten die Ladewahrscheinlichkeiten für die unterschiedlichen Lade-Use-Cases nun auch datenbasiert ermittelt und wesentlich besser nach Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur unterschieden werden. Darüber hinaus erfolgte eine Anpassung der Ladeleistungen je Lade-Use-Case, indem nach verschiedenen Ladeleistungen differenziert wurde. Dies basiert auf der Auswertung des aktuellen Ladeinfrastrukturbestandes mithilfe von Daten der BNetzA und von OBELIS-Daten.

Neben der Aktualisierung und Optimierung der zugrunde liegenden Daten dieser Studie konnten auch Erweiterungen und Anpassungen in der Modellierung hinsichtlich des Fahr- und Ladeverhaltens vorgenommen werden, ohne dabei den ursprünglichen Charakter der Studie zu verändern. Dies erfolgte u. a., indem die Erzeugung synthetischer Fahrprofile verbessert wurde. So wurden beispielsweise nun auch die Gewichtungen einzelner Haushalte der MiD-Daten einbezogen und Leertage berücksichtigt. Die Anzahl der Haus-

haltstypen (Kombination von Raumtyp und Fahrzeugsegment) wurde im Vergleich zur ursprünglichen Studie von 18 auf neun reduziert. Die Verfügbarkeit nicht öffentlicher Ladeinfrastruktur (zu Hause und im Unternehmen) kann somit im Rahmen der Simulation stärker differenziert werden. Weitere Anpassungen im Modell zielen darauf ab, ein realistischeres Ladeverhalten abzubilden. So wird nun ein Mehrverbrauch der E-Pkw im Allgemeinen und speziell auf der Langstrecke einbezogen sowie eine Ladekurve in die Abbildung von Ladevorgängen integriert. Darüber hinaus gilt eine generelle Begrenzung der Standzeit an Ladepunkten im öffentlichen Straßenraum.

Vergleich der Ergebnisse

Trotz der oben genannten Aktualisierungen und Anpassungen hinsichtlich der zugrunde liegenden Daten und des Modells sollten die methodische Grundstruktur und der ursprüngliche Charakter der Untersuchung beibehalten werden. Dies zeigt sich auch in den Ergebnissen. Insbesondere die verschiedenen Mechanismen in den Szenarien zeigen die gleichen Wirkungen. Auch die grundlegenden Verteilungen auf nicht öffentlich zugängliche und öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur weisen diese Ähnlichkeit auf. Trotzdem unterscheiden sich die konkreten Ergebnisse im Vergleich zur ursprünglichen Studie zum Teil deutlich. Im Folgenden sollen deshalb ausgewählte Aspekte verglichen und diskutiert werden. Die Vergleiche beziehen sich, wenn nicht anders genannt, jeweils auf das Referenzszenario im Jahr 2030.

Im Vergleich zur ursprünglichen Studie wird im Rahmen der Neuauflage ein um 11 Prozent erhöhter Bestand an E-Pkw im Jahr 2030 angenommen, wobei der Bestand an BEV im Vergleich sogar noch deutlicher zunimmt. Zusätzlich wird von einer Zunahme des Energieverbrauchs der E-Pkw, insbesondere durch einen erhöhten Verbrauch auf der Langstrecke, ausgegangen. Im Ergebnis steigt entsprechend der Gesamtenergiebedarf über alle Lade-Use-Cases (nicht öffentlich und öffentlich) im Vergleich zur Vorgängerstudie (um 25 Prozent). Gleichzeitig wird ersichtlich, dass der Energiebedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten im Vergleich zur Vorgängerstudie noch deutlicher steigt (um 64 Prozent). Hauptgrund dafür sind die veränderten Annahmen im Bereich „Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur“ und „Wahrscheinlichkeit des Ladens“.



Gegenüber der Studie aus dem Jahr 2020 wurde die Anzahl der Szenarien von sechs auf fünf reduziert. Der Charakter des Szenarios „Parkraumbewirtschaftung“ ist nun bereits in den Annahmen des Modells und somit in allen hier untersuchten Szenarien enthalten.

Darüber hinaus zeigt sich auch eine höhere verladene Energiemenge je Ladepunkt (zwischen +36 Prozent im Lade-Use-Case 4 und +102 Prozent im Lade-Use-Case 6, vgl. Tabelle 14). Die verladene Energiemenge je Ladepunkt steigt im Vergleich zur ursprünglichen Studie dabei aus zwei Gründen. Zum einen werden die Fahrprofile nun unter Berücksichtigung eines Gewichtungsfaktors aus den MiD-Daten besser und differenzierter extrahiert. Dadurch wird verhindert, dass Fahrten überrepräsentiert sind. So werden Nutzungsspitzen vermieden und gleichmäßiger verteilt. Dies führt zu einem insgesamt geringeren Bedarf an Ladepunkten. Zum anderen wurden für die Ladeinfrastruktur z. T. höhere Ladeleistungen festgelegt (siehe Kapitel 2.1.6). Höhere Ladeleistungen führen zu kürzeren Ladevorgängen an den Ladepunkten, so dass mehr Ladevorgänge stattfinden können und entsprechend mehr Energie verladen wird.



Siehe Kapitel 2.1.6, S. 27

TABELLE 14: GEGENÜBERSTELLUNG DER DURCHSCHNITTLICH VERLADENEN ENERGIEMENGE JE LADEPUNKT UND TAG IM JAHR 2030 (VERGLEICH STUDIE 2020 UND NEUAUFLAGE 2024)

| | Durchschnittlich verladene Energiemenge je Ladepunkt und Tag im Jahr 2030 in kWh/Tag | | | |
|-----------------|--|------------------|---------------|---------------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum | 6 Lade-Hub | 7 Lade-Hub Achse |
| Studie 2020 | 33 | 29 | 173 | 201 |
| Neuaufgabe 2024 | 45 | 45 | 350 | 349 |
| Veränderung | +36 % | +55 % | +102 % | +74 % |

Innerhalb der öffentlichen Lade-Use-Cases ist verglichen mit der ursprünglichen Studie eine Verschiebung zu erkennen. HPC-Ladeinfrastruktur wird verstärkt genutzt, etwa im Lade-Use-Case 7, weil in der Neuaufgabe ein höherer Verbrauch auf der Langstrecke angenommen wurde. So werden an den Lade-Use-Cases 6 und 7 in der Neuaufgabe 8.633 GWh Energie im Jahr verladen. Das ist eine Zunahme um 186 Prozent im Vergleich zur Studie von 2020. Als Folge dieser Steigerung werden 19.000 mehr HPC-Ladepunkte benötigt.

Weiterhin verschieben sich in der Neuaufgabe die verladenen Energiemengen an öffentlich zugänglichen Normalladepunkten von Lade-Use-Case 4 (Reduktion um 48 Prozent) zu Lade-Use-Case 5 (Steigerung um 49 Prozent) (vgl. Tabelle 15). Hauptgrund dafür sind die aktualisierten Annahmen zur Attraktivität: So steigt diese für das Laden im Straßenraum im Vergleich zur Vorgängerstudie im Durchschnitt deutlich. Gleichzeitig sinkt die Attraktivität des Ladens am Kundenparkplatz.

TABELLE 15: GEGENÜBERSTELLUNG DER VERLADENEN ENERGIEMENGE IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2030 (VERGLEICH STUDIE 2020 UND NEUAUFLAGE 2024)

| | Verladene Energiemenge im Jahr 2030 in GWh/Jahr | |
|-----------------|---|------------------|
| | 4 Kundenparkplatz | 5 Straßenraum |
| Studie 2020 | 2.726 | 4.023 |
| Neuaufgabe 2024 | 1.412 | 5.976 |
| Veränderung | -48 % | +49 % |

Aufgrund der oben beschriebenen Zusammenhänge wird im Ergebnis dieser Neuaufgabe ein im Vergleich zur ursprünglichen Studie insgesamt geringerer Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten ermittelt (27 Prozent geringer). Der Bedarf ist geringer, obwohl die insgesamt verladene Energiemenge deutlich steigt, was hauptsächlich auf die höhere verladene Energiemenge je Ladepunkt und auf die Verschiebung hin zu Schnellladepunkten im öffentlichen Raum zurückzuführen ist.

4.3 Kritische Würdigung der Studie

Durch die Neuauflage konnten aktuelle Trends und Fragestellungen im Themenfeld Ladeinfrastruktur erfasst und die Methodik, Datengrundlage und Modellierung mit dem Wissen von heute weiterentwickelt werden. Durch die Veröffentlichung von SimBEV unter der Lizenz MIT konnte zudem eine höhere Transparenz des Modells erreicht werden. Mit der hier vorgestellten Methodik können Mobilitäts- und Ladeverhalten der Nutzerinnen und Nutzer sowie der daraus resultierende Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für ganz Deutschland untersucht und für die Zukunft prognostiziert werden. Durch die gewählte Raumaufteilung in die drei Typen urban, suburban und ländlich wird der große und komplexe Betrachtungsraum Deutschland hinreichend vereinfacht, dass belastbare Aussagen getroffen werden können. Annahmen zum Ladeverhalten und zur Verfügbarkeit nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur konnten im Vergleich zur Studie aus dem Jahr 2020 bereits präzisiert werden.

Im Allgemeinen haben die beteiligten Akteure beim Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur mittlerweile einen großen Erfahrungsschatz, indem sie kontinuierlich Informationen erheben. Diese sollten weiterhin erfasst werden, um die Annahmen, Ergebnisse und das Modell der Studie auch zukünftig evaluieren zu können. Die Definition von insgesamt sieben Lade-Use-Cases hat sich etabliert und wurde im Verlauf der Neuauflage 2024 sinnvoll angepasst. Die Neuauflage der Studie hat gezeigt, dass es notwendig ist, das Modell kontinuierlich weiterzuentwickeln, um aufkommende Trends und Veränderungen bei der Ermittlung des Ladebedarfs adäquat zu berücksichtigen.

Die Studiensimulation geht von einer idealen Verteilung und Nutzung von Ladeinfrastruktur und E-Pkw aus, so dass etwa ein Ladepunkt innerhalb eines Raumtyps von allen E-Pkw dieses Raumtyps gleichermaßen genutzt wird. In der Realität wird es allerdings Abweichungen geben: So werden etwa Ladepunkte im öffentlichen Straßenraum, die hauptsächlich nachts zum Laden genutzt werden, nicht die gleichen Ladepunkte sein wie die, die tagsüber während Erledigungen oder der Arbeitszeit benötigt werden. Hinsichtlich der räumlichen Beschränkung ist außerdem anzumerken, dass in dieser Studie die Fahrten mit dem E-Pkw innerhalb eines Raumtyps (urban, suburban und

ländlich) gleichgesetzt werden, ohne dabei innerhalb eines Raumtyps zu differenzieren. In Wirklichkeit gibt es hier jedoch Unterschiede, was zurückgelegte Fahrdistanzen, Wegezwecke und den Modal Split anbelangt. Dadurch könnten Spitzenbelegungen und der damit einhergehende Ladepunktbedarf vermutlich höher ausfallen. Angesichts dieser Einschränkungen ist der hier ermittelte Bedarf als minimal nötiger Bedarf an Ladeinfrastruktur zu verstehen, der in der Realität höher ausfallen könnte.

Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass der ermittelte Bedarf im Wesentlichen abhängig von der Anzahl der E-Pkw ist. Diese Studie bezieht sich auf ein spezielles zeitbezogenes HochlaufszENARIO von E-Pkw bis 2035. Da der Bedarf an Ladeinfrastruktur mit dem Bestand an E-Pkw steigt, wurde darauf verzichtet, eine Sensitivität des E-Pkw-Hochlaufs abzubilden. Es ist zu betonen, dass die Voraussetzung für den erfolgreichen Umstieg auf die Elektromobilität ein vorauslaufender Ausbau der Ladeinfrastruktur ist. Die in dieser Studie ermittelte Dimensionierung von Ladeinfrastruktur ist nötig, um den hohen Markthochlaufambitionen der Bundesregierung gerecht zu werden. Unabhängig davon, zu welchem Zeitpunkt welcher E-Pkw-Bestand erreicht wird, bleibt die korrespondierende mindestens benötigte Dimensionierung von Ladeinfrastruktur zu beachten.



Der Modal Split beschreibt die Verteilung des Verkehrsaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel.

05

Ausblick



05

Ausblick

Seit der Veröffentlichung der Studie „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf“ im Jahr 2020 hat sich die Elektromobilität in Deutschland deutlich weiterentwickelt. Am 01.01.2024 fuhr bereits 1,4 Mio. rein elektrische Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen. Auch der Ausbau der Ladeinfrastruktur hat rasant zugenommen und erfolgt in allen notwendigen Bereichen. Die Landschaft der Akteure wird immer vielfältiger und mit den Zuschlägen für die Regionallose des Deutschlandnetzes konnte ein weiterer wichtiger Meilenstein zur Versorgung von E-Pkw erreicht werden.

Im Rahmen der Studie wird bis zum Jahr 2030 ein Bestand von ca. 17 Mio. E-Pkw in Deutschland prognostiziert, was etwa einem Drittel des Gesamt-Pkw-Bestands entspricht. Bis zum Jahr 2035 könnten ca. 28 Mio. E-Pkw in Deutschland zugelassen sein (etwa 58 Prozent des gesamten Pkw-Bestands), der Markthochlauf wird sich also auf hohem Niveau fortsetzen oder sogar beschleunigen. Aus den Zahlen wird deutlich, dass die in den kommenden Jahren nötige Planung und Realisierung der Ladeinfrastruktur eine große Herausforderung sein wird, die von verschiedensten Akteuren getragen werden muss, die so vorher noch nicht zusammengearbeitet haben. Das lässt sich nur bewältigen, wenn die geeigneten Rahmenbedingungen und digitalen Werkzeuge für Planung und Aufbau geschaffen sowie sämtliche Akteure frühzeitig sensibilisiert und miteinander vernetzt werden.

Software wie das StandortTOOL, das FlächenTOOL und das LadeLernTOOL der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur sind in diesem Zusammenhang hervorzuheben. Sie können dabei helfen, die besten Standorte für zukünftige Ladeinfrastruktur zu identifizieren, Liegenschaftsbesitzer und Betreiber von Ladestationen zusammenzubringen und für schnellere Prozesse in den kommunalen Verwaltungsbehörden zu sorgen. Neben digitalen Werkzeugen zur tatsächlichen Planung von Ladeinfrastruktur vor Ort bedarf es jedoch weiterhin deutschlandweiter Analysen, um den Gesamtbedarf sowie die Verortung auf unterschiedliche Lade-Use-Cases zu prognostizieren. Die Studie aus dem Jahr 2020 hat dafür die Leitplanken gesetzt und wurde nun erfolgreich aktualisiert. Das in der Neuauflage 2024 verwendete Modell steht allen Interessierten zur Verfügung und kann im Rahmen der Lizenz MIT verwendet und verändert werden. Mit diesem Schritt soll die Weiterentwicklung des Modells beschleunigt und der Kreis der Anwenderinnen und Anwender deutlich erweitert werden.

Erkenntnisse, die sich aus der Quantifizierung des Ladeinfrastrukturbedarfs ergeben, sind nicht nur eine wichtige Entscheidungsgrundlage für privatwirtschaftliche Aktivitäten, sondern sind auch für den Stromnetzausbau, die Erstellung lokaler Masterpläne zum Ausbau der Ladeinfrastruktur und das Ausbaumonitoring der Bundesregierung von großer Bedeutung. Ebenfalls können die Ergebnisse bei der Erstellung von Förderrichtlinien herangezogen werden. Das durch das Bundesverkehrsministerium ausgeschriebene Deutschlandnetz und die finanzielle Förderung von Ladeinfrastruktur unterstützen deren Ausbau. Darüber hinaus sind auch die rechtlichen Rahmenbedingungen, sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene, wichtige Leitplanken. Neben der AFIR werden auch das Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) sowie die geplante Tankstellenversorgungsauflage einen erheblichen Einfluss auf den Ausbau der Ladeinfrastruktur in Deutschland haben.

Maßgeblich für den in der Studie ermittelten Ladeinfrastrukturbedarf im öffentlichen Raum ist eine vergleichsweise effiziente Nutzung der Ladeinfrastruktur. Ein Instrument zur effektiveren Nutzung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur stellen Blockiergebühren dar. Klug und kundenfreundlich umgesetzt, z. B. durch Aufhebung der Blockiergebühr über Nacht, sorgen diese dafür, dass Ladepunkte effizient ausgelastet sind. Auch die Nutzung von Ladestationen an Kundenparkplätzen zu Nachtstunden könnte einen Beitrag zu einer effizienteren Nutzung von Ladepunkten leisten.

Abschließend lässt sich in Bezug auf die Durchführung weiterer Studien festhalten, dass sich die Elektromobilität absehbar sehr dynamisch entwickeln wird. Um die Unsicherheiten bei der Prognose des Markthochlaufs der E-Fahrzeuge und ihrer technischen Eigenschaften so gering wie möglich zu halten, ist eine Einbindung der Expertise von Industrie und Automobilherstellern sinnvoll. Ebenfalls sollten die aktualisierten MiD-Daten (Befragung erfolgte zwischen April 2023 und Mai 2024) als Datengrundlage in die Erstellung weiterer Studien einfließen. Die Einbindung von Daten zu Verkehrsverflechtungsprognosen sowie zum Auslandsverkehr sind ebenfalls in Betracht zu ziehen, damit die hiesigen Verkehrsaufkommen und der damit verbundene Ladeinfrastrukturbedarf noch genauer prognostiziert werden können.

01

02

03

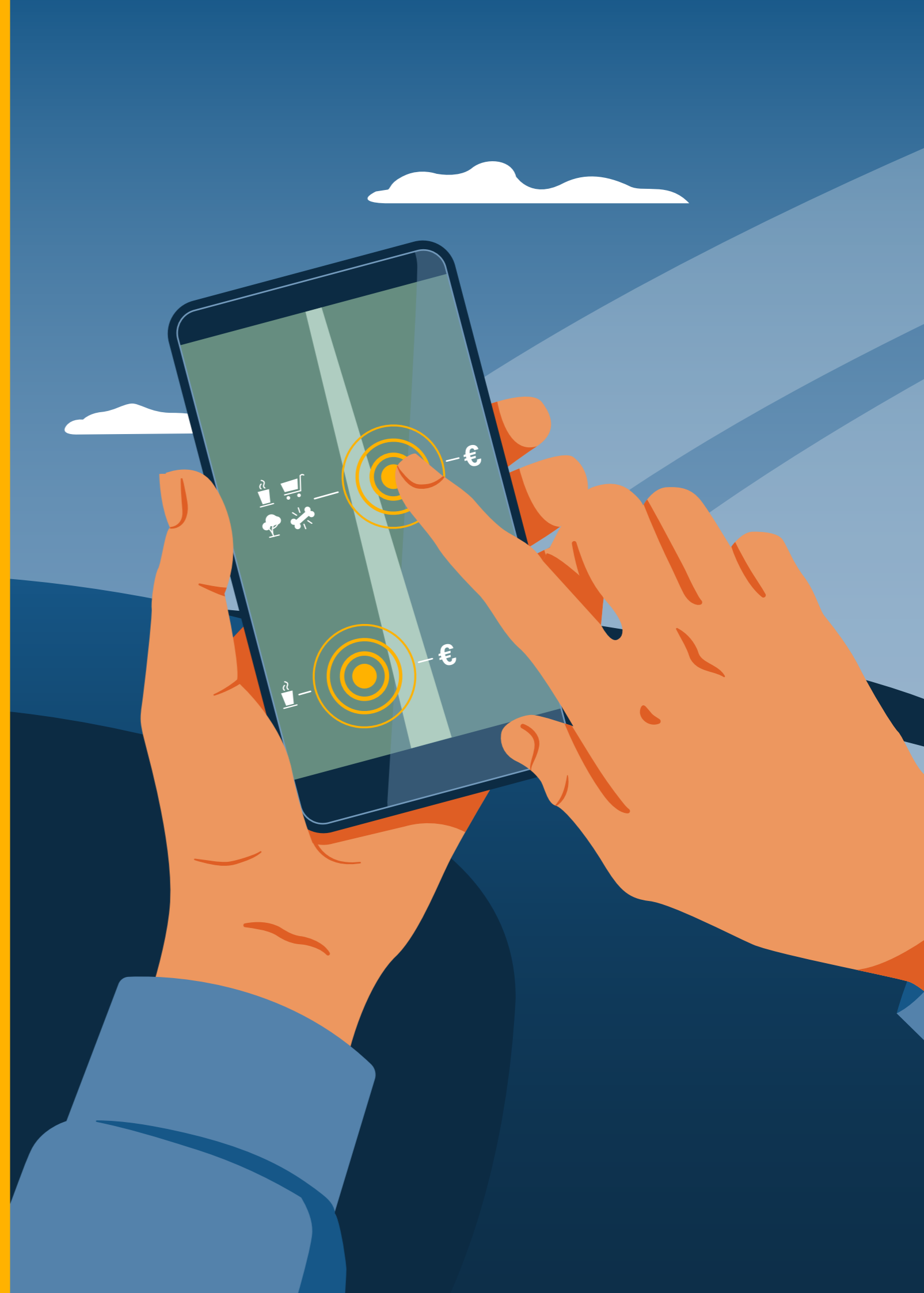
04

05

06

06

Anhang



Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|----|
| ABBILDUNG 01 | Unterschiedliche Lade-Use-Cases zur Ladung des eigenen E-Pkw | 12 |
| ABBILDUNG 02 | Das methodische Vorgehen der Studie | 18 |
| ABBILDUNG 03 | Prognostizierter Bestand an E-Pkw von 2025 bis 2030 auf Grundlage der Herstellerbefragung E-Pkw 2024 | 23 |
| ABBILDUNG 04 | Dauerlinie von gleichzeitig belegten Ladepunkten im Betrachtungszeitraum für Lade-Use-Case 4 im Jahr 2030 | 33 |
| ABBILDUNG 05 | Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Deutschland nach Szenarien | 39 |
| ABBILDUNG 06 | Bedarf an installierter Ladeleistung im öffentlich zugänglichen Raum in Deutschland nach Szenarien | 42 |

01

02

03

04

05

06 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|--|----|
| TABELLE 01 | Zuordnung der RegioStaR-7-Raumtypen | 20 |
| TABELLE 02 | Zuordnung der Wegezwecke zu den Lade-Use-Cases | 26 |
| TABELLE 03 | Ladeleistung der Ladeinfrastruktur an den Lade-Use-Cases für die Szenarien 1–4 | 27 |
| TABELLE 04 | Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Deutschland im Jahr 2030 | 40 |
| TABELLE 05 | Bedarf an installierter Ladeleistung in Deutschland im Jahr 2030 | 43 |
| TABELLE 06 | Gegenüberstellung der verladenen Energiemenge in Deutschland im Jahr 2030 | 45 |
| TABELLE 07 | Gegenüberstellung der durchschnittlich verladenen Energiemenge je Ladepunkt und Tag im Jahr 2030 | 46 |
| TABELLE 08 | Sensitivitätsanalyse Batteriekapazität – Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten im Jahr 2030 | 47 |
| TABELLE 09 | Sensitivitätsanalyse Verbrauch – Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten im Jahr 2030 | 48 |
| TABELLE 10 | Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Deutschland im Jahr 2035 | 49 |
| TABELLE 11 | Gegenüberstellung der durchschnittlich verladenen Energiemenge je Ladepunkt und Tag (2030 und 2035) | 50 |
| TABELLE 12 | Gegenüberstellung der installierten Ladeleistung in Deutschland (2030 und 2035) | 51 |
| TABELLE 13 | Installierte Ladeleistung je E-Pkw im Jahr 2030 | 57 |
| TABELLE 14 | Gegenüberstellung der durchschnittlich verladenen Energiemenge je Ladepunkt und Tag im Jahr 2030 (Vergleich Studie 2020 und Neuauflage 2024) | 60 |
| TABELLE 15 | Gegenüberstellung der verladenen Energiemenge in Deutschland im Jahr 2030 (Vergleich Studie 2020 und Neuauflage 2024) | 61 |

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|--|
| AC | Alternating Current |
| AFIR | Verordnung (EU) 2923/1804 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/94/EU |
| BEV | Batterieelektrisches Fahrzeug (Battery Electric Vehicle) |
| BMDV | Bundesministerium für Digitales und Verkehr |
| BNetzA | Bundesnetzagentur |
| DLR | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt |
| EnWG | Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz) |
| E-Pkw | Elektrische Pkw (BEV und PHEV) |
| EU | Europäische Union |
| Fit für 55 | Klimaschutzpaket der Europäischen Union |
| GEIG | Gesetz zum Aufbau einer gebäudeintegrierten Lade- und Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität (Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz) |
| GitHub | Onlinedienst zur Softwareentwicklung und Versionsverwaltung für freie Softwareprojekte |
| GWh | Gigawattstunde |
| HPC-Laden | Laden mit 150 kW oder mehr Ladeleistung |
| ICCT | International Council on Clean Transportation |
| infas | Institut für angewandte Sozialwissenschaft |
| IVT | Institut für Verhaltenstherapie |
| KBA | Kraftfahrt-Bundesamt |
| kW | Kilowatt |
| kWh | Kilowattstunde |

01

02

03

04

05

06

| | |
|--------------------|--|
| Lade-Use-Case | Ein Standort, an dem elektrische Fahrzeuge typischerweise geladen werden |
| LP | Ladepunkt |
| MiD | Bundesweite Erhebung zur Alltagsmobilität im Auftrag des BMDV (Mobilität in Deutschland) |
| Mio. | Million |
| MIT-Lizenz | Open-Source-Lizenz des Massachusetts Institute of Technology |
| MIV | Motorisierter Individualverkehr |
| Modal Split | Verkehrsmittelwahl (Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel) |
| MW | Megawatt |
| Nicht öff. zug. LP | Zusammenfassung der Lade-Use-Cases 1–3 (nicht öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur) |
| Leitstelle | Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur |
| Normalladung | Laden mit einer Ladeleistung von bis zu 22 kW |
| OBELIS | Online-Berichterstattung Ladeinfrastruktur (Plattform für die Berichterstattung geförderter Ladestationen) |
| Öff. zug. LP | Zusammenfassung der Lade-Use-Cases 4–7 (öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur) |
| OEM | Fahrzeughersteller (Original Equipment Manufacturer) |
| RegioStaR 7 | Zusammengefasste regionalstatistische Raumtypologie mit sieben Typen |
| PAPI | Papierfragebogen der MiD |
| PHEV | Plug-in-Hybrid-Fahrzeug (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) |

| | |
|---------------|--|
| Raumtyp | Unterscheidung zwischen urban, suburban und ländlich im Rahmen dieser Studie |
| RLI | Reiner Lemoine Institut |
| Schnellladung | Laden mit einer Ladeleistung von 22 bis 150 kW |
| SimBEV | Open-Source-Tool des RLI zur Simulation von E-Fahrzeugen |
| SoC | Ladezustand der Batterie (State of Charge) |
| TEN-T | Transeuropäisches Verkehrsnetz (Trans-European Transport Network) |
| THG | Treibhausgas |
| TWh | Terawattstunden |
| UN-Laden | Laden im Unternehmen |
| VKU | Verband kommunaler Unternehmen |
| Weg | Strecke vom Ausgangspunkt zum Ziel für einen bestimmten Zweck |
| Wegezweck | Anlass, weshalb der Weg unternommen wurde |

Literaturverzeichnis

¹ WISSENSCHAFTLICHE DIENSTE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (2022):

Auswirkungen von Geschwindigkeitsbegrenzungen im Straßenverkehr auf die Treibhausgasemissionen.

URL: <https://www.bundestag.de/resource/blob/921316/4c93b48f865c540df7bd657b490ec6ac/WD-8-063-22-pdf-data.pdf>

(Stand: 14.03.2024)

² KBA | KRAFTFAHRT-BUNDESAMT (2023):

Monatliche Neuzulassungen 2008–2023.

URL: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/monatl_neuzulassungen_node.html

(Stand: 14.03.2024)

³ SHELL RECHARGE (2023):

Elektromobilität: Trends, Herausforderungen & Chancen.

URL: https://a.storyblok.com/f/85281/x/72718cb1a0/srs_ev_driver_survey_2023_de_final-1.pdf

(Stand: 14.03.2024)

⁴ USCALE | USCALE GMBH (2022):

Public Charging-Studie 2022. Daten statt Meinungen: (Halb)öffentliche Ladeangebote aus Nutzersicht.

URL: <https://uscale.digital/wp-content/uploads/2022/10/Public-Charging-Studie-2022-Ausschnitt.pdf>

(Stand: 14.03.2024)

⁵ VKU (2021):

VKU-Umfrage zu Elektromobilität: Die Aufgabenverteilung ist klar.

URL: <https://www.vku.de/presse/pressemitteilungen/archiv-2021-pressemitteilungen/vku-umfrage-zu-elektromobilitaet-die-aufgabenverteilung-ist-klar/>

(Stand: 14.03.2024)

⁶ INFAS, DLR, IVT UND INFAS 360 (2018):

Mobilität in Deutschland – MiD: Ergebnisbericht (im Auftrag des BMDV).

URL: https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/mid-ergebnisbericht.pdf?__blob=publicationFile

(Stand: 14.03.2024)

⁷ NOW | NATIONALE ORGANISATION WASSERSTOFF- UND BRENNSTOFFZELLENGEOTECHNOLOGIE GMBH (2024):

Factsheet „Herstellerbefragung E-Pkw: Marktentwicklung und Technologietrends“.

URL: https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2024/04/NOW_Factsheet-Herstellerbefragung-E-Pkw.pdf

(Stand: 22.04.2024)

⁸ ICCT | INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION EUROPE (2021):

A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars.

URL: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/07/Global-Vehicle-LCA-White-Paper-A4-revised-v2.pdf>

(Stand: 14.03.2024)

⁹ DENA | DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR GMBH (2020):

Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland.

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

(Stand: 14.03.2024)

¹⁰ KFW | KREDITANSTALT FÜR WIEDERAUFBAU (2020):

Private Ladeinfrastruktur ist eine wichtige Säule für den Ausbau der Elektromobilität.

URL: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2020/Fokus-Nr.-304-November-2020-Ladeinfrastruktur.pdf>

(Stand: 14.03.2024)

01

02

03

04

05

06 |

¹¹ FRAUNHOFER ISI | FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG (2022):

Laden von Elektrofahrzeugen in Deutschland mit Ökostromverträgen.

URL: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2022/WP02-2022_Laden_von_Elektrofahrzeugen_in_Deutschland_mit_Oekostromvertraegen_final.pdf

(Stand: 14.03.2024)

¹² NPM | NATIONALE PLATTFORM ZUKUNFT DER MOBILITÄT (2020):

Flächendeckende Ladeinfrastruktur.

URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/10/NPM_AG5_FlaechendeckendeLadeinfrastruktur_final.pdf

(Stand: 14.03.2024)

¹³ DLR | DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (2022):

Real-world charging behavior and preferences of electric vehicles users in Germany.

URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15568318.2022.2147041>

(Stand: 14.03.2024)

¹⁴ LEITSTELLE | NATIONALE LEITSTELLE LADEINFRASTRUKTUR (2024):

Öffentliche Ladeinfrastruktur.

URL: https://nationale-leitstelle.de/wp-content/uploads/2024/02/oeLIS_Report_2023_Dez_2024_Feb.pdf

(Stand: 14.03.2024)

¹⁵ STATISTA (2016):

Von Arbeitnehmern nachgefragte und von Arbeitgebern angebotene Benefits 2015/2016.

URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/539446/umfrage/von-arbeitnehmern-nachgefragte-und-von-arbeitgebern-angebotene-benefits/>

(Stand: 14.03.2024)

¹⁶ BUNDESREGIERUNG (2023):

Mehr Energie aus erneuerbaren Quellen.

URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/energie-wende-beschleunigen-2040310#:~:text=Bis%202030%20Wind-%>

(Stand: 14.03.2024)

¹⁷ AGORA | AGORA ENERGIEWENDE (2018):

Stromnetze für 65 Prozent Erneuerbare bis 2030.

URL: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2018/Stromnetze_fuer_Erneuerbare_Energien/Agora-Energiewende_Synchronisierung_Netze-EE_Netzausbau_WEB.pdf

(Stand: 14.03.2024)

¹⁸ AGORA | AGORA VERKEHRSWENDE (2023):

Gesteuertes Laden. Warum es sich lohnt, beim Laden von Elektrofahrzeugen auf Stromangebot und Netzauslastung zu achten.

URL: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2023/Gesteuertes-Laden/97_Analyse-Gesteuertes_Laden.pdf

(Stand: 14.03.2024)

¹⁹ IENW | MINISTERIE VAN INFRASTRUCTUUR EN WATERSTAAT (2022):

Duiding van het AFIR-voorstel op de benodigde opbouw van tank- en laadinfrastructuur in Nederland.

URL: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/03/22/bijlage-8-tno-2021-r12693-duiding-van-het-afir-voorstel-op-de-benodigde-opbouw-van-tank-en-laadinfrastructuur-in-nederland>

(Stand: 14.03.2024)

²⁰ ABL. L | AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION (2023):

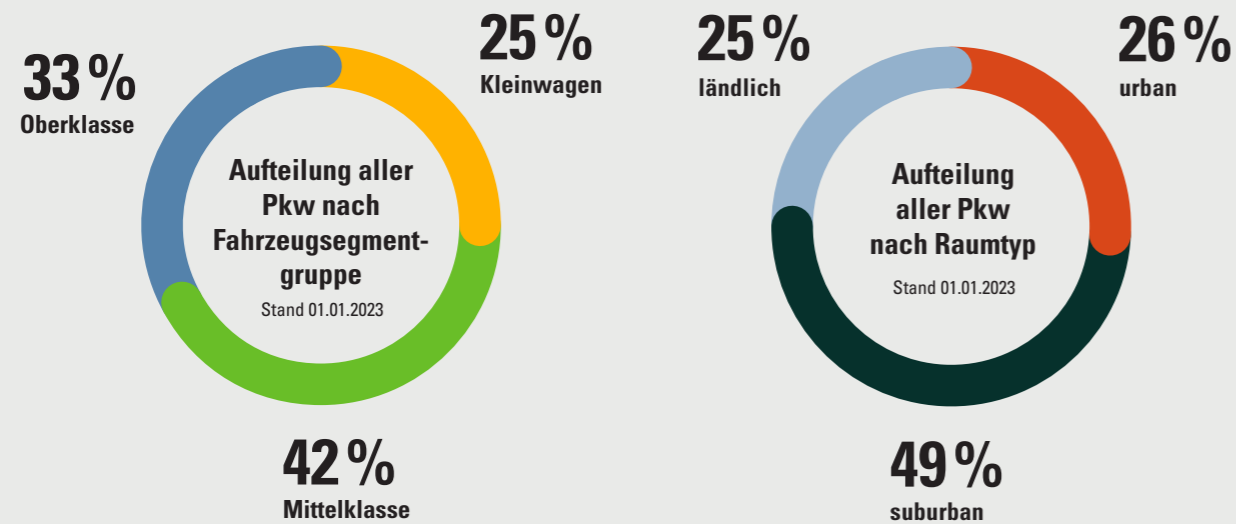
ABI. L 234 vom 22.09.2023, S. 1–47.

URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L:2023:234:TOC>

(Stand: 25.03.2024)

Anhang

A1: AUFTEILUNG PKW NACH FAHRZEUGSEGMENTGRUPPE UND RAUMTYP



A2: ANTEIL DER E-PKW MIT ZUGANG ZU NICHT ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHER LADEINFRASTRUKTUR (2025 BIS 2030 PLUS 2035)

| Bereich | Jahr | Untersuchte Szenarien | | | | |
|--|------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------|
| | | Referenz-szenario | Geringe Verfüg. nicht öff. zug. LP | Hohe Verfüg. nicht öff. zug. LP | Digitale Optimierung | HPC-Fokus |
| Auf einem privaten Stellplatz am Wohnort | 2025 | 68,0 % | 62,5 % | 73,0 % | 68,0 % | 68,0 % |
| | 2026 | 66,0 % | 59,5 % | 72,5 % | 66,0 % | 66,0 % |
| | 2027 | 64,5 % | 56,5 % | 72,0 % | 64,5 % | 64,5 % |
| | 2028 | 62,5 % | 54,0 % | 71,5 % | 62,5 % | 62,5 % |
| | 2029 | 61,5 % | 52,0 % | 71,0 % | 61,5 % | 61,5 % |
| | 2030 | 60,0 % | 50,0 % | 70,0 % | 60,0 % | 60,0 % |
| | 2035 | 55,0 % | 45,0 % | 65,0 % | 55,0 % | 55,0 % |
| Im Unternehmen | 2025 | 34,5 % | 32,5 % | 37,0 % | 34,5 % | 34,5 % |
| | 2026 | 36,0 % | 33,0 % | 39,0 % | 36,0 % | 36,0 % |
| | 2027 | 37,5 % | 34,0 % | 41,5 % | 37,5 % | 37,5 % |
| | 2028 | 39,0 % | 34,5 % | 44,0 % | 39,0 % | 39,0 % |
| | 2029 | 41,0 % | 35,5 % | 46,0 % | 41,0 % | 41,0 % |
| | 2030 | 42,5 % | 36,0 % | 48,5 % | 42,5 % | 42,5 % |
| | 2035 | 50,0 % | 40,0 % | 60,0 % | 50,0 % | 50,0 % |

A3: ZUORDNUNG DER UNTERGRUPPEN VON WEGEZWECK 5 DER MID-DATEN ZU DEN LADE-USE-CASES

| Aufteilung des Wegezwecks 5 (private Erledigungen) | | |
|--|---------------|---|
| Wegezweck | Lade-Use-Case | Beschreibung |
| 5.503 | 4 | Allgemeiner Einkaufsbummel |
| 5.504 | 4 | Dienstleistungen (Friseur, Schuster etc.) |
| 5.601 | 4 | Arztbesuch, andere medizinische Dienstleistungen |
| 5.602 | 4 | Behörden, Bank, Post, Geldautomat |
| 5.603 | 4 | Private Erledigungen für andere Personen (unentgeltlich) |
| 5.706 | 4 | Restaurant, Gaststätte, Mittagessen etc. |
| 5.713 | 4 | Kirche, Friedhof |
| 5.714 | 4 | Ehrenamt, Verein, politische Aktivitäten |
| 5.701 | 5 | Besuch/Treffen von Freunden, Verwandten, Bekannten |
| 5.705 | 5 | Weiterbildung (Sprachkurs, Volkshochschule etc.) |
| 5.711 | 5 | Hund ausführen |
| 5.604 | 5 | Sonstiges |
| 5.715 | 5 | Jobben in der Freizeit gegen Entgelt (Zeitung austragen etc.) |
| 5.717 | 5 | Hobby (Musizieren etc.) |
| 5.999 | 5 | Keine Angabe |
| 5.2020 | 5 | Im PAPI nicht erhoben |
| 5.7704 | 5 | Kein Erledigungsweg |
| 5.7705 | 5 | Weg ohne Info zum Wegezweck |

01

02

03

04







05

06

A4: ZUORDNUNG DER UNTERGRUPPEN VON WEGEZWECK 7 DER MID-DATEN ZU DEN LADE-USE-CASES

| Aufteilung des Wegezwecks 7 (Freizeitaktivität) | | |
|---|---------------|---|
| Wegezweck | Lade-Use-Case | Beschreibung |
| 7.503 | 4 | Allgemeiner Einkaufsbummel |
| 7.603 | 4 | Private Erledigungen für andere Personen (unentgeltlich) |
| 7.702 | 4 | Besuch kultureller Einrichtungen (Kino, Theater, Museum etc.) |
| 7.703 | 4 | Besuch einer Veranstaltung (Fußballspiel, Markt, Popkonzert etc.) |
| 7.704 | 4 | Sport (selbst aktiv), Sportverein (Fußball, Tennis, Training, Wettkampf etc.) |
| 7.705 | 4 | Weiterbildung (Sprachkurs, Volkshochschule etc.) |
| 7.706 | 4 | Restaurant, Gaststätte, Kneipe, Disco |
| 7.713 | 4 | Kirche, Friedhof |
| 7.714 | 4 | Ehrenamt, Verein, politische Aktivitäten |
| 7.605 | 5 | Betreuung Familienmitglieder, Bekannter |
| 7.701 | 5 | Besuch/Treffen von Freunden, Verwandten, Bekannten |
| 7.707 | 5 | Schrebergarten, Wochenendhaus |
| 7.710 | 5 | Spaziergang, Spazierfahrt |
| 7.711 | 5 | Hund ausführen |
| 7.712 | 5 | Joggen, Inlineskating etc. |
| 7.716 | 5 | Begleitung von Kindern (Spielplatz etc.) |
| 7.717 | 5 | Hobby (Musizieren etc.) |
| 7.719 | 5 | Spielplatz, Spielen auf der Straße etc. |
| 7.720 | 5 | Sonstiges |
| 7.999 | 5 | Keine Angabe |
| 7.2202 | 5 | Im PAPI nicht erhoben |
| 7.7704 | 5 | Kein Freizeitweg |
| 7.7705 | 5 | Weg ohne Info zum Wegezweck |

A5: WAHRSCHEINLICHKEIT DER LADUNG JE LADE-USE-CASE (JE VERFÜGBARKEIT VON NICHT ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICHER LADEMÖGLICHKEIT)

| | Nicht öffentlich zugänglich | | | Öffentlich zugänglich | | |
|---------------------------------------|---|--|--|--|---|---|
| |  1 2 Zu Hause |  3 Unternehmen |  4 Kundenparkplatz |  5 Straßenraum |  6 Lade-Hub |  7 Lade-Hub Achse |
| Ohne Zu-Hause-Laden/ ohne UN-Laden | – | – | 50 % | 55 % | 40 % | – |
| Ohne Zu-Hause-Laden/ mit UN-Laden | – | 95 % | 35 % | 40 % | 30 % | – |
| Mit Zu-Hause-Laden/ ohne UN-Laden | 95 % | – | 30 % | 10 % | 20 % | – |
| Mit Zu-Hause-Laden/ mit UN-Laden | 85 % | 60 % | 25 % | 10 % | 20 % | – |

01

02

03

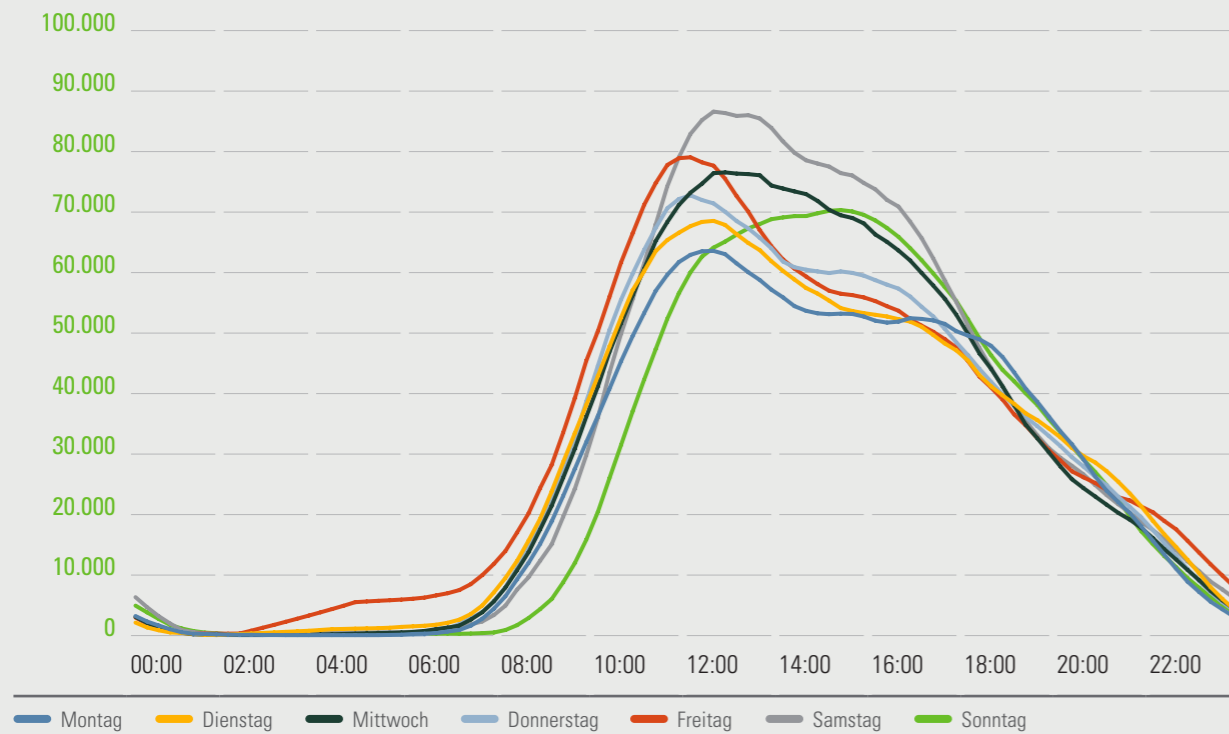
04

05

06

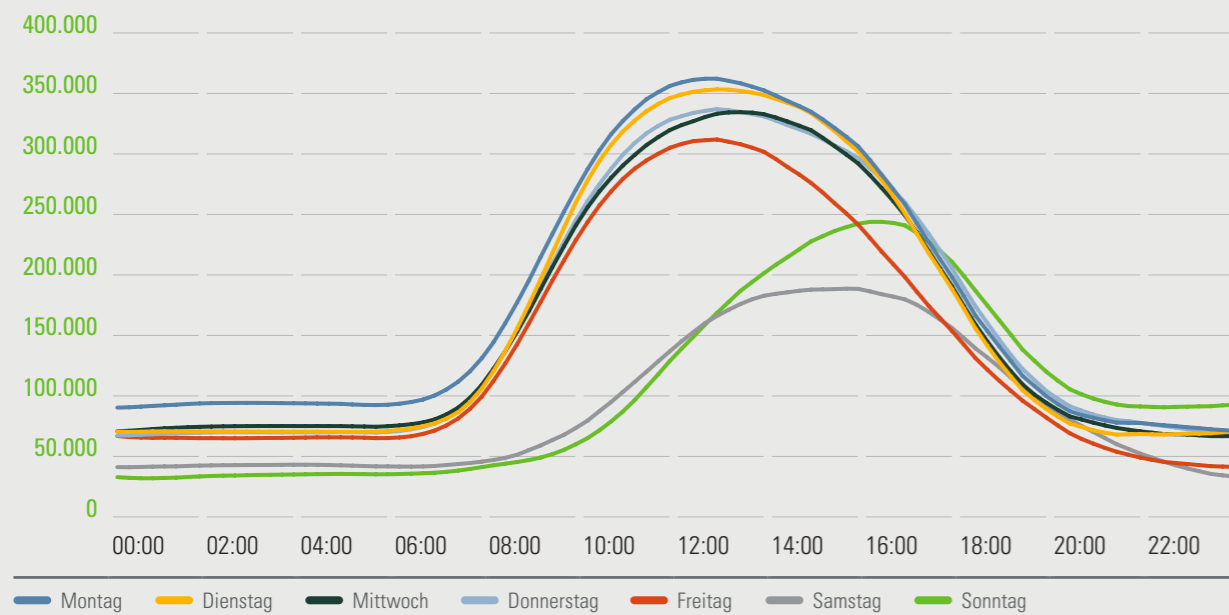
A6: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 4 (KUNDENPARKPLATZ) IM TAGESVERLAUF (2030)

Gleichzeitig belegte Ladepunkte



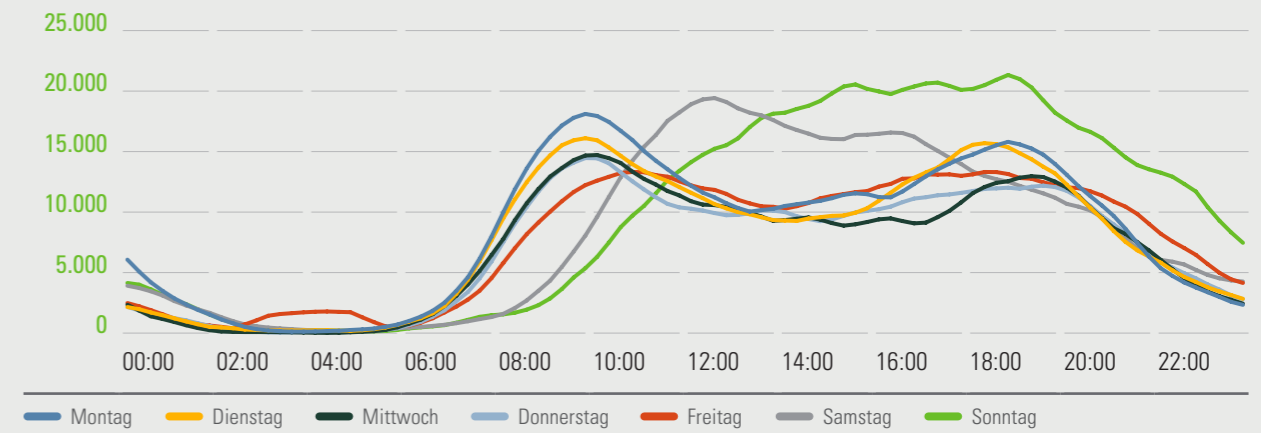
A7: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 5 (STRASSENRAUM) IM TAGESVERLAUF (2030)

Gleichzeitig belegte Ladepunkte



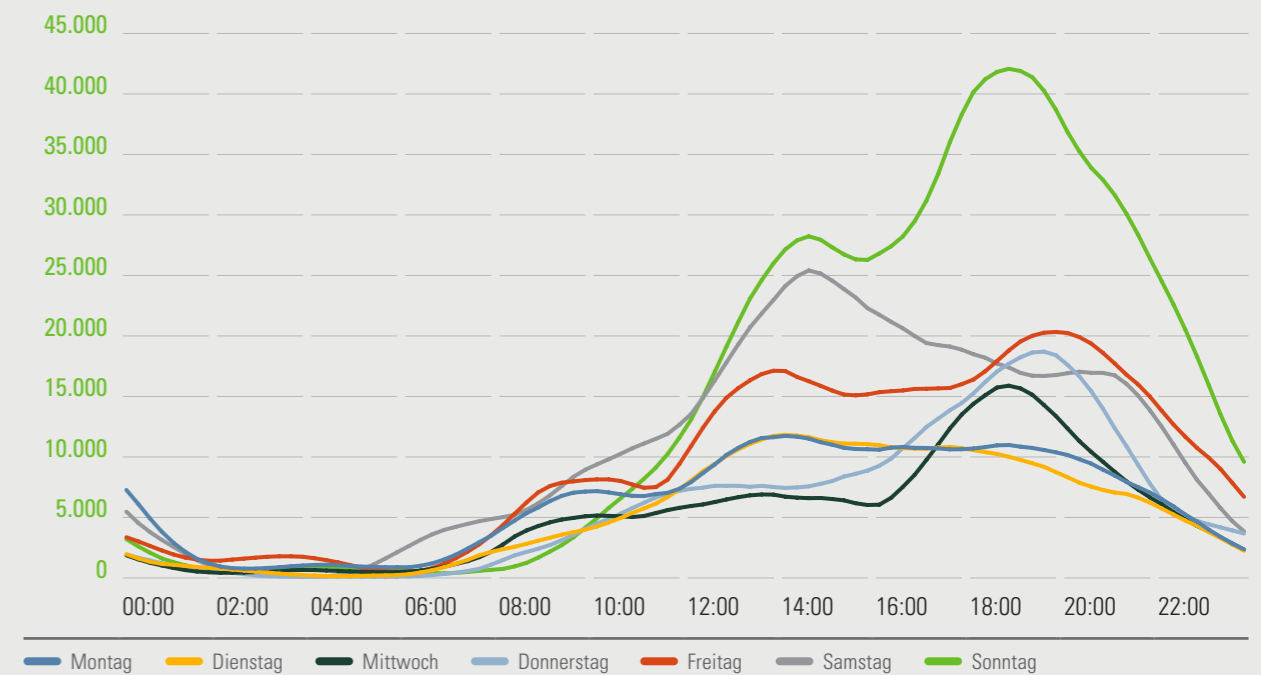
A8: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 6 (LADE-HUB) IM TAGESVERLAUF (2030)

Gleichzeitig belegte Ladepunkte



A9: ANZAHL DER BELEGTEN LADEPUNKTE AM LADE-USE-CASE 7 (LADE-HUB ACHSE) IM TAGESVERLAUF (2030)

Gleichzeitig belegte Ladepunkte



01
02
03
04
05
06

A10: PARAMETER, DIE NICHT IN DEN UNTERSCHIEDLICHEN SZENARIEN VARIIERT WERDEN

| Bereich | Bezeichnung | Wert | Einheit | Beschreibung |
|--------------------------|---------------------------|-------|---------|--|
| Simulationseinstellungen | Distanz_urban_max | 100 | km | Ab dieser Distanz handelt es sich um eine Überlandfahrt |
| | Mehrverbrauch_normal | 6 | Prozent | Mehrverbrauch gegenüber den Herstellerangaben auf kurzen Fahrten |
| | Mehrverbrauch_Langstrecke | 50 | Prozent | Mehrverbrauch gegenüber den Herstellerangaben auf Langstrecke |
| | Maximale_Parkzeit_Straße | 12 | h | Maximale Dauer eines Parkvorgangs im öffentlichen Straßenraum |
| | MiD_Geschwindigkeit_max | 250 | km/h | Maximale valide Durchschnittsgeschwindigkeit eines Fahrwegs der MiD-Daten |
| | MiD_Distanz_max | 950 | km | Maximale valide Strecke eines Fahrwegs der MiD-Daten |
| Ladevorgänge | Ladekurve_Punkt_10 | 90 | Prozent | Stützpunkte der Ladekurve. Der Wert beschreibt die Ladeleistung in Bezug auf die Nennladeleistung bei den Ladezuständen 10, 30, 50, 70 und 90 Prozent |
| | Ladekurve_Punkt_30 | 92 | Prozent | |
| | Ladekurve_Punkt_50 | 81 | Prozent | |
| | Ladekurve_Punkt_70 | 64 | Prozent | |
| | Ladekurve_Punkt_90 | 35 | Prozent | |
| | SoC_HPC_Ende_min | 80 | Prozent | Minimaler Ziel-SoC eines HPC-Ladevorgangs |
| | SoC_HPC_Ende_max | 95 | Prozent | Maximaler Ziel-SoC eines HPC-Ladevorgangs |
| | SoC_Start_Schwelle | 40 | Prozent | SoC-Schwelle, unter der HPC an Zielorten ermöglicht wird |
| | HPC_Distanz_min | 60 | Prozent | Minimale Distanz bis zum nächsten HPC-Ladepunkt auf Langstrecke abhängig von der Reichweite |
| | HPC_Distanz_max | 100 | Prozent | Maximale Distanz bis zum nächsten HPC-Ladepunkt auf Langstrecke abhängig von der Reichweite |
| Verhalten der Nutzenden | Energie_min_1_2 | 4/3 | kWh | Die Mindestenergiemenge, die von Nutzenden an einem Lade-Use-Case typischerweise verladen wird. Wenn sie unterschritten wird, findet kein Ladevorgang statt (BEV/PHEV) |
| | Energie_min_3 | 4/3 | kWh | |
| | Energie_min_4_5 | 7/5 | kWh | |
| | Energie_min_6_7 | 20/10 | kWh | |
| | Ladeschwelle | 80 | Prozent | Wenn der Ladezustand der Batterie die Ladeschwelle überschreitet, wird an öffentlich zugänglichen Ladepunkten nicht geladen |

IMPRESSUM**Herausgeber:**

NOW GmbH
Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
Fasanenstraße 5, 10623 Berlin
E-Mail: kontakt@now-gmbh.de
Website: www.now-gmbh.de

Redaktion:

Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur unter dem Dach der NOW GmbH
E-Mail: ladeinfrastruktur@now-gmbh.de
Website: www.nationale-leitstelle.de

Gefördert durch:

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

Modell und Berechnung:

Reiner Lemoine Institut gGmbH
Alexander Windt, Jakob Wegner, Moritz Schiel



Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur unter dem Dach der NOW GmbH

Gestaltung und Realisation:

waf.berlin

Erscheinungsjahr:

2024

Copyright:

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

Zitierhinweis:

NOW GmbH (Hrsg.) (2024): Ladeinfrastruktur nach 2025/2030:
Szenarien für den Markthochlauf – Neuauflage 2024.
Website: www.nationale-leitstelle.de





Nationale
LEITSTELLE
Ladeinfrastruktur



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

NOW
NOW - G M B H . D E

Die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur wurde im Auftrag des BMDV und unter dem Dach der NOW GmbH gegründet.